

Ενεργειακές Καλλιέργειες Βιοκαύσιμα

Γ.Ν. Σκαράκης Ν. Κορρές Ο.Ι. Παυλή



Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα, 2008

Το παρόν εκπονήθηκε στα πλαίσια του Έργου με τίτλο: "Παραγωγή Εγχειριδίου με Κατευθυντήριες Οδηγίες για τις Ενεργειακές Καλλιέργειες" που ανατέθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων - Ειδική Γραμματεία Προγραμματισμού και Εφαρμογών Γ' ΚΠΣ στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών με σκοπό να καλύψει το κενό στην ενημέρωση των αγροτών και των υπηρεσιακών παραγόντων σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Ομάδα Έργου

Γεώργιος Ν. Σκαράκης Καθηγητής ΓΠΑ , Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου
Νικόλαος Κορρές, MSc, PhD
Ουρανία Παυλή, MSc, Υποψήφια Διδάκτωρ

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος	
1. Εισαγωγή	1
2. Η εξέλιξη του θεσμικού πλαισίου για τα βιοκαύσιμα	5
3. Ενεργειακές Καλλιέργειες – Βιοκαύσιμα	9
Θερμοχημική επεξεργασία	10
Βιοχημική και χημική επεξεργασία	11
Βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς	13
Βιοκαύσιμα 1ης vs. 2ης γενιάς	15
Η έννοια του βιοδιωλιστηρίου	17
Χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης των βιοκαυσίμων	17
4. Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση	19
5. Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	21
6. Τεχνικές παραγωγής - Προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών	25
Αμυλούχα φυτά	27
Αραβόσιτος	28
Καρποδοτικό σόργο	35
Σιτάρι	41
Κριθάρι	48
Ελαιούχα φυτά	53
Ηλιανθος	54
Ελαιοκράμβη	61
Ρετινολαδιά	67
<i>Jatropha curcas</i>	71
Ζαχαρούχα φυτά	77
Ζαχαρότευτλο	78
Γλυκό σόργο	84
Φυτά βιομάζας	89
I. Γεωργικά είδη	89
Μίσχανθος	90
Switchgrass	97
Καλάμι	102
Αγριαγκινάρα	106
Ινώδες σόργο	110
Κενάφ	112
II. Δασικά είδη (SRICS)	117
Ιτιά	119
Λεύκη	125
Ευκάλυπτος	128
Ψευδακακία	131
7. Κριτήρια επιλογής & χωροθέτησης ενεργειακών καλλιεργειών	135
8. Προοπτικές αξιοποίησης ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα	143
Επίλογος	149
Βιβλιογραφία	151

Πρόλογος

Το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη και χρήση βιοκαυσίμων στην ΕΕ, όπως φυσικά και στον υπόλοιπο κόσμο, οφείλεται στην επιτακτική ανάγκη άμεσων και αποτελεσματικών λύσεων στα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με α) την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, β) την έντονη εξάρτηση των εθνικών οικονομιών από εξωτερικές και ασταθείς πηγές ορυκτών καυσίμων και γ) την δυνατότητα και επιθυμία στήριξης του αγροτικού τομέα και διεύρυνσης των βιώσιμων επιχειρηματικών επιλογών του, ιδιαίτερα μετά την αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής.

Είναι αλήθεια ότι κατά καιρούς στο παρελθόν, ιδιαίτερα στα μέσα και τέλη της δεκαετίας του '70, η κρίση στις τιμές του πετρελαίου είχε προκαλέσει αυξημένο ενδιαφέρον για την χρήση εναλλακτικών-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με έμφαση μάλιστα στην αξιοποίηση φυτικής βιομάζας ως πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ως αποτέλεσμα, υπήρξε σημαντική χρηματοδότηση διεθνώς για τη μελέτη της καταλληλότητας τόσο συμβατικών όσο και προορισμένων για αμιγή ενεργειακή αξιοποίηση καλλιεργειών. Πολλές από αυτές τις προσπάθειες δεν ολοκληρώθηκαν, ή τα αποτελέσματά τους έμειναν ανεκμετάλλευτα, λόγω της μετέπειτα σταθεροποίησης των τιμών του πετρελαίου σε χαμηλά επίπεδα. Σήμερα δεν υφίσταται, προς το παρόν τουλάχιστον, κανένα σενάριο που να προβλέπει παρόμοια εξέλιξη. Τουναντίον, οι πιο αισιόδοξες εκτιμήσεις κάνουν λόγο για μια βέβαιη παραμονή των υψηλών τιμών βραχυπρόθεσμα, ιδιαίτερη αστάθεια μεσοπρόθεσμα και ενδεχόμενη σχετική μείωση μακροπρόθεσμα.

Ανεξάρτητα όμως από την όποια εξέλιξη στο θέμα των τιμών του εισαγόμενου αργού πετρελαίου, με δεδομένο ότι η κύρια στόχευση πλέον αφορά στην περιβαλλοντική προστασία, οι προσπάθειες αποτελεσματικής παραγωγής βιοκαυσίμων από φυτική βιομάζα αναμένεται να συνεχισθούν και μάλιστα με εντατικότερο ρυθμό.

Η ΕΕ έχει θέσει ιδιαίτερα φιλόδοξους στόχους για την αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας από τα κράτη μέλη της. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στα καύσιμα του τομέα των μεταφορών λόγω της υψηλής συμμετοχής τους στην εκπομπή ρύπων και η στόχευση αφορά στην κάλυψη του ενός τετάρτου των συνολικών αναγκών το 2030 από καθαρά βιοκαύσιμα. Στα πλαίσια αυτά έχουν θεσμοθετηθεί μία σειρά από οδηγίες και μέτρα για την διευκόλυνση προσέγγισης των παραπάνω στόχων. Παρά τα αρχικά αναμενόμενα οφέλη από την προώθηση αυτών των πολιτικών, η μέχρι τώρα εμπειρία από την εφαρμογή τους έχει εγείρει πολλές αμφισβητήσεις και η επιστημονικά τεκμηριωμένη δημόσια αντιπαράθεση, οδήγησε την ΕΕ στην πρόσφατη πρόταση υιοθέτησης υποχρεωτικών κριτηρίων αειφορίας που θα χαρακτηρίζουν τα βιοκαύσιμα, διατηρώντας ακέραιους τους ποσοτικούς της στόχους. Η σταθερότητα αυτή των επιδιώξεων αναμφισβήτητα αντικατοπτρίζει τον σημαντικό συμπληρωματικό ρόλο που καλείται να διαδραματίσει η μελλοντική, μη-διατροφικής χρησιμότητας, γεωργική παραγωγή στα πλαίσια της **βιο-οικονομίας**, δηλαδή της οικονομίας που βασίζει την ενεργειακή και βιομηχανική της ανάπτυξη σε πρώτες ύλες και βασικά δομικά συστατικά που προέρχονται από βιολογικούς και επομένως ανανεώσιμους πόρους.

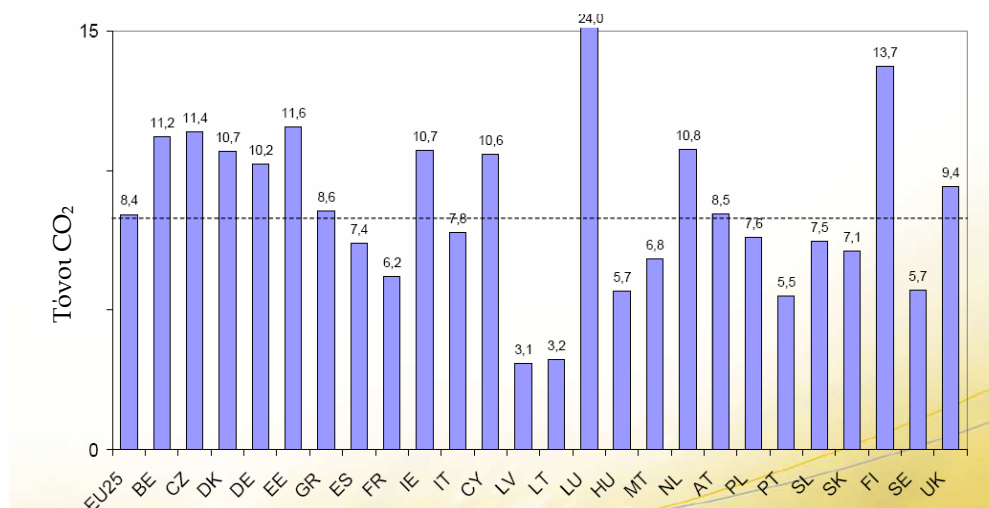
Στόχος του εγχειριδίου αυτού είναι μια γενικότερη ενημέρωση σε θέματα αξιοποίησης της βιομάζας, καθώς επίσης και η περιγραφή των ενεργειακών καλλιεργειών που θα μπορούσαν ενδεχομένως να αναπτυχθούν για την επίτευξη των εθνικών στόχων αειφόρου παραγωγής βιοκαυσίμων χώρα μας.

1. Εισαγωγή

Οι εμφανώς δυσμενείς επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές, η απόλυτη αναγκαιότητα για ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού των οικονομιών και οι συνεχώς αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου, έχουν προσδώσει στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) ιδιαίτερη βαρύτητα. Η ΕΕ υπήρξε ανέκαθεν πρωτοπόρος στην προώθηση τους, στοχεύοντας στην ανάπτυξη μιας οικονομίας υψηλής ενεργειακής αποτελεσματικότητας και ταυτόχρονα στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΕΘ) στα πλαίσια τήρησης των δεσμεύσεων του πρωτοκόλλου του Kyoto. Η ανανεώσιμη ενέργεια στην ΕΕ σήμερα έχει ετήσιο κύκλο εργασιών 30 δισεκατομμύρια ευρώ και δημιουργεί 350.000 θέσεις εργασίας.

Υπάρχει πλέον σαφής επιστημονική τεκμηρίωση ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και το οξείδιο του αζώτου (N_2O) που παράγονται από την χρήση ορυκτών καυσίμων καθώς και από την αλλαγή χρήσης της γης, ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές. Ο ρυθμός μεγέθυνσης των εκπομπών αυτών συμβαδίζει με την αύξηση του πληθυσμού και με την κατά κεφαλή μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, οι υψηλότεροι ρυθμοί αύξησης των εκπομπών ΑΕΘ σε όλους τους κλάδους της οικονομικής δραστηριότητας τομέα προέρχονται κυρίως από τον τομέα των μεταφορών. Προβλέπεται μάλιστα ότι το 2030 η χρήση ενέργειας διεθνώς στις μεταφορές και οι συνακόλουθες εκπομπές θα είναι κατά 80% αυξημένες σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα.

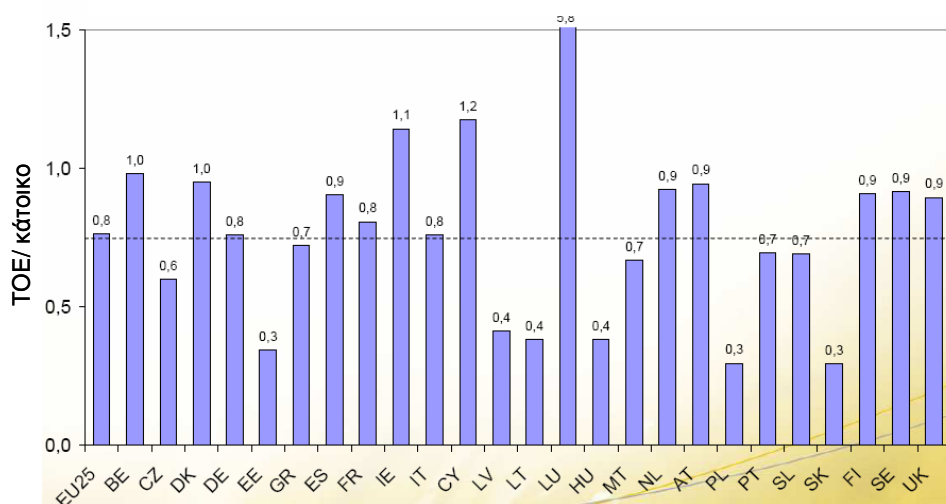
Εκπομπές CO_2 / κάτοικο στην ΕΕ των 25
Πηγή Premia (2007)



Η συμμετοχή του τομέα των μεταφορών στην κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ εκτιμάται στο 30%, με το 21% περίπου των συνολικών εκπομπών ΑΕΘ να οφείλονται σε αυτές. Το γεγονός αυτό ακριβώς αιτιολογεί και την ιδιαίτερη σπουδαιότητα που δίδεται στην ανάπτυξη του τομέα της βιοενέργειας και ειδικότερα στην παραγωγή υγρών κυρίως βιοκαυσίμων, ώστε να μειωθούν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό οι εκπομπές αυτές από τη χρήση ντίζελ και βενζίνης για την κίνηση των οχημάτων. Οι διάφορες πτυχές της παραγωγής και αξιοποίησης των βιοκαυσίμων ευρίσκονται σήμερα στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των πολιτικών και των επενδυτών διεθνώς.

Ο όρος **βιοενέργεια** περιλαμβάνει την κάθε μορφής ενέργεια (θερμική, ηλεκτρική ενέργεια και ενέργεια κίνησης) η οποία παράγεται από **βιομάζα** που, με την επιστημονική της έννοια, σημαίνει "ζώσα" ύλη. Στα πλαίσια της ενεργειακής της αξιοποίησης όμως, ο όρος βιομάζα περιγράφει τα προϊόντα που προέρχονται από ζωντανούς, ή μέχρι πρόσφατα ζωντανούς οργανισμούς, και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών, αερίων και στερεών βιοκαυσίμων. Οι κύριες μορφές αξιοποιήσιμης βιομάζας είναι α) η παραγόμενη από τις **ενεργειακές καλλιέργειες** (συμβατικές ή αμιγείς) γεωργικών και δασικών ειδών, β) τα υπολείμματα των καλλιεργειών αυτών καθώς και των σχετικών βιομηχανιών, γ) τα διάφορα ζωικά και βιομηχανικά απόβλητα, δ) οι υδρόβιοι φυτικοί οργανισμοί (φύκη) και ε) το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων.

Συνολική ζήτηση ενέργειας ανά κάτοικο στην Ε.Ε. των 25
Πηγή: Premia (2007)



Η φυτική βιομάζα παράγεται με τη φωτοσύνθεση, μια διαδικασία που συμβαίνει αποκλειστικά στα φυτά και που εκμεταλλεύεται την απεριόριστα διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Κατά τη φωτοσύνθεση, τα φυτά συνδυάζουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας με νερό από το έδαφος για να σχηματίσουν υδατάνθρακες που αποτελούν τον δομικούς λίθους της βιομάζας. Η ηλιακή ενέργεια που οδηγεί τη φωτοσύνθεση, αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς των υδατανθράκων και άλλων μορίων που περιέχονται στη βιομάζα επιτρέποντάς της να αξιοποιηθεί με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν.

Είναι γνωστό ότι το ξύλο των δένδρων υπήρξε η μεγαλύτερη πηγή βιοενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από την ανθρωπότητα για παραγωγή θερμότητας επί χιλιάδες χρόνια. Η απευθείας καύση του ξύλου παράγει πενταπλάσια ενέργεια από αυτή που καταναλώθηκε για την παραγωγή του, ενώ είναι γενικότερα γνωστό ότι η προσφορότερη εκμετάλλευση της βιομάζας από την άποψη του ενεργειακού ισοζυγίου είναι υπό τη μορφή στερεού καυσίμου. Όμως, το ιδιαίτερα αυξημένο ενδιαφέρον για αξιοποίησή της στην παραγωγή βιοκαυσίμων για τις μεταφορές, οφείλεται στο γεγονός ότι, σε αντίθεση με τις άλλες ΑΠΕ, μόνο η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε αυτού του είδους τα βιοκαύσιμα και να ικανοποιήσει τις επιτακτικές ανάγκες όπως έχουν ήδη αναφερθεί. Τα πλέον σημαντικά υγρά βιοκαύσιμα είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη που χρησιμοποιούνται σε ορισμένη

αναλογία μίγματος με το ντίζελ και τη βενζίνη αντίστοιχα. Στη φάση αυτή, το βιοαέριο, ως εξευγενισμένη μορφή αερίου μεταφορών, χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα.

Παρά την αναγκαιότητα αντικατάστασης μέρους των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, η παραγωγή της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ από φυτική βιομάζα έχει προκαλέσει έντονο προβληματισμό και αμφισβητήσεις. Οι σπουδαιότερες από αυτές αφορούν στα εξής σημεία :

Ενεργειακό ισοζύγιο

Υπάρχουν διστάμενες απόψεις σχετικά με το ενεργειακό ισοζύγιο των βιοκαυσίμων. Το ισοζύγιο αυτό προκύπτει από την σχέση του συνόλου των ενεργειακών εισροών που υπεισέρχονται στην παραγωγή μιας ποσότητας βιοκαυσίμου “ από το χωράφι μέχρι και το ρεζερβουάρ”(well to wheel), με την συνολική αποδιδόμενη ενέργεια από την χρησιμοποίηση της ποσότητας αυτής (ενεργειακές εκροές). Ως παράδειγμα συνήθως αναφέρεται η βιοαιθανόλη όπως παράγεται σήμερα : σε αντίθεση με την γενικότερη άποψη για έστω μικρό θετικό (ανάλογα με την πρώτη ύλη και την διεργασία παραγωγής) ενεργειακό ισοζύγιο για το βιοκαύσιμο αυτό, υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι το ισοζύγιο αυτό καταλήγει να είναι αρνητικό εάν κατά τον υπολογισμό του συμπεριληφθούν και διάφορες έμμεσες ενεργειακές εισροές (πχ. κατά την κατασκευή των μηχανημάτων καλλιέργειας).

Επιπτώσεις στις κλιματικές αλλαγές

Κατά γενική άποψη, τα βιοκαύσιμα θεωρούνται "ουδέτερα" ως προς τον άνθρακα: κατά τη χρησιμοποίησή τους, δεν εκλύεται περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από αυτό που έχουν απορροφήσει από την ατμόσφαιρα τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ως βιοενεργειακή ύλη. Έτσι, η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές με βιοκαύσιμα βοηθά στη μείωση των δυσμενών κλιματικών αλλαγών. Υπάρχουν όμως και άλλες μελέτες που αμφισβητούν αυτό το συμπέρασμα και υποστηρίζουν ότι στην πραγματικότητα, η χρήση των βιοκαυσίμων μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου εάν εντατικές ενεργειακές καλλιέργειες (πχ.αραβόσιτος) καταλάβουν εκτάσεις υψηλών αποθεμάτων άνθρακα, όπως είναι οι δασικές εκτάσεις. Το Γραφείο Ενέργειας του ΟΗΕ (2007) ειδικότερα προειδοποιεί ότι, ενώ τα βιοκαύσιμα μπορούν να έχουν αρκετά οφέλη, υφίσταται κίνδυνος αύξησης του CO₂ από τη χρήση τους στις μεταφορές. Ως πλέον αποτελεσματική για μείωση των ΑΕΘ, προτείνει την αξιοποίησή τους για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Χρήση γης

Η χρήση γεωργικής γης για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών ανταγωνίζεται την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, οδηγώντας σε αύξηση των τιμών προϊόντων όπως πχ. τα σιτηρά. Σύμφωνα με την Επιτροπή Περιβάλλοντος της ΕΕ, η επίτευξη του στόχου του 5.75% για το 2010 θα απαιτήσει 5-14 % των συνολικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων της ΕΕ των 25, και επομένως ένα 25-30% περίπου για το 2020. Σύμφωνα όμως με μελέτη της Επιτροπής (Γενική Δ/νση Γεωργίας) που δημοσιεύθηκε το 2007, η επίτευξη του στόχου του 10% για βιοκαύσιμα στις μεταφορές το 2020 δεν θα μεταβάλει σημαντικά την διαθεσιμότητα γεωργικής γης, καταλαμβάνοντας μόνο ένα 15% που θα προέλθει κατά κύριο λόγο από εκτάσεις σε αγρανάπαυση.

Περιβάλλον

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να παράσχουν διάφορα περιβαλλοντικά οφέλη, όπως μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση και λιγότερα απόβλητα. Ταυτόχρονα όμως, υπάρχει ο κίνδυνος από τις μεγαλύτερες καλλιεργητικές εισροές (λιπάσματα, φυτοφάρμακα), την απώλεια βιοποικιλότητας και την υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών. Ιδιαίτερη ανησυχία έχει εκφρασθεί για την αποψίλωση τροπικών δασών στην προσπάθεια αναπτυσσόμενων χωρών να επωφεληθούν από τη διεθνή ζήτηση βιοκαυσίμων εντάσσοντας νέες εκτάσεις στην καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.

Κόστος βιοκαυσίμων

Τα βιοκαύσιμα είναι ακριβότερα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα και επομένως απαιτούνται φορολογικές διευκολύνσεις και διάφορης μορφής πολιτικές στήριξης ώστε να καταστούν ανταγωνιστικά. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς αναμένεται να μη έχουν ανάγκη τέτοιου είδους ενισχύσεων, όμως η οικονομικά βιώσιμη παραγωγή τους σε ευρεία κλίμακα δεν αναμένεται ενωρίτερα από μια δεκαετία περίπου.

Με δεδομένο τον παραπάνω προβληματισμό, όλες οι σύντονες προσπάθειες που γίνονται σήμερα εστιάζονται στην **αειφορική** παραγωγή βιοκαυσίμων, πρακτική που έχει εξάλλου ήδη αποκτήσει αναγκαστικό χαρακτήρα ως αποτέλεσμα σχετικής θεσμοθέτησης.



2. Η εξέλιξη του θεσμικού πλαισίου για τα βιοκαύσιμα

Η Ευρωπαϊκή αγορά βιοκαυσίμων καθορίζεται από την πολιτική και τη σχετική νομοθεσία της ΕΕ. Οι πολιτικές της ΕΕ διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη και χρήση των ΑΠΕ και ειδικότερα των βιοκαυσίμων στα κράτη μέλη που ενσωματώνουν τις σχετικές οδηγίες στην εθνική τους νομοθεσία. Η έκδοση της Οδηγίας για τα Βιοκαύσιμα του 2003 δημιούργησε το νομοθετικό πλαίσιο που προκάλεσε την γρήγορη αύξηση της παραγωγής και χρήσης υγρών βιοκαυσίμων. Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στα κυριότερα έγγραφα της ΕΕ που αφορούν στα βιοκαύσιμα :

- Το πρώτο σχετικό με τα βιοκαύσιμα έγγραφο υπήρξε η Λευκή Βίβλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (COM/97/599) με τίτλο *"Ενέργεια για το μέλλον. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας"*. Εκεί καθορίστηκε η στρατηγική για τον διπλασιασμό της συμμετοχής των ΑΠΕ στο σύνολο της κατανάλωσης ενέργειας (12% το έτος 2010). Περιελάμβανε επίσης σχέδιο δράσης και χρονοδιάγραμμα εφαρμογής για την επίτευξη του στόχου αυτού. Τα κράτη μέλη, μέσα στα πλαίσια αυτά πρέπει να καθορίσουν συγκεκριμένους στόχους που να συμφωνούν με τις ιδιαιτερότητές της εσωτερικής τους αγοράς. Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους για την εφαρμογή της πολιτικής καθορίστηκε στα 165 δισεκατομμύρια € για την περίοδο 1997-2010 λαμβάνοντας υπόψη τις δαπάνες από τα καύσιμα, την προοπτική δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, την μείωση των εισαγωγών συμβατικών καυσίμων όπως επίσης και αυτή της εκπομπής των αερίων ρύπων.

- Το 2000, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την Πράσινη Βίβλο (COM/769/2000) με τίτλο *"Προς μια Ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού"*. Αναλύει την δυνατότητα συμβολής των βιοκαυσίμων στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών (θερμότητα, ηλεκτρισμός, κίνηση), αναφέροντας τις σημαντικού μεγέθους ανεκμετάλλετες δυνατότητες από την χρήση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων και χαρακτηρίζοντας ως ανεπιθύμητες τις εντατικοποιημένες μορφές γεωργικών εκμεταλλεύσεων για την παραγωγή βιομάζας. Επισημαίνεται επίσης, ο ανασταλτικός ρόλος της υπάρχουσας νομοθεσίας στην κάλυψη και σταθερότητα των ενεργειακών αναγκών (π.χ. μη αποφορολόγηση των βιοκαυσίμων).

- Με την οδηγία 2001/77/EC για την προώθηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, τέθηκε ο στόχος της συμμετοχής τους το 2010 σε 22%.

Η αναφορά στα βιοκαύσιμα μεταφορών τόσο στην Λευκή όσο και στην Πράσινη Βίβλο, αν και δεν οδήγησε στην δημιουργία κάποιου συγκεκριμένου και υποχρεωτικού σχεδιασμού στρατηγικής και πολιτικής από τα κράτη μέλη, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο προτάσεων Οδηγιών από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, για την προώθησή τους.

- Η Οδηγία για τα βιοκαύσιμα (2003/30/EC) που εκδόθηκε το 2003, καθορίζει ενδεικτικές τιμές για το μερίδιο αγοράς των βιοκαυσίμων ως εξής: 2% για το τέλος του 2005 και 5.75% για το τέλος του 2010 (τιμές σε ενεργειακό περιεχόμενο). Τα

κράτη μέλη υποχρεούνται να θέσουν αντίστοιχους εθνικούς στόχους λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω ενδεικτικές τιμές, εναρμονίζοντας τις εθνικές νομοθεσίες τους με την Οδηγία μέχρι το τέλος του 2004. Τα κράτη μέλη επίσης, πρέπει να ενημερώσουν τους πολίτες για την διαθεσιμότητα των βιοκαυσίμων ως καυσίμων κίνησης. Τέλος, τα κράτη μέλη πρέπει να αναφέρουν την πρόοδο τους ως προς την εφαρμογή των ορίων που θέτουν κατά τα έτη 2005 και 2010, χωρίς όμως να είναι υποχρεωμένα να θεσπίσουν ενδιάμεσους στόχους. Η οδηγία αυτή συνέβαλε στην δημιουργία ευνοϊκού θεσμικού πλαισίου στα περισσότερα κράτη μέλη και προήγαγε την ταχεία είσοδο των βιοκαυσίμων στην αγορά. Όλα τα κράτη μέλη έχουν πλέον θέσει εθνικούς στόχους, με την πλειονότητα τους να υιοθετεί τον στόχο του 5.75% για το 2010 ή και νωρίτερα.

-Αναγκαία συνοδευτικά έγγραφα της παραπάνω οδηγίας, αφορούσαν στη φορολόγηση της ενέργειας και στην τυποποίηση των καυσίμων και των βιοκαυσίμων για τις μεταφορές. Η Οδηγία 2003/96/EC για την φορολόγηση της ενέργειας, που υιοθετήθηκε τον Οκτώβριο του 2003, ενθαρρύνει τα κράτη μέλη να προβούν σε μειώσεις της φορολογίας ή/και πλήρη αποφορολόγηση για τα βιοκαύσιμα υπό τον όρο προηγούμενης έγκρισης από την Επιτροπή. Το κάθε κράτος μέλος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του, για την εφαρμογή της εξαίρεσης ή μείωσης του φόρου, την διακύμανση των τιμών στις πρώτες ύλες έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική ενίσχυση για την παραγωγή των προϊόντων αυτών.

- Με την Οδηγία 2003/17/EC για την ποιότητα των καυσίμων, τροποποιήθηκαν οι περιβαλλοντικές προδιαγραφές των καυσίμων της αγοράς ώστε να υπάρξουν προδιαγραφές για τη βενζίνη και το ντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN- European Committee for Standardization) έθεσε τα όρια πρόσμιξης για το βιοντίζελ, για τεχνικούς λόγους, στο 5% κατ' όγκο (ή 4.6% σε ενεργειακό περιεχόμενο) ενώ το βιοντίζελ πρέπει να τηρεί τις προδιαγραφές του προτύπου EN 14214. Με το όριο αυτό, είναι προφανές ότι ο στόχος του 5.75% το 2010 δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί μόνο με την χρήση μιγμάτων.

- Οι ενεργειακές καλλιέργειες ενθαρρύνονται στην ΕΕ από την ΚΑΠ μέσω απευθείας ενισχύσεων ή κινήτρων. Όπως είναι γνωστό, οι κάθε είδους ενισχύσεις έχουν από το 2003 αποσυνδεθεί σταδιακά από την παραγωγή. Το καθεστώς ενιαίας ενίσχυσης που καθιέρωσε η τελευταία αναθεώρηση της ΚΑΠ βοηθά την προσφορά εκτάσεων για ενεργειακές καλλιέργειες. Ταυτόχρονα επιτράπηκε η καλλιέργεια φυτών μη-διατροφικής χρήσης σε ζώνες αγρανάπαυσης.

- Τον Δεκέμβριο του 2005, η Επιτροπή δημοσιοποίησε το "*Σχέδιο Δράσης για την Βιομάζα*" (COM/2005/628) περιγράφοντας πως μπορεί να αυξηθεί η παραγόμενη ενέργεια από την δασικές και γεωργικές εκτάσεις καθώς και από απόβλητα υλικά. Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει επίσης μέτρα βελτίωσης της προσφοράς και της ζήτησης για βιομάζα. Με βάση τα προτεινόμενα μέτρα, η Επιτροπή εκτιμά ότι η χρήση της βιομάζας μπορεί να φθάσει τους 150 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (toe) περί το 2010. Συμπληρωματικά του σχεδίου δράσης για τη βιομάζα, το Φεβρουάριο του 2006 η Επιτροπή δημοσιοποίησε την "*Στρατηγική της ΕΕ για τα βιοκαύσιμα*" (COM/2006/34). Σε αυτήν παρουσιάζεται μια σειρά από νομοθεσίες για την αγορά καθώς και την έρευνα με στόχο την προώθηση της παραγωγής βιοκαυσίμων.

- Το 2006, η Επιτροπή ξεκίνησε δημόσια διαβούλευση με θέμα την οδηγία για τα βιοκαύσιμα, μια διαβούλευση που είχε μεγάλο ενδιαφέρον και προκάλεσε πολλές απαντήσεις-προτάσεις. Οι προτάσεις αυτές κωδικοποιήθηκαν σε μια αναφορά με τον τίτλο *"Ανασκόπηση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τα Βιοκαύσιμα-Δημόσια Διαβούλευση-Περίληψη των Απαντήσεων"* τον Οκτώβριο του 2006. Το βασικό συμπέρασμα ήταν ότι η οδηγία θα πρέπει να βελτιωθεί και προωθηθεί περαιτέρω και έγιναν πολλές προτάσεις για πιθανές τροποποιήσεις. Με βάση τις απαντήσεις της παραπάνω δημόσιας διαβούλευσης, η Επιτροπή δημοσίευσε την *"Αναφορά Προόδου των Βιοκαυσίμων"* (COM/2006/845) τον Ιανουάριο του 2007, εκτιμώντας ότι η ενσωμάτωση των βιοκαυσίμων στην ΕΕ θα φθάσει στο 4.2% (αντί του 5.75%) το 2010, αναδεικνύοντας την ανάγκη περαιτέρω ενίσχυσης της παραγωγής τους.

- Την αρχή του 2007, δημοσιεύτηκαν ο *"Χάρτης Πορείας της Ανανεώσιμης Ενέργειας"* και η *"Ενεργειακή Πολιτική της Ευρώπης"* προτρέποντας σε φιλόδοξους για το 2020 στόχους: 20% για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ενέργειας και 10% για τη συμμετοχή των βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Οι βασικές παραδοχές για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι ότι το 20% θα είναι εισαγόμενα, και ένα 30% περίπου θα αφορά σε βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς.

- Τον Ιανουάριο του 2008 υποβλήθηκε από την Επιτροπή η *"Πρόταση Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές"*. Με βάση την πρόταση αυτή υιοθετούνται οι προαναφερθέντες φιλόδοξοι στόχοι, με το ποσοστό των ΑΠΕ να κατανέμεται στα κράτη μέλη, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική αφετηρία και τις δυνατότητες του κάθε ενός από αυτά. Αντίθετα, το 10% των βιοκαυσίμων είναι υποχρεωτικό για κάθε κράτος μέλος. Το σημαντικό νέο στοιχείο της πρότασης αυτής είναι τα **κριτήρια αειφορίας** που πρέπει να χαρακτηρίζουν τα βιοκαύσιμα για να υπολογίζονται προς την επίτευξη του υποχρεωτικού στόχου και να δικαιούνται διάφορων μορφών ενισχύσεων: α) μείωση των ΑΕΘ τουλάχιστον κατά 35% σε σχέση με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα, μείωση που υπάρχει ισχυρή πιθανότητα να διαμορφωθεί στο 50% μετά το 2015, β) η πρώτη ύλη παραγωγής βιοκαυσίμων να μην προέρχεται από εκτάσεις με αναγνωρισμένη υψηλή αξία βιοποικιλότητας καθώς και από εκτάσεις υψηλών αποθεμάτων άνθρακα (πχ. υγρότοποι, δάση). Το κριτήριο των ελάχιστων ποσοστών μείωσης των ΑΕΘ έχει σαφή στόχο την προώθηση παραγωγής των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς που παράγονται από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες και είναι πλέον αποτελεσματικά τόσο από άποψη ενεργειακού ισοζυγίου όσο και άποψη περιβαλλοντικού οφέλους.



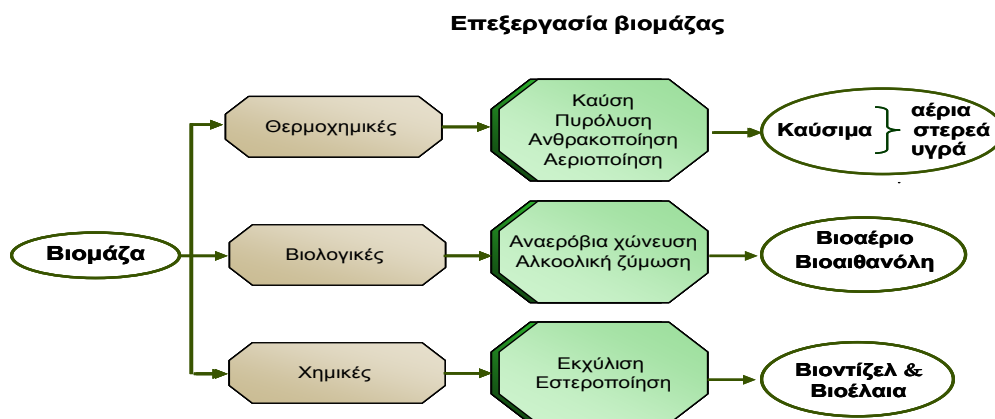
3. Ενεργειακές Καλλιέργειες - Βιοκαύσιμα

Ως ενεργειακές νοούνται οι καλλιέργειες εκείνες των οποίων το προϊόν μετατρέπεται σε υγρά, στερεά ή αέρια βιοκαύσιμα που αξιοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας με τη μορφή θερμότητας, ηλεκτρισμού και κίνησης. Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε :

- Παραδοσιακές καλλιέργειες που παράγουν διατροφικά προϊόντα και περιλαμβάνουν α) αμυλούχα φυτά όπως τα σιτηρά, β) ζαχαρούχα φυτά όπως το ζαχαρότευτλο και γ) ελαιούχα φυτά όπως ο ηλιανθος. Τα κύρια προϊόντα των καλλιεργειών αυτών (άμυλο, ζάχαρα, λάδι) μετατρέπονται για ενεργειακή αξιοποίηση σε βιοαιθανόλη, βιοντίζελ ενώ είναι δυνατή και η χρήση αυτούσιων λαδιών. Τα υγρά αυτά βιοκαύσιμα που παράγονται από τις παραδοσιακές καλλιέργειες είναι γνωστά ως **βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς** και αποτελούν σήμερα σχεδόν το σύνολο των παραγόμενων υγρών βιοκαυσίμων.

- Αμιγώς ενεργειακές καλλιέργειες που περιλαμβάνουν φυτά βιομάζας (πχ. μίσχανθος, ινώδες σόργο, ιτιά), η οποία αξιοποιείται εξ ολοκλήρου για την παραγωγή διάφορων μορφών ενέργειας. Μέχρι πρόσφατα, η βιομάζα αξιοποιούνταν σχεδόν αποκλειστικά ως στερεό ή αέριο βιοκαύσιμο για παραγωγή ή/και συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Λόγω των επιτακτικών αναγκών παραγωγής βιοκαυσίμων για τις μεταφορές, και χάρη στην αλματώδη ανάπτυξη νέων τεχνολογιών μεταροπής, η αξιοποίηση της λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας στρέφεται ήδη και προς την παραγωγή υγρών **βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς**. Τα υγρά αυτά βιοκαύσιμα παράγονται ήδη σε μικρής κλίμακας βιομηχανικό επίπεδο και η οικονομική βιωσιμότητά τους αναμένεται να επιτευχθεί στα επόμενα 5-10 χρόνια. Με τον ίδιο τρόπο, υγρά βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς μπορούν να παραχθούν από υπολείμματα γεωργικών και δασικών καλλιεργειών καθώς και υποπροϊόντα των σχετικών αγροβιομηχανιών.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, παραδοσιακές και αμιγείς, διακρίνονται επίσης σε Γεωργικές και Δασικές, καθώς και σε Μονοετείς και Πολυετείς. Μόνο λίγοι τύποι βιομάζας, όπως η ξυλώδης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ'ευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας. Συνήθως απαιτείται η επεξεργασία και ο εξευγενισμός της βιομάζας για τη μετατροπή της σε χρήσιμο καύσιμο. Διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες επεξεργασίας της βιομάζας: α) η θερμοχημική επεξεργασία, β) η βιοχημική επεξεργασία και γ) η χημική επεξεργασία.



Θερμοχημική επεξεργασία

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της βιομάζας, όπως η υψηλή υγρασία, η ανομοιογενής κοκκομετρική σύσταση και η χαμηλή φαινόμενη πυκνότητα, επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή της πυκνότητα ανά μονάδα όγκου. Οι ιδιότητες αυτές, ιδιαίτερα η υψηλή περιεχόμενη υγρασία, δυσχεραίνουν από τεχνική και οικονομική άποψη όλη την εφοδιαστική αλυσίδα αξιοποίησης της μειώνοντας την αξία της βιομάζας ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται τεχνικές που στοχεύουν στη μετατροπή της βιομάζας σε μικρά ή μεγαλύτερα συσσωματώματα γνωστά και ως πελέττες, μπρικέτες ή μπάλες αντίστοιχα, με τη χρήση υψηλών πιέσεων έτσι ώστε να βελτιώσουν το ενεργειακό περιεχόμενο της ανά μονάδα όγκου. Τα δασικά και δενδροκομικά υπολείμματα τεμαχίζονται με ειδικά μηχανήματα σε θρύμματα ενδεικτικών διαστάσεων μήκους 2-2.5 εκατ και πλάτους 1 εκατ περίπου.

Καύση

Η απ'ευθείας καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, συνήθως κάτω του 20%. Η θερμότητα που παράγεται διαδίδεται μέσω αγωγιμότητας, ακτινοβολίας και με μεταφορά. Η χρησιμοποίηση κατάλληλων εναλλακτών ανακτούν σε σημαντικό βαθμό την θερμότητα που χάνεται μέσω των παραγόμενων αερίων καύσης. Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται από την καύση της βιομάζας κυμαίνονται μεταξύ 1.000-1.500 °C.

Πυρόλυση

Η μετατροπή πραγματοποιείται σε κλειστά δοχεία με θερμοκρασία 500-600 °C σε απουσία αέρα και τα παραγόμενα προϊόντα είναι αέρια (15%), πυρολιγνικά οξέα (45%), βιοάνθρακας (κάρβουνο) (25%) και ελαιώδης πίσσα (15%). Η θερμαντική αξία του βιοάνθρακα είναι περίπου 6500-7000 KJ ανά κιλό. Η ελαιώδης πίσσα από την πυρόλυση αποτελείται από άνθρακα (51%), υδρογόνο (8%), οξυγόνο (40%), άζωτο (0.9%), θείο (0.01%) και τέφρα (0.09%). Το βιοαέριο που προκύπτει από την πυρόλυση αποτελείται από CO (15%), CO₂ (28%), H₂ (6.5%), CH₄ (3.5%), C_xH_y (2%) και N₂ (45%).

Ανθρακοποίηση

Στην ανθρακοποίηση, η ξυλώδης βιομάζα θερμαίνεται με παρουσία αέρα και παράγεται το κάρβουνο καθώς και υγρά και αέρια υποπροϊόντα. Η όλη διεργασία πραγματοποιείται σε τέσσερα στάδια και διαρκεί 2-30 ημέρες ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σύστημα. Με το πέρας της ανθρακοποίησης, το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η σύσταση ικανοποιητικής ποιότητας κάρβουνου είναι 70% άνθρακας, 25% πτητικές ουσίες και 5% τέφρα. Η πυκνότητά του κυμαίνεται στα 250-300 χλγ ανά κυβικό μέτρο ενώ η θερμιδική του αξία είναι 25 MJ ανά κιλό σε σύγκριση με αυτή του ξύλου που είναι 15 MJ ανά κιλό. Ο τελικός όγκος του παραγόμενου κάρβουνου είναι περίπου το μισό του αρχικού όγκου του ανθρακοποιημένου ξύλου.

Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας περιλαμβάνει τη μερική καύση της σε κατάλληλους αντιδραστήρες και πραγματοποιείται σε περισσότερα του ενός στάδια και σε

θερμοκρασίες υψηλότερες των 900 °C. Το αέριο που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο και αποτελείται από CO₂ (3%), C_xH_y (<0.1%), O₂ (0.9%), CO (28.7%), H₂ (3.8%), CH₄ (0.2%) και N₂ (63%). Η θερμιδική του αξία είναι περίπου 1700 Kcal ανά κυβικό μέτρο. Οι θερμοχημικές διαδικασίες (πχ. αεριοποίηση, πυρόλυση) χρησιμοποιούνται επίσης και για την παραγωγή συνθετικών βιοκαυσίμων.

Βιοχημική και χημική επεξεργασία

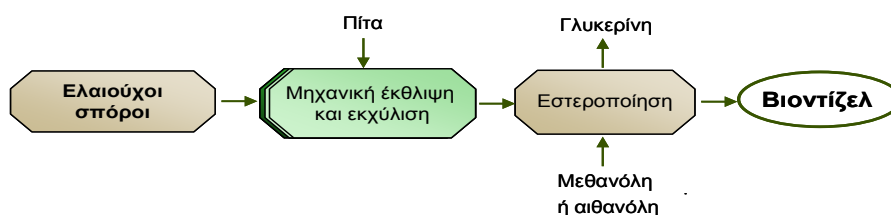
Τα υγρά βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται καθολικά σχεδόν ως βιοκαύσιμα στις μεταφορές είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ περιέχουν 30 % και 8 % λιγότερη ενέργεια ανά λίτρο από την βενζίνη και το ντίζελ αντίστοιχα. Και τα δύο βιοκαύσιμα σήμερα αξιοποιούνται σε μίγματα 5%, ενώ αναμένεται σύντομα η αύξηση της δυνατότητας χρήσης μιγμάτων 10 %, πρακτική που θα διευκολύνει την επίτευξη των στόχων του 2010 και 2020. Τα δύο αυτά βιοκαύσιμα παράγονται από αγροτικά προϊόντα που προορίζονται παραδοσιακά για τρόφιμα και ζωοτροφές μέσω της κλασικής βιοδιεργασίας της ζύμωσης για την παραγωγή βιοαιθανόλης και της κλασικής επίσης χημικής διεργασίας μετεστεροποίησης για την παραγωγή του βιοντίζελ. Με αναερόβια ζύμωση (χώνευση), κυρίως αποβλήτων, παράγεται επίσης βιοαέριο. Τέλος, μπορεί να παραχθεί και αξιοποιηθεί αυτούσιο φυτικό λάδι ως βιοκαύσιμο, μια δυνατότητα που όμως αμφισβητείται για τεχνικούς κυρίως λόγους.

Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί από μια ποικιλία φυτικών λαδιών όπως πχ το κραμβέλαιο, το ηλιέλαιο, το σογιέλαιο, το φοινικέλαιο, το λάδι ρετινολαδιάς, το λάδι της *Jatropha* κα. Η χημική διαδικασία παραγωγής του είναι απλή: το λάδι εξάγεται από τους ελαιούχους σπόρους με έκθλιψη και εκχύλιση με διαλύτη και αφού φιλτραρισθεί αναμιγνύεται με μεθανόλη (ή αιθανόλη) στους 50 °C. Η αντίδραση εστεροποίησης, παρουσία αλκαλικού καταλύτη, παράγει μεθυλεστέρες (ή αιθυλεστέρες) λιπαρών οξέων που είναι η βάση του βιοντίζελ.

Υποπροϊόντα είναι η γλυκερίνη που χρησιμοποιείται στη σαπωνοποιία και η πίτα που είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και χρησιμεύει ως ζωοτροφή. Ένας τόνος φυτικού λαδιού και 0.1 τόνοι μεθανόλης παράγουν ένα τόνο βιοντίζελ και 0.1 τόνους γλυκερίνης περίπου. Το βιοντίζελ επίσης μπορεί να παραχθεί και από ζωϊκά λίπη καθώς και από ανακυκλωμένα μαγειρικά λάδια.

Παραγωγή βιοντίζελ



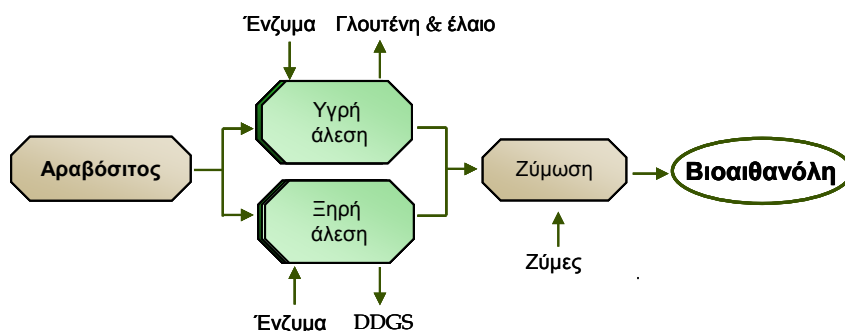
Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη παράγεται από ζαχαρούχα φυτά όπως τα ζαχαρότευτλα, το γλυκό σόργο και το ζαχαροκάλαμο ή από αμυλούχα φυτά όπως ο αραβόσιτος, το σιτάρι, το κριθάρι και το καρποδοτικό σόργο. Μπορεί ακόμα να παραχθεί και από τη μελάσα, που είναι παραπροϊόν των ζαχαρουργείων. Η βιοαιθανόλη, αποτέλεσμα αλκοολικής ζύμωσης των ζαχάρων, είναι το πρώτο καύσιμο κίνησης που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης. Είναι ένα άχρωμο, διαυγές, βιοαποικοδομήσιμο, χαμηλής τοξικότητας υγρό που προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική ρύπανση. Η υψηλή περιεκτικότητά της σε αριθμό οκτανίων την καθιστά κατάλληλη ως προσθετικό στη βενζίνη αλλά και ως μέσο εμπλουτισμού της σε οξυγόνο, με συνέπεια την πιο ολοκληρωμένη καύση της και άρα τη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων.

Α) Βιοαιθανόλη από αμυλούχα φυτά

Η παραγωγή βιοαιθανόλης από αμυλούχες πρώτες ύλες επιτυγχάνεται μετά από ενζυματική υδρόλυση του αμύλου σε ζάχαρα που στη συνέχεια ζυμώνονται από τα κατάλληλα στελέχη του ζαχαρομύκητα (*Saccharomyces cerevisiae*) στους 32-35 °C και σε pH 5.2. Η βιοαιθανόλη παράγεται σε συγκέντρωση 12-15% και το διάλυμα αποστάζεται για την απόκτηση μεγαλύτερων συγκεντρώσεων. Σε βιομηχανικό επίπεδο, από 1 τόνο αραβοσίτου (ή σίτου) παράγονται 390 λίτρα βιοαιθανόλης σε συγκέντρωση 99.6% και 0.33 τόνοι υψηλής θρεπτικής αξίας ζωοτροφή (DDGS) ως παραπροϊόν.

Παραγωγή βιοαιθανόλης από αραβόσιτο



Β) Βιοαιθανόλη από ζαχαρούχα φυτά

Η παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαρούχα φυτά όπως τα ζαχαρότευτλα και το γλυκό σόργο είναι η απλούστερη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης γιατί από την πρώτη ύλη εξάγονται διαλυτά ζάχαρα που οδηγούνται απευθείας σε ζύμωση. Σε βιομηχανικό επίπεδο, από ένα τόνο ζυμώσιμων ζαχάρων παράγονται 535 λίτρα βιοαιθανόλης, ενώ ένας τόνος μελάσας ζαχαρουργείου παράγει την μισή περίπου ποσότητα βιοκαυσίμου.

Βιοέλαια

Από πλευράς παραγωγικής διαδικασίας, τα αυτούσια φυτικά λάδια αποτελούν σήμερα την απλούστερη επιλογή βιοκαυσίμου για τις μεταφορές. Θα μπορούσε επίσης να αποβεί και το πλέον επιθυμητό από οικολογική, οικονομική και κοινωνική άποψη γιατί: α) μπορεί να παραχθεί αποκεντρωμένα από μικρές αγροτικές επιχειρήσεις, ενισχύοντας την περιφερειακή ανάπτυξη, β) οι απώλειες ενέργειας και η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή του είναι οι μικρότερες από όλα τα βιοκαύσιμα και γ) η παραγόμενη ως υποπροϊόν πίτα αποτελεί άριστη ζωοτροφή.

Παρόλα αυτά, συνιστά το πλέον αμφισβητούμενο βιοκαύσιμο και σε ορισμένες χώρες απαγορεύεται η χρήση του (Γαλλία, Ιταλία). Αντίθετα, στη Γερμανία και Αυστρία αξιοποιείται για την κίνηση 10000 περίπου φορτηγών οχημάτων.

Το σημαντικότερο επιχείρημα εναντίον της χρήσης αυτούσιων φυτικών λαδιών είναι το χαμηλό τους ιξώδες και ο μικρός αριθμός κετανών, που τα καθιστά ακατάλληλα για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Όμως, όπως φαίνεται από το παράδειγμα της Γερμανίας-Αυστρίας, η χρήση τους μπορεί να καταστεί δυνατή με συγκεκριμένες μετατροπές στο ρεζερβουάρ ή στον κινητήρα. Από ότι φαίνεται μέχρι τώρα, τα αυτούσια φυτικά λάδια θα ήταν κατάλληλα σε ικανοποιητικό βαθμό εκεί όπου δεν απαιτούνται συχνές εκκινήσεις των κινητήρων, όπως πχ στις θερμές χώρες, για υβριδικά οχήματα καθώς και για τρακτέρ και άλλα γεωργικά μηχανήματα.

Βιοαέριο

Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας, που επιτυγχάνεται με την μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων σε απλούστερα, πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα. Τη φάση της υδρόλυσης, την όξινη φάση και τη φάση της μεθανοποίησης. Το παραγόμενο βιοαέριο αποτελείται από CH_4 (55-70%), CO (30-45%), H_2S (1-2%), N_2 (0-1%), H_2 (0-1%) και ίχνη από άλλα αέρια. Η θερμογόνο δύναμη που παράγεται από την καύση του βιοαερίου όταν η περιεκτικότητά του σε μεθάνιο είναι 60-70% κυμαίνεται μεταξύ των 4500-5500 kcal ανά κυβικό μέτρο ή 18.8-23 MJ ανά κυβικό μέτρο.

Το βασικό πλεονέκτημα του βιοαερίου είναι ότι μπορεί να παραχθεί από ποικίλη βιομάζα, όπως ζωικά απόβλητα, το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων, φυτική βιομάζα από αμιγώς ενεργειακές καλλιέργειες καθώς και από υπολείμματα όλων των καλλιεργειών. Το βιοαέριο είναι ένα πολύ σταθερό, μη τοξικό, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως και το φυσικό αέριο για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και ως καύσιμο κίνησης. Αυτό απαιτεί τον προηγούμενο εμπλουτισμό και καθαρισμό του για να αυξηθεί η συγκέντρωση του μεθανίου και για να αντιμετωπισθεί το υψηλό περιεχόμενο σε θείο και μονοξείδιο του άνθρακα. Η αξιοποίησή του ως βιοκαυσίμου μεταφορών εξαρτάται από την επιτυχημένη προηγούμενη χρήση του φυσικού αερίου, ώστε να έχει δημιουργηθεί η απαραίτητη υποδομή διακίνησης του καθώς και η κατάλληλη τεχνολογία ρεζερβουάρ και κινητήρων. Προς το παρόν έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη Σουηδία (8.000 περίπου οχήματα), μια χώρα με πλεονάσματα βιοαερίου και με χαμηλές τιμές για την ηλεκτρική ενέργεια. Τελευταία, υπάρχει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για παραγωγή βιομεθανίου από καλλιέργειες όπως τεύτλα, μικρά αγροστόδια κλπ.

Βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς

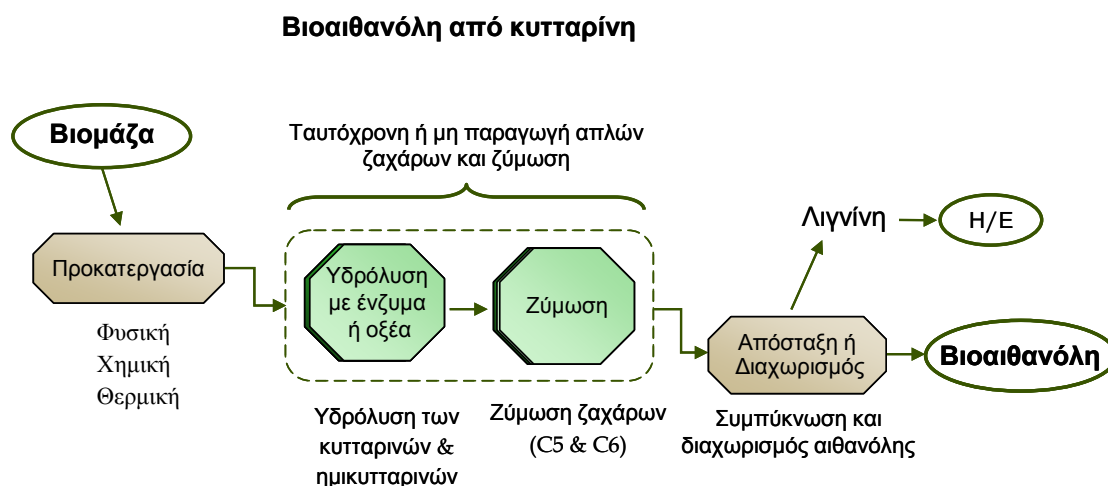
Το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη, το βιοαέριο και τα βιοέλαια, που παράγονται από τις πρώτες ύλες και με τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, ανήκουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς. Οι διαδικασίες παραγωγής τους μετατρέπουν τμήμα μόνο (άμυλο, ζάχαρα, λάδια) της διαθέσιμης βιομάζας σε βιοκαύσιμο. Οι λιγνοκυτταρίνες που αποτελούν τα δομικά συστατικά των φυτικών κυττάρων, ευρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες και έχουν υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, παραμένουν όμως αναξιοποίητες. Αυτό συμβαίνει γιατί η κυτταρίνη

και η ημικυτταρίνη είναι στενά συνδεδεμένες με τη λιγνίνη που δεν αποσυντίθεται από μικροοργανισμούς (πλήν ορισμένων μόνο μυκήτων). Απαιτούνται επομένως ειδικές διεργασίες για να επιτραπεί η περαιτέρω μετατροπή τους σε βιοκαύσιμα.

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς αντιθέτως, βασίζεται στην ολική ή μερική αξιοποίηση λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών. Προς το παρόν υπάρχουν δύο κύριες πλατφόρμες για τη μετατροπή των πολυμερών αυτών σε υγρά βιοκαύσιμα. Η πρώτη πλατφόρμα, βασίζεται σε βιοχημική μετατροπή τους σε ζυμώσιμα ζάχαρα τα οποία στη συνέχεια με μικροβιακή ζύμωση παράγουν την βιοαιθανόλη. Η δεύτερη πλατφόρμα μετατροπής των λιγνοκυτταρινών είναι χημική και χρησιμοποιεί θερμότητα και χημικούς καταλύτες για τη μετατροπή τόσο των υδατανθράκων όσο και των πολυμερών της λιγνίνης σε υγρά βιοκαύσιμα και κυρίως συνθετικό βιοντίζελ.

Α) Βιοαιθανόλη 2^{ης} γενιάς

Η βιοαιθανόλη από λιγνοκυτταρίνη παράγεται κυρίως βιοχημικά, με την χρήση καινοφανών ενζύμων και ζυμών. Όπως περιγράφεται στη συνέχεια για το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς μπορεί επίσης να παραχθεί από βιομάζα και με θερμοχημική μετατροπή.



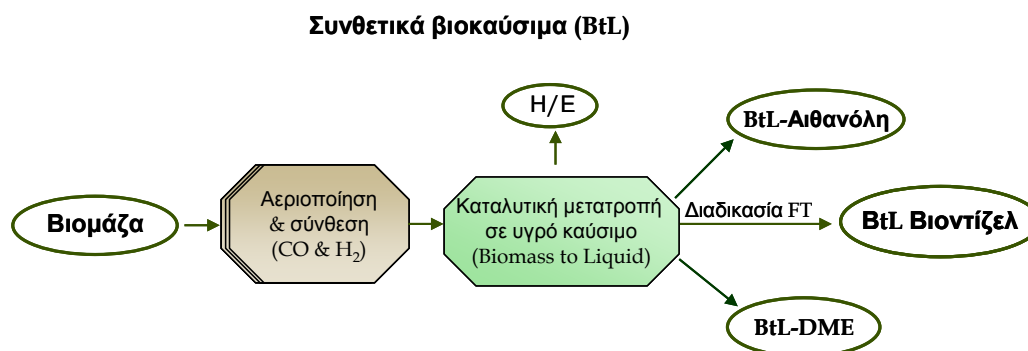
Στη βιοχημική μετατροπή, τα νέα ένζυμα, σε συνδυασμό και με την κατάλληλη προκατεργασία, αποδομούν (υδρολύουν) τόσο τις κυτταρίνες όσο και τις ημικυτταρίνες σε απλούστερα C₆ και C₅ ζάχαρα αντίστοιχα. Τα νέα εξειδικευμένα στελέχη ζυμών μπορούν να ζυμώσουν και τα C₅ ζάχαρα και έτσι να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες βιοαιθανόλης. Η όλη διαδικασία δεν έχει εφαρμοσθεί ακόμα σε μεγάλο βιομηχανικό επίπεδο, λειτουργούν όμως αρκετές πιλοτικές-επιδεικτικές μονάδες (πχ. σε Σουηδία, Δανία, Ισπανία, ΗΠΑ, Καναδά και Ιαπωνία). Η οικονομικά βιώσιμη παραγωγή βιοαιθανόλης με την παραπάνω διαδικασία αναμένεται σε μία δεκαετία ή κατ' άλλους σε μια πενταετία.

Πρόδρομη μέθοδος της ενζυμικής υδρόλυσης, για την αποδόμηση των κυτταρινών και ημικυτταρινών, είναι η υδρόλυση με πυκνά ή αραιά οξέα, που έχει χρησιμοποιηθεί περιορισμένα σε βιομηχανικό επίπεδο. Όμως θεωρείται ως πιο πολύπλοκη μέθοδος και αναμένεται η αντικατάστασή της από την χρήση ενζύμων στο εγγύς μέλλον.

Η έρευνα επίσης επικεντρώνεται στην παραγωγή βιοαιθανόλης από βιομάζα με ταυτόχρονη ζύμωση των ζαχάρων και κυτταρίνης. Σύντομα θα λειτουργήσει στις ΗΠΑ μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης η οποία θα στηρίζεται σε αποδόμηση της λιγνοκυτταρίνης με συνδυασμό ήπιας προκατεργασίας με οξέα και αναερόβιας δράσης μίγματος βακτηρίων, και στην ταυτόχρονη ζύμωση πεντοζών και εξοζών από δύο διαφορετικές ζύμες. Υπολογίζεται ότι από ένα τόνο ξηράς βιομάζας θα παράγονται 250 – 280 λίτρα βιοαιθανόλης.

B) Συνθετικό βιοντίζελ (FT)

Το βιοντίζελ 2^{ης} γενιάς (επίσης ονομάζεται συνθετικό βιοντίζελ, Fischer Tropsch βιοντίζελ ή BtL βιοντίζελ) παράγεται με θερμοχημική επεξεργασία της βιομάζας (Biomass-to-Liquid). Η διαδικασία αυτή σε αντίθεση με τη χημική αξιοποιεί και τη λιγνίνη. Συνδυάζει την αεριοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή του "syngas" (που περιέχει κυρίως CO και H₂) και την περαιτέρω μετατροπή του σε υγρά βιοκαύσιμα. Το CO₂ και H₂ μπορεί να μετατραπούν σε διάφορα καύσιμα όπως αιθανόλη, διμεθυλαιθέρας (DME) και μέσω της μεθόδου Fischer Tropsch σε μίγμα υδρογονανθράκων που ονομάζεται BtL βιοντίζελ. Το βιοντίζελ αυτό έχει φυσικές και χημικές ιδιότητες σχεδόν ίδιες με το συμβατικό ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους υπάρχοντες κινητήρες χωρίς καμία μετατροπή. Συγκριτικά με το ορυκτό ντίζελ πλεονεκτεί στο ότι μειώνει σημαντικά τις εκπομπές NO_x και μικροσωματιδίων καθώς επίσης και γιατί δεν περιέχει καρκινογόνες αρωματικές ενώσεις. Για τους λόγους αυτούς το ενδιαφέρον στρέφεται προς το FT βιοντίζελ.



Προς το παρόν στην Ευρώπη δεν έχει υπάρξει παραγωγή συνθετικού βιοντίζελ σε μεγάλη κλίμακα αλλά υπάρχουν στη φάση του σχεδιασμού μονάδες βιομηχανικής παραγωγής όπως της Choren στη Γερμανία.

Βιοκαύσιμα 1^{ης} vs. 2^{ης} γενιάς

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς μειονεκτούν διότι α) η αξιοποίηση των φυτικών πρώτων υλών ανταγωνίζεται την διατροφική χρήση, β) τα φυτά έχουν βελτιωθεί για διατροφική και όχι ενεργειακή χρήση, γ) μέρος μόνο των φυτών μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο και δ) έχει υψηλό κόστος παραγωγής και η οικονομική αξιοποίηση των παραπροϊόντων είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων. Η γενιά αυτή βιοκαυσίμων, που ήδη κατακρίνεται για την έλλειψη αλλά και την υπέρογκη αύξηση των τιμών των δημητριακών, αποτελεί σαφέστατα ένα αναποτελεσματικό, πλην όμως μοναδικό ενδιάμεσο στάδιο, προς την σκοπούμενη κάλυψη ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές έως ότου καταστούν

οικονομικά βιώσιμες οι τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς. Η βιωσιμότητα αυτή αναμένεται να επιτευχθεί στη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας.

Για το σκοπό αυτό συνεχίζονται οι προσπάθειες βελτίωσης των παραδοσιακών αμυλούχων, ζαχαρούχων και ελαιούχων φυτών με στόχο την δημιουργία ποικιλιών, συμβατικά ή βιοτεχνολογικά, εμπλουτισμένων με συγκεκριμένα γνωρίσματα που θα μεγιστοποιούν των παραγωγή βιοκαυσίμων. Τα γνωρίσματα αυτά αφορούν σε α) αύξηση φωτοσυνθετικού δυναμικού, β) βελτίωση μεταβολισμού αζώτου, γ) ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, δ) μεταβολή ποιότητας αμύλου και ζαχάρων για καλύτερη αξιοποίηση και ε) ενσωμάτωση ενζυματικών μηχανισμών (αμυλάσες) για μετατροπή του αμύλου σε ζυμώσιμα ζάχαρα πάνω στον καρπό μετά τη συγκομιδή. Ταυτόχρονα, επιδιώκεται η προσαρμογή και βελτίωση εναλλακτικών αμυλούχων, ζαχαρούχων και ελαιούχων φυτών με μεγάλο δυναμικό παραγωγής βιοκαυσίμων σε αρδευόμενες ή ξηρικές συνθήκες (πχ. γλυκό σόργο, ρετσίνολαδιά, Jatropha).

Σε αντίθεση με την πρώτη γενιά, τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται κυρίως από λιγνοκυτταρίνη φυτών βιομάζας. Τα χαρακτηριστικά των φυτών αυτών είναι ότι α) η ενεργειακή δεν ανταγωνίζεται τη διατροφική χρήση, β) μπορούν να βελτιωθούν εξειδικευμένα για ενεργειακή χρήση και γ) μεγαλύτερο μέρος των φυτών μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο.

Σε σχέση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, έχουν μικρότερο κόστος πρώτων υλών αλλά η παραγωγή τους απαιτεί μεγαλύτερη αρχική επένδυση για τη μονάδα παραγωγής. Το βασικό τους πλεονέκτημα, όπως φαίνεται σε συγκεκριμένα παραδείγματα στον παρακάτω πίνακα, είναι το ότι παρέχουν σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Ενεργειακό ισοζύγιο και μείωση ΑΕΘ βιοκαυσίμων 1ης και 2ης γενιάς

Τύπος βιοντίζελ	Ισοζύγιο ενέργειας ¹	Μείωση ΑΕΘ % ²
Βενζίνη	0.81	-
Βιοαιθανόλη 1ης γενιάς (καλαμπόκι)	1.25-1.35	12-26
Βιοαιθανόλη 2ης γενιάς (άχυρο)	5-6	82-85
Ντίζελ	0.83	-
Βιοντίζελ από σογιέλαιο	1.93-3.21	41-78
Συνθετικό ντίζελ	> 10	90-95

¹ Απόδοση ενέργειας προς χρησιμοποιηθείσα ενέργεια από ορυκτά καύσιμα σε όλο τον κύκλο παραγωγής του βιοκαυσίμου (καλλιέργεια, μεταφορά, διεργασία μετατροπής)

² Σε σχέση με ΑΕΘ από βενζίνη / ντίζελ

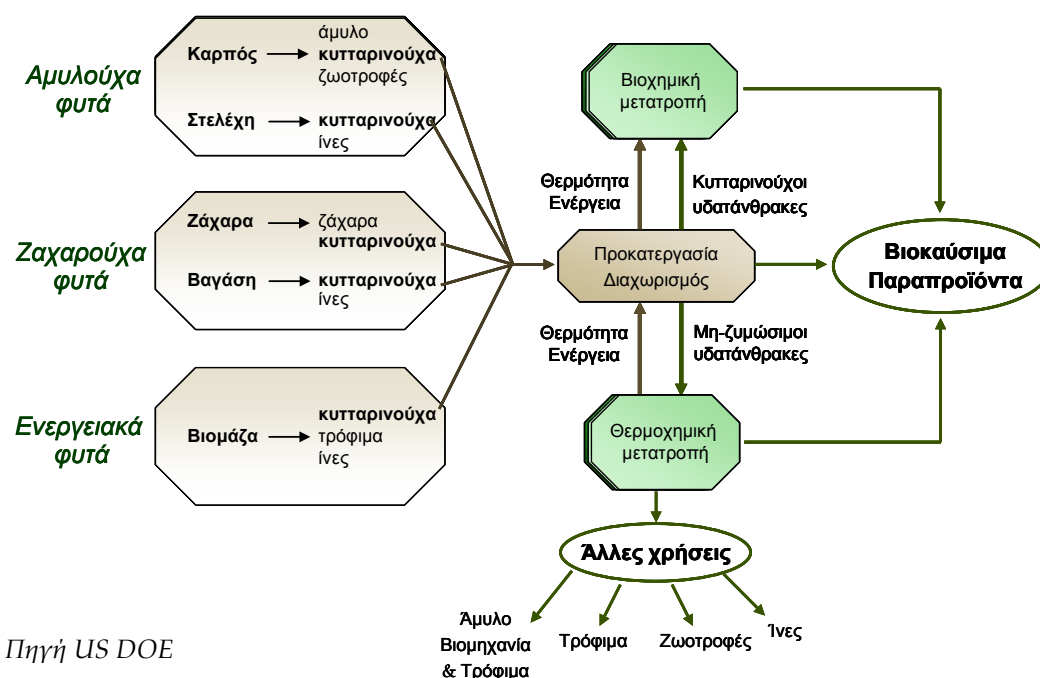
Στα πλαίσια καλύτερης αξιοποίησης των φυτών βιομάζας, πρώτη επιλογή αποτελούν εγχώρια φυτικά είδη προσαρμοσμένα στις διάφορες περιοχές και αγρονομικές συνθήκες ενώ παράλληλα δοκιμάζεται και η προσαρμογή και αποδοτικότητα ορισμένων νεο-εισαγόμενων ειδών. Στόχος των σχετικών προγραμμάτων δημιουργίας ποικιλιών είναι η αύξηση της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας και η βελτίωση της σύνθεσης των βασικών πολυσακχαριτών (πχ. μείωση ποσοστού λιγνίνης). Σημαντικότατο ρόλο στην παραγωγή τέτοιων ποικιλιών θα έχει η βιοτεχνολογία και ειδικότερα η γενετική μηχανική εφόσον βεβαίως αποδειχθεί ότι η αξιοποίηση της τελευταίας δε θα αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία και το

περιβάλλον. Η ίδια τεχνολογία αξιοποιείται ήδη για την παραγωγή των καινοφανών ενζύμων και ζυμών που προαναφέρθηκαν.

Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου

Στόχος των βιοδιυλιστηρίων είναι η βελτιστοποίηση της χρήσης των πρώτων υλών και η ελαχιστοποίηση των απωλειών (απόβλητα) με συνακόλουθη τη μεγιστοποίηση του οφέλους και της κερδοφορίας. Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου αναφέρεται στην ενσωμάτωση της παραγωγής βιοκαυσίμων με την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας καθώς και ενέργειας. Διάφορες βιολογικές θερμικές και χημικές διαδικασίες μπορούν να ενσωματωθούν και βελτιστοποιηθούν σε ένα βιοδιυλιστήριο ώστε να παραχθεί η μέγιστη αξία. Παράδειγμα βιοδιυλιστηρίου που υφίσταται σήμερα αποτελεί η παραγωγή βιοαιθανόλης από άμυλο και ζάχαρα μαζί με χρήσιμα παραπροϊόντα όπως CO₂ για βιομηχανική χρήση καθώς και ζωοτροφές. Η εξέλιξη στα βιοδιυλιστήρια θα οδηγήσει στη χρήση των λιγνοκυτταρινών ως πρώτη ύλη με αυξανόμενη αποτελεσματικότητα των διαδικασιών μετατροπής. Ένα μελλοντικό ολοκληρωμένο βιοδιυλιστήριο θα αξιοποιούσε τη συνολική φυτική παραγωγή με τον τρόπο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, όπου η παραγωγή ενέργειας και χημικών δε θα γίνεται εις βάρος των προϊόντων διατροφής αλλά μόνο από τις λιγνοκυτταρινούχες ύλες.

Ολοκληρωμένο Μελλοντικό Βιοδιυλιστήριο

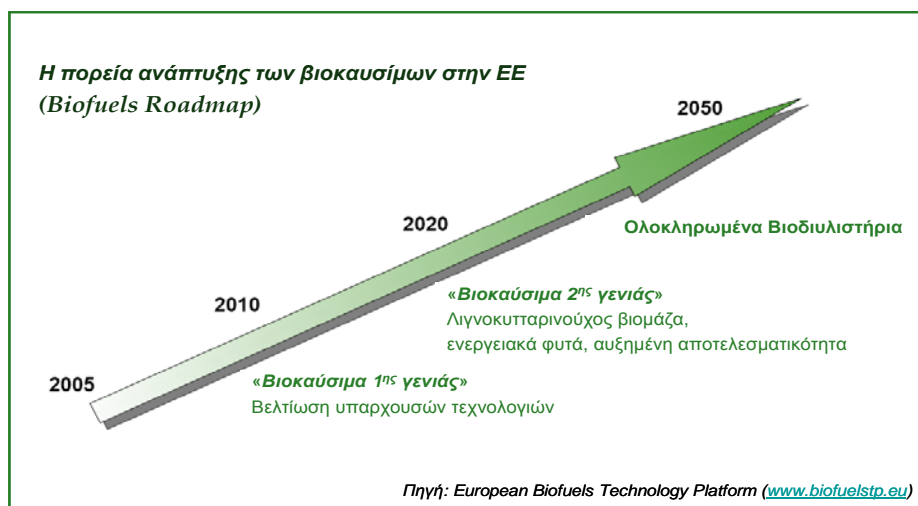


Πηγή US DOE

Χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης των βιοκαυσίμων στην ΕΕ

Η επίτευξη του οράματος-στόχου της ΕΕ για κάλυψη του 25% των ενεργειακών αναγκών στις μεταφορές το 2030 και μετά, από βιοκαύσιμα που θα παράγονται στους κόλπους της με αειφορικό και ανταγωνιστικό τρόπο, απαιτεί την ανάπτυξη

και ενσωμάτωση πολλών καινοτομικών τεχνολογιών. Εξαιρώντας την απαραίτητη παράλληλη εξέλιξη στην παραγωγή κατάλληλων κινητήρων οχημάτων, οι νέες αυτές τεχνολογίες θα πρέπει να αξιοποιηθούν για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας τόσο του πρωτογενή τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών όσο και του δευτερογενή τομέα της μετατροπής των πρώτων υλών σε βιοκαύσιμα. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Βιοκαυσίμων, το χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης των τεχνολογιών αυτών έχει ως εξής :



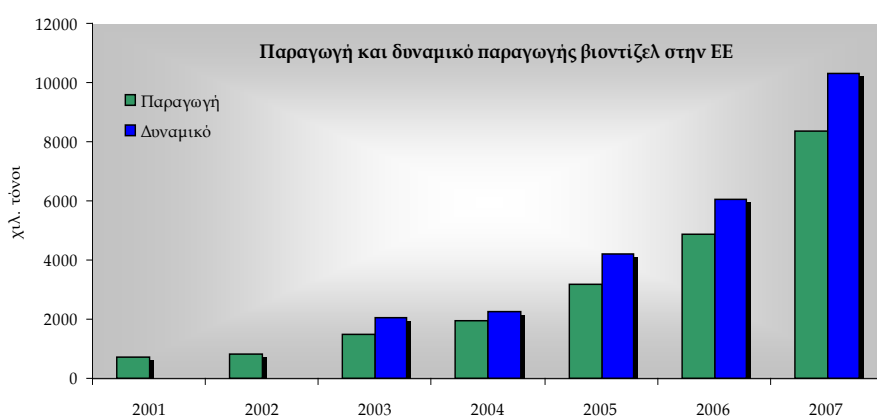
Όσον αφορά στον πρωτογενή τομέα, ταυτόχρονα με την προσπάθεια αποτελεσματικότερης εφοδιαστικής (logistics) κατά τη διαχείριση της βιομάζας, κύρια επιδίωξη αποτελεί η αύξηση της παραγόμενης ποσότητας βιοκαυσίμων (1ης ή 2ης γενιάς) ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης. Βασικό ρόλο για την επίτευξη του στόχου αυτού, αποτελεί η παραγωγή και χρήση ποικιλιών γεωργικών και δασικών ειδών που θα χαρακτηρίζονται από α) καλύτερη αξιοποίηση των εισροών (νερό, λιπάσματα), β) ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες και γ) ποσοτικά και ποιοτικά βελτιωμένη περιεκτικότητα αμύλου, ζαχάρων και ελαίων.

Για τη δημιουργία των ποικιλιών αυτών, παράλληλα με τις κλασικές μεθόδους γενετικής βελτίωσης, ιδιαίτερη έμφαση δίδεται σε βιοτεχνολογικές προσεγγίσεις που θα επιτρέψουν την παραγωγή “ειδικά σχεδιασμένων” ενεργειακά φυτών με αυξημένη λιγνυκυτταρινούχο βιομάζα και πρόσθετα νέα γνωρίσματα για βελτίωση της μετατροπής της σε βιοκαύσιμα όπως πχ. δένδρα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιγνίνη, καλαμπόκι με ενσωματωμένες κυτταρινάσες, φυτά με επιπλέον δυνατότητα δέσμευσης μεγαλύτερων ποσοτήτων CO₂ κατά την καλλιέργειά τους κλπ.

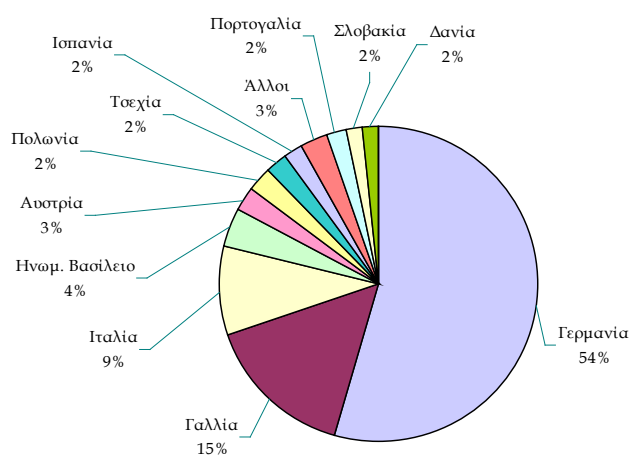
Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στον δευτερογενή τομέα αφορά α) στη βελτίωση των σημερινών τεχνολογιών παραγωγής βιοντίζελ και βιοαιθανόλης για μεγαλύτερη μείωση των ΑΕΘ, δυνατότητα αξιοποίησης διάφορων πρώτων υλών διαμόρφωση χαμηλότερου κόστους, β) στην ανάπτυξη νέων θερμοχημικών και βιολογικών διεργασιών με δυνατότητα αξιοποίησης πολλαπλών πηγών λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας και γ) στη λειτουργία ολοκληρωμένων βιοδιυλιστηρίων για την πλήρη αξιοποίηση της βιομάζας με στόχο την συμπαραγωγή βιοκαυσίμων και προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (πχ χημικά, φαρμακευτικές ουσίες, κλπ).

4. Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι σήμερα ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ στον κόσμο. Το 2006 παρήγαγε το 77% της παγκόσμιας παραγωγής. Στις χώρες της ΕΕ, το βιοντίζελ αντιπροσωπεύει το 80% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων. Περισσότερο από το 80% του βιοντίζελ προέρχεται από εγχώρια παραγόμενη ελαιοκράμβη, ενώ χρησιμοποιείται και η παραγωγή ηλιανθου. Η παραγωγή του βιοντίζελ αυξήθηκε στο 20πλάσιο την περίοδο 1994-2005 και το συνολικό παραγωγικό δυναμικό το 2006 έφθασε τους 6 εκατ τόνους, ποσότητα που ευρίσκεται κοντά στην πραγματική παραγωγή. Η Γερμανία μόνη της παρήγαγε περισσότερο από το μισό της παραπάνω συνολικής ποσότητας, ως αποτέλεσμα ενός ιδιαίτερα ευνοϊκού μέχρι τότε φορολογικού καθεστώτος για τα βιοκαύσιμα στη χώρα αυτή.

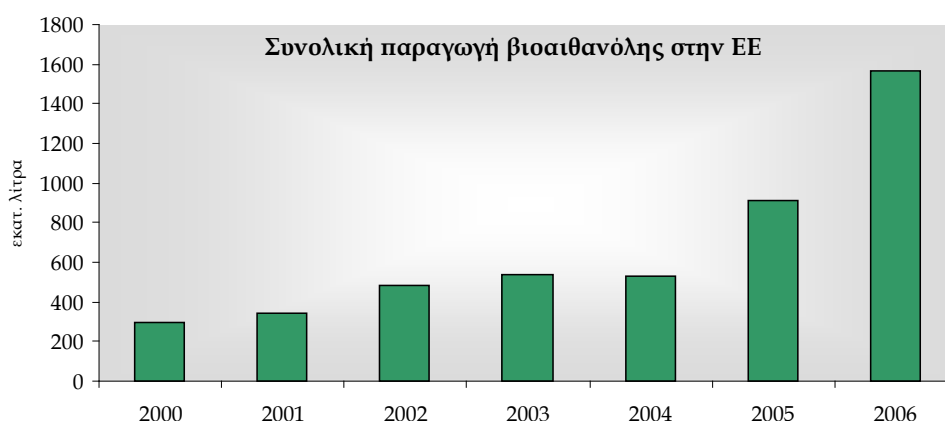


Το 2007, λειτούργησαν συνολικά 115 μονάδες βιοντίζελ και παράχθηκαν περισσότεροι από 8 εκατ. τόνοι βιοντίζελ. Η συνολική δυναμικότητα των μονάδων ανήλθε στους 10.2 εκατ. τόνους, θέτοντας τις βάσεις για την επίτευξη του στόχου του 2010 για το βιοντίζελ τουλάχιστον δύο χρόνια ενωρίτερα με την προϋπόθεση ότι θα επιτραπούν μίγματα βιοντίζελ 10 %, χωρίς ξεχωριστή σήμανση στα σημεία διάθεσης.

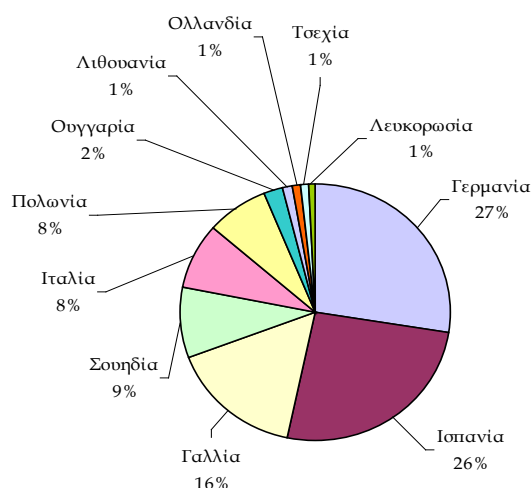


Η βιοαιθανόλη διαδραματίζει στη φάση αυτή δευτερεύοντα ρόλο στα βιοκαύσιμα της ΕΕ σε σύγκριση με το βιοντίζελ, καταλαμβάνοντας το 18.5% της συνολικής

παραγωγής βιοκαυσίμων το 2005. Το 2006 η παραγωγή βιοαιθανόλης στην ΕΕ έφθασε τα 1.6 δισεκατ λίτρα με κύριους παραγωγούς τη Γερμανία, Ισπανία και Γαλλία. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα σιτηρά (σιτάρι 32%, σίκαλη 15%, κριθάρι 7% και αραβόσιτο 2%), τα ζαχαρότευτλα (16%) καθώς και η αναβαθμισμένη αλκοόλη οίνου (22%). Για το 2010, η παραγωγή αναμένεται να φθάσει τα 6.7 δισεκατ λίτρα με πρώτες ύλες σιτηρά (71%, κύρια αύξηση του σίτου και του αραβόσιτου) και ζαχαρότευτλα (29%). Θα πρέπει να τονιστεί όμως ότι το 2007 η παραγωγή, από 13 συνολικά χώρες της ΕΕ, ανήλθε στα 1.77 δισεκατ λίτρα σημειώνοντας μικρή μόνο αύξηση (13,5%) σε σχέση με το 2006, λόγω των υψηλών τιμών των σιτηρών και των χαμηλών τιμών βιοαιθανόλης τρίτων χωρών. Από την συνολική κατανάλωση βιοαιθανόλης (2.7 δισεκατ λίτρα), το 37% προέρχεται από εισαγωγές και χρήση κυρίως στη Σουηδία, Αγγλία και Ολλανδία.



Εκτεταμένη έρευνα επίσης αφορά στις τεχνολογίες δεύτερης γενιάς με τις οποίες, όπως έχει αναφερθεί, μπορεί να αξιοποιηθούν κάθε μορφής λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς έχουν τη δυνατότητα κάλυψης ενός 12% περίπου των συνολικών αναγκών της ΕΕ σε καύσιμα για τις μεταφορές.



Κυριότερες χώρες παραγωγής βιοαιθανόλης στην ΕΕ το 2006

Εκτός από τα υγρά βιοκαύσιμα και τη χρήση στερεής βιομάζας, το βιοαέριο αποτελεί μεγεθυνόμενη αγορά στην ΕΕ. Η παραγωγή του το 2006 έφθασε τους 5.3 εκατ τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (13% αύξηση από το 2005).

5. Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Η πολιτική της ΕΕ για την προώθηση της βιοενέργειας και οι στρατηγικοί στόχοι όπως επίσης και το θεσμικό πλαίσιο για την επίτευξη τους αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Όπως είναι φυσικό, η πολιτική της χώρας μας στα θέματα αυτά εναρμονίζεται με την πολιτική της ΕΕ.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα

Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77 της ΕΕ, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ο ενδεικτικός στόχος της Ελλάδας για το 2010 είναι η κάλυψη ενός ποσοστού 20.1%. Σύμφωνα με το βασικό σενάριο του ΥΠΑΝ, όπως δημοσιεύθηκε το 2006, εκτιμάται ότι η βιομάζα θα καλύψει ένα ποσοστό 0.78% που αντιστοιχεί σε ολική εγκατεστημένη ισχύ 73 MW για παραγωγή ενέργειας ίση με 0.56 TWh. Λαμβάνοντας υπόψη την ήδη παραγόμενη ενέργεια από βιομάζα, η οποία βασίζεται σε εγκατεστημένη ισχύ 39 MW, η απαιτούμενη πρόσθετη ισχύς ανέρχεται σε 34 MW. Η ποσότητα αυτή και ακόμα πολύ μεγαλύτερη είναι τεχνικά δυνατόν να επιτευχθεί με την εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών και ταυτόχρονα την αξιοποίηση των ήδη υπαρχόντων υπολειμμάτων βιομάζας.

Παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η Οδηγία 2003/30/ΕΕ στόχευε στην αξιοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοκαυσίμων και την χρήση αυτών προς αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων στις μεταφορές. Οι ενδεικτικοί στόχοι που τέθηκαν από την Οδηγία ήταν η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα σε ποσοστό 2% και 5.75% για το 2005 και 2010 αντίστοιχα και 10% κατά το έτος 2020 (ποσοστά σε ενεργειακό περιεχόμενο).

Το εθνικό πρόγραμμα για τα βιοκαύσιμα μεταφορών αντικατοπτρίζεται στον σχετικό Νόμο 3423/13.12.2005 για την "*Εισαγωγή στην ελληνική αγορά των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων*". Με τον νόμο αυτό, η Ελλάδα εναρμόνισε την εθνική της νομοθεσία με την οδηγία για τα βιοκαύσιμα, και έθεσε το θεσμικό πλαίσιο για τη λειτουργία της αγοράς των βιοκαυσίμων στη χώρα μας. Συγκεκριμένα, ο νόμος όρισε τους τύπους βιοκαυσίμων και ταυτόχρονα: α) προέβλεψε την προοδευτική συμμετοχή τους έως 5,75% για το 2010, β) θέσπισε την άδεια διάθεσης βιοκαυσίμων και γ) κατάρτισε το πρόγραμμα κατανομής ποσοτήτων βιοντίζελ απαλλαγμένων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης που ανήλθαν σε 91.000 κ.μ. το 2006 και 114.000 κ.μ. το 2007. Για το 2008, θα κατανεμηθούν περί τα 120.000 κ.μ. Πρόσφατα, ρυθμίστηκαν νομοθετικά και όλα όσα αφορούν στη διάθεση βιοαιθανόλης στην αγορά, για χρήση στις μεταφορές.

Η εναρμόνιση με την προαναφερθείσα οδηγία αντιμετωπίστηκε σχεδόν καθολικά, όχι απλώς ως μια νομική αναγκαιότητα, αλλά ως μια σημαντική ευκαιρία που παρουσιάζεται για την στήριξη του αγροτικού μας τομέα καθώς και για την δημιουργία νέων επενδύσεων. Η πολλαπλά εκπεφρασμένη βούληση του Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων για υποστήριξη της εγχώριας παραγωγής βιομάζας επιτρέπει κάθε αισιοδοξία για το ξεπέρασμα των όποιων αναπόφευκτων δυσχερειών προκύψουν στην πορεία. Έτσι, θεσμοθετήθηκε η κατανομή των

ποσοτήτων βιοκαυσίμων κατά προτεραιότητα σε μονάδες παραγωγής που αξιοποιούν εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες μετά από σχετικά συμβόλαια με τους αγρότες, ενώ δίδεται και στους ίδιους τους αγρότες η δυνατότητα παραγωγής και εξασφαλισμένης διάθεσης βιοκαυσίμων. Επίσης, παρασχέθηκαν από το ΥΠΑΑΤ, ευνοϊκότεροι όροι για την έγκριση σχεδίων βελτίωσης που περιέχουν συμβολαιοποιημένες καλλιέργειες ενεργειακών φυτών, ενώ υπήρξε και πρόβλεψη για κατά προτεραιότητα έγκριση σχετικών επενδύσεων του πρωτογενή τομέα στη Δ' Προγραμματική Περίοδο.

Οι πιο πρόσφατες εξελίξεις σε νομοθετικό επίπεδο, αφορούν στην απόφαση κατάργησης από το 2008 του καθεστώτος φοροαπαλλαγής για τις κατανεμόμενες ποσότητες βιοντίζελ, μια απόφαση η οποία έτυχε δυσμενούς κριτικής από διάφορες πλευρές. Αυτό υπήρξε αποτέλεσμα του γεγονότος, στη φάση αυτή τουλάχιστον, η ανταγωνιστικότητα των βιοκαυσίμων υστερεί έναντι των συμβατικών και απαιτείται η στήριξή τους: στη Γερμανία, η απλή μείωση της απαλλαγής κατά 1% είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της παραγωγής βιοντίζελ και οδήγησε πολλές μονάδες σε αναστολή λειτουργίας, πώληση ή και εκποίηση.

Η σημαντικότερη εξέλιξη όμως υπήρξε, όπως αναφέρθηκε στο οικείο κεφάλαιο, η νέα πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στη ΕΕ, όπου ορίζεται πλέον ως υποχρεωτικός στόχος η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στα καύσιμα των μεταφορών κατά 10% με τις προϋποθέσεις που έχουν ήδη αναφερθεί. Με βάση και τη νέα αυτή οδηγία, οι ποσότητες βιοκαυσίμων που πρέπει να χρησιμοποιήσει η χώρα μας μέχρι 2020, μαζί με εκτίμηση των απαιτούμενων εκτάσεων ενεργειακών καλλιεργειών, φαίνονται παρακάτω.

Ποσότητες βιοκαυσίμων και απαιτούμενη έκταση παραδοσιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα

Α. Βιοντίζελ				
Έτος	Κατανάλωση ντίζελ¹ (τον)	Ποσοστό βιοντίζελ (%)	Ποσότητα βιοντίζελ (τον)	Έκταση² (στρ)
2008	2.208.000	4.5	112.000	1.180.000
2010	2.290.000	5.75	150.000	1.580.000
2020	2.700.000	10	307.000	3.232.000
Πραγματικά απαιτούμενη έκταση				
2020	2.700.000	10	307.000	1.616.000

Β. Βιοαιθανόλη				
Έτος	Κατανάλωση βενζίνης¹ (τον)	Ποσοστό βιοαιθανόλης (%)	Ποσότητα βιοαιθανόλης (τον)	Έκταση³ (στρ)
2008	3.985.000	4.5	291.000	797.000
2010	4.170.000	5.75	390.000	813.000
2020	5.000.000	10	810.000	2.056.000
Πραγματικά απαιτούμενη έκταση				
2020	5.000.000	10	810.000	1.028.000

¹ Εκτίμηση ΥΠ. ΑΝ.

² Για μέση απόδοση από ελαιούχα 240 χλγ/στρ ή 95 χλγ βιοντίζελ/στρ.

³ Για μέση απόδοση αραβόσιτου, γλυκού σόργου, ζαχαρότευτλου 365 χλγ/στρ.

Όπως φαίνεται στον πίνακα, η επίτευξη των στόχων του 2020 με αποκλειστική αξιοποίηση εγχώριων παραδοσιακών καλλιεργειών, θα απαιτούσε σημαντική συνολική έκταση. Σύμφωνα με τις παραδοχές της νέας πρότασης Οδηγίας της ΕΕ όμως, μόνο ένα 50% των βιοκαυσίμων μεταφορών αναμένεται να είναι πρώτης γενιάς, το 30% θα είναι βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς (από καλλιέργειες φυτών βιομάζας και από γεωργικά και δασικά κατάλοιπα) ενώ το υπόλοιπο 20% θα καλυφθεί από εισαγωγές. Οι εκτάσεις επομένως παραδοσιακών καλλιεργειών που πραγματικά θα απαιτηθούν για την παραγωγή βιοντίζελ θα είναι σχεδόν ίδιες με αυτές για το 2010, ενώ για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα είναι αυξημένες κατά 20% περίπου. Το μέγεθος των πρόσθετων εκτάσεων που θα απαιτηθεί για ενεργειακές καλλιέργειες φυτών βιομάζας για το 30% εκτιμάται περί τα 0.6-0,8 εκατ στρέμματα, ανάλογα με το φυτικό είδος και την αποδοτικότητα της τεχνολογίας μετατροπής.

Η εξέλιξη ενεργειακών καλλιεργειών-βιοκαυσίμων

Υπήρξε από την αρχή ένα υπερβολικά μεγάλο ενδιαφέρον για επενδύσεις σε μονάδες παραγωγής βιοντίζελ. Σήμερα λειτουργούν και παραδίδουν προϊόν 9 μονάδες συνολικής δυναμικότητας παραγωγής μεγαλύτερης από 600.000 τόνους (4πλάσιας του στόχου για το 2010), ενώ κατά καιρούς ανακοινώνεται και η πρόθεση δημιουργίας πρόσθετων μονάδων. Οι μονάδες βιοντίζελ εισάγουν και αξιοποιούν κυρίως, σογιέλαιο, φοινικέλαιο και κραιβέλαιο.

Όσον αφορά στην παραγωγή ελαιούχων φυτών, ο ηλιανθος καλλιεργήθηκε στην περιοχή του Έβρου σε έκταση 45.000, 102.000, και 111.000 στρεμμάτων το 2005, 2006 και 2007 αντίστοιχα. Σχεδόν όλη η καλλιέργεια έγινε ξηρικά και σε χαμηλής γονιμότητας αγρούς. Η συμβολαιακή γεωργία ξεκίνησε το 2007 και μάλιστα σε ποσοστό 90%. Τον ίδιο χρόνο καλλιεργήθηκαν και 6400 στρέμματα ελαιοκράμβης, 3.800 στρέμματα αγριαγκινάρας ενώ απορροφήθηκαν και 250.000 τόνοι περίπου βαμβακόσπορου για τη παραγωγή βιοντίζελ. Τέλος, για την παραγωγή του 2008 έχουν σπαρθεί περί τα 14.000 στρέμματα ελαιοκράμβης ενώ έχουν υπογραφεί ήδη συμβάσεις για 100.00 περίπου στρέμματα ηλιανθου. Όπως γίνεται φανερό, μικρό μόνο ποσοστό του βιοντίζελ προέρχεται μέχρι τώρα από εγχώριες καλλιέργειες.

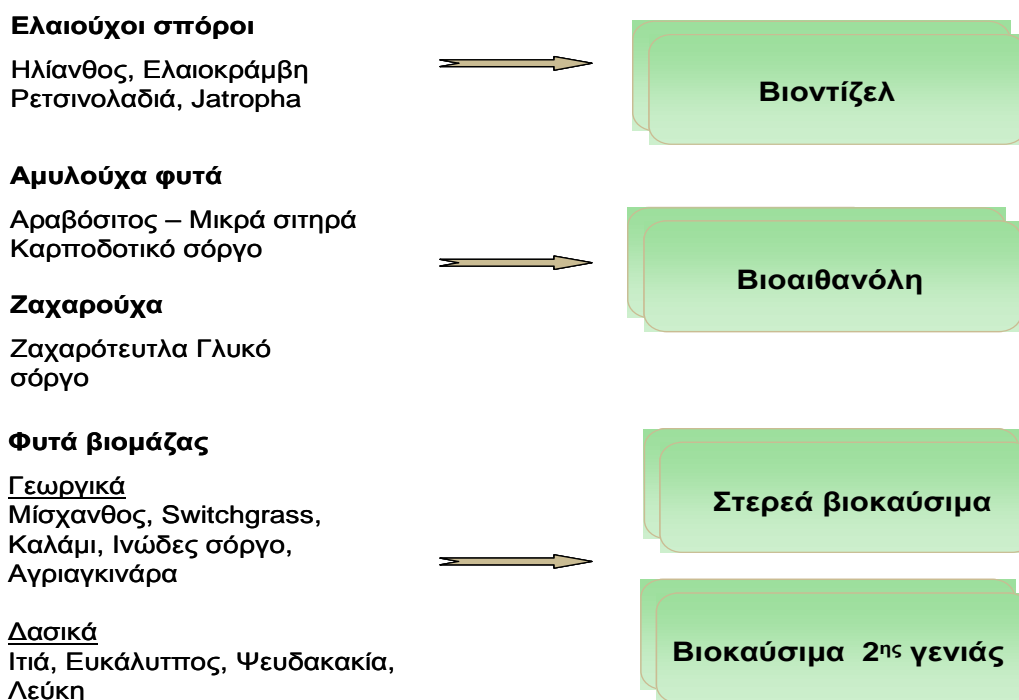
Συνοπτικά, λόγω της μη παραγωγής μέχρι τώρα βιοαιθανόλης στη χώρα μας, το 2006 καλύψαμε με βιοντίζελ το 0.6% του συνόλου των καυσίμων κίνησης έναντι στόχου 2%, το 2007 το 1.5% έναντι στόχου 3% και το 2008 αναμένεται να καλύψουμε πάλι περί το 1.53% έναντι στόχου 4%.

Η σχετική σημασία της βιοαιθανόλης πρόκειται, όπως συμβαίνει ήδη διεθνώς, να καταστεί σημαντική και στη χώρα μας. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι τα διυλιστήρια έχουν ζητήσει 300 εκατ. λίτρα για το 2009, ενώ η ποσότητα στόχος για το 2010 είναι 480 εκατ. λίτρα. Με βάση δε τους νέους στόχους της ΕΕ για το 2020, είναι προφανής η επιτακτική ανάγκη καταβολής κάθε προσπάθειας για την παραγωγή των ποσοτήτων αυτών, στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, από εγχώριες πρώτες ύλες. Το μοναδικό επενδυτικό ενδιαφέρον μέχρι σήμερα προήλθε από την ΕΒΖ, που έχει ανακοινώσει την πρόθεσή της για μετατροπής των ζαχαρουργείων της Λάρισας και της Ξάνθης σε μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης ετήσιας συνολικής δυναμικότητας 330.000 κ.μ. Εάν ευωδοθεί η προσπάθεια αυτή, οι μονάδες πιθανόν να λειτουργήσουν την περίοδο 2010-11 με προβλόμενη, σε πρώτη φάση τουλάχιστον, αξιοποίηση αραβόσιτου, ζαχαροτεύλων και μελάσας ως πρώτων υλών.



6. Τεχνικές παραγωγής - Προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών

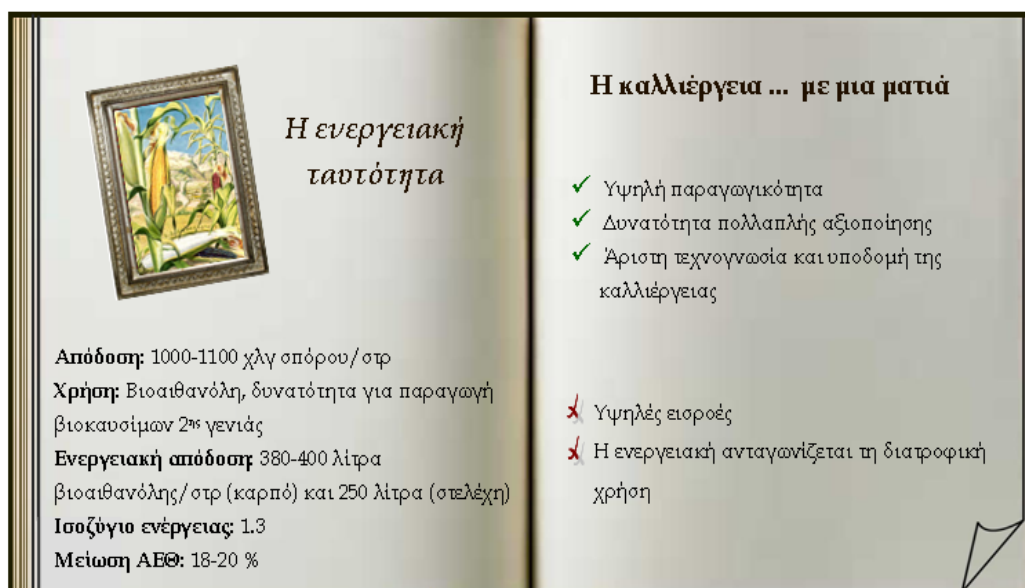
Το πρώτο μέρος του εγχειριδίου εστιάστηκε σε γενικές πληροφορίες που αφορούν στη νομοθεσία, τις μεθόδους μετατροπής της βιομάζας καθώς και στην εξέλιξη της παραγωγής βιοκαυσίμων από ενεργειακές καλλιέργειες στην Ευρώπη και στη χώρα μας. Το δεύτερο μέρος που ακολουθεί επικεντρώνεται στις καλλιεργητικές τεχνικές για τα φυτά που εξετάζονται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Για τις παραδοσιακές καλλιέργειες των σιτηρών, του τεύτλου και του ηλίανθου όπως είναι φυσικό υπάρχει άριστη τεχνογνωσία παραγωγής, η νέα όμως θεώρησή τους αφορά στην ενεργειακή τους αξιοποίηση. Για την ελαιοκράμβη υπάρχουν περιορισμένα καλλιεργητικά δεδομένα ενώ για το γλυκό σόργο, όπως και για την ελαιοκράμβη, υπάρχουν δεδομένα από εκτεταμένο πειραματισμό διαφόρων φορέων (ΑΕΙ, ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε ΚΑΠΕ και ΕΒΖ). Για τα φυτά βιομάζας, υφίσταται εμπειρία σε πειραματικό μόνο επίπεδο, η οποία προέρχεται για τη χώρα μας αποκλειστικά σχεδόν από το ΚΑΠΕ. Η Jatropha και η Ρετινολαδιά παρουσιάζονται γιατί υφίσταται έντονο ενδιαφέρον αξιοποίησής τους για παραγωγή βιοντίζελ σε τρίτες χώρες και ενδεχομένως στο μέλλον να απασχολήσουν και τη χώρα μας. Παρουσιάζουν ενδιαφέρον επίσης διότι, παρά την συμβατική μέθοδο παραγωγής του, το βιοντίζελ από τα μη εδώδιμα λάδια των φυτών αυτών μπορεί να χαρακτηριστεί ως δεύτερης γενιάς εφόσον δεν ανταγωνίζεται τη διατροφική χρήση.

Αμυλούχα φυτά





Γενικά

Ο αραβόσιτος είναι ένα C4 ανοιξιάτικο κτηνοτροφικό σιτηρό που ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών (*Poaceae*) και κατάγεται από την Αμερική. Τα πιθανότερα κέντρα καταγωγής είναι η Κεντρική Αμερική και το Μεξικό, όπου απαντάται σε μεγάλη ποικιλία τύπων μαζί με άλλα συγγενή είδη (*Euchlaena* και *Tripsacum*). Η καλλιέργεια του αραβόσιτου παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση (μεταξύ 58^ο ΒΠ και 40^ο ΝΠ). Στην Ελλάδα η καλλιέργεια καταλαμβάνει έκταση περίπου 2.000.000 στρ, με μέση απόδοση 1000-1100 χλγ/στρ και κύριες περιοχές παραγωγής τη Μακεδονία, Θράκη και Ήπειρο.

Ο αραβόσιτος καλλιεργείται για τον καρπό του που προορίζεται παραδοσιακά για τη διατροφή ζώων αλλά και για άμεση κατανάλωση. Άλλες χρήσεις του καρπού περιλαμβάνουν την εξαγωγή βρώσιμου ελαίου, την παρασκευή αλεύρου για την αρτοποιία και τη ζαχαροπλαστική, καθώς και την αξιοποίηση του αμύλου για παραγωγή αλκοολούχων ποτών και γλυκαντικών (σιρόπια φρουκτόζης). Διάφορα συστατικά του καρπού αξιοποιούνται επίσης στη βιομηχανία για την παραγωγή καλλυντικών σκευασμάτων, φαρμάκων, βιοαποικοδομούμενων υλικών, πλαστικών, καθώς και στη σαπωνοποιία και χαρτοβιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια αραβόσιτου αποτελεί τη σημαντικότερη μετά το ζαχαροκάλαμο πρώτη ύλη παραγωγής βιοαιθανόλης, κυρίως στις ΗΠΑ.

Προσαρμοστικότητα

Λόγω της μεγάλης του προσαρμοστικότητας και ποικιλομορφίας, ο αραβόσιτος καλλιεργείται σε μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών και εδαφικών τύπων, αλλά ως τροπικής προέλευσης φυτό προτιμά τα θερμά κλίματα. Η βλάστηση του σπόρου απαιτεί θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 10 °C, ενώ η ανάπτυξη επιταχύνεται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 24-30 και 14-15°C για την ημέρα και νύχτα, αντίστοιχα. Η ανάπτυξη του αραβόσιτου απαιτεί άφθονη ηλιοφάνεια. Οι μεγάλες

ημέρες επιμηκώνουν την περίοδο βλάστησης ενώ αντίθετα, ημέρες μικρού μήκους επιταχύνουν την άνθιση και περιορίζουν τη βλαστική ανάπτυξη.

Είναι φυτό απαιτητικό σε υγρασία καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του και κυρίως κατά την έκπτυξη των αρσενικών ταξιανθιών. Η καλλιέργεια του εντοπίζεται κυρίως σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση 400-800 χιλ, ενώ σε περιοχές με χαμηλή ή καθόλου βροχόπτωση η επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων πραγματοποιείται μόνο με την εφαρμογή άρδευσης. Ο αραβόσιτος αναπτύσσεται καλά σε γόνιμα, πλούσια και επαρκώς στραγγιζόμενα εδάφη. Τα πλέον κατάλληλα για την καλλιέργεια του αραβόσιτου είναι τα πηλώδη και ιλυοπηλώδη εδάφη.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα του αραβόσιτου είναι θυσσανώδες και φέρει φτωχές διακλαδώσεις. Αποτελείται από τις εμβρυακές ρίζες που διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς, τις μόνιμες που συνιστούν την κύρια μάζα του ριζικού συστήματος, και τις εναέριες που εκφύονται από τους 2-3 πρώτους κόμβους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Το κυρίως ριζικό σύστημα εισχωρεί σε βάθος 75 εκατ με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στα επιφανειακά στρώματα, ενώ οι εμβρυακές ρίζες μπορεί να φθάσουν και σε βάθος 1.5 μ.

Το στέλεχος είναι κάλαμος συμπαγής, κυλινδρικός, με ύψος που κυμαίνεται μεταξύ 60 εκατ και 4 μ. Το στέλεχος φέρει γόνατα λεία από τα οποία εκφύεται ένας οφθαλμός. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους συνήθως αδερφώνουν, ενώ αντίθετα οι ανώτεροι σχηματίζουν άνθη και συχνά εξελίσσονται σε σπάδικες. Τα φύλλα είναι χωρίς ωτία, με πεπλατυσμένα ελάσματα που φέρουν ανεπτυγμένο κεντρικό νεύρο και δυσδιάκριτες κάθετες νευρώσεις. Τα φύλλα αποτελούνται από κολεό, έλασμα και γλωσσίδα και εκφύονται κατ' εναλλαγή, ένα σε κάθε κόμβο ενώ ο αριθμός τους εξαρτάται από την πρωιμότητα του υβριδίου. Συνήθως οι πρώιμες ποικιλίες έχουν 9-10, οι μεσοπρώιμες 11-14 και οι όψιμες μέχρι και 25 φύλλα.

Ο αραβόσιτος είναι κλασσικό σταυρογονιμοποιούμενο (93-97%) φυτό. Είναι μόνικο, δίκλινο φυτό, με την αρσενική ταξιανθία να βρίσκεται στην κορυφή του φυτού και τη θηλυκή στη μέση του στελέχους. Η θηλυκή ταξιανθία είναι σπάδικας και η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη και εκφύεται από το στέλεχος. Ο κεντρικός άξονας των ταξιανθιών φέρει. Ο καρπός είναι καρύοψη και αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Βάση της υφής του, το ενδοσπέρμιο διακρίνεται σε υαλώδες και αλευρώδες.



Αρσενική και θηλυκή ταξιανθία, σπάδικας κατά το γέμισμα και ώριμος σπάδικας.

Ο βιολογικός κύκλος του αραβόσιτου δεν διαφέρει από αυτόν των άλλων σιτηρών. Η εκτίμηση της πρωιμότητας, ιδιαίτερα σημαντική για την αξιοποίηση των διάφορων ποικιλιών, πραγματοποιείται είτε με τον αριθμό ημερών μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση είτε με το δείκτη FAO. Κατά τον πρώτο τρόπο υπολογίζεται ο ελάχιστος αριθμός ημερών που παραμένει το φυτό στον αγρό, ενώ ο δείκτης FAO λαμβάνει υπόψη το βιολογικό κύκλο του φυτού από την σπορά έως την άνθιση. Ένας τρίτος τρόπος εκτίμησης της πρωιμότητας είναι το άθροισμα των θερμικών μονάδων ημέρας (ΘΜΗ).



Νεαρή φυτεία, βλαστικό και αναπαραγωγικό στάδιο αραβοσίτου.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Ο αραβόσιτος ($2n = 20$) περιλαμβάνει 6 τύπους, οι οποίοι διακρίνονται με βάση το σχήμα του σπόρου και τα χαρακτηριστικά του ενδοσπερμίου. Ο βασικός τύπος που χρησιμοποιείται και για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο οδοντωτός (dent corn- *Zea mays* var. *indentata*): ο σπόρος χαρακτηρίζεται από την κοιλότητα στην κορυφή του και το περιφερειακά σκληρό αλλά κατά το μεγαλύτερο ποσοστό μαλακό, ενδοσπέρμιό του. Είναι ο πλέον παραγωγικός και περισσότερο χρησιμοποιούμενος τύπος στον οποίο ανήκουν τα καλλιεργούμενα απλά υβρίδια. Τύποι για άλλες χρήσεις είναι οι α) σκληρόκοκκος (flint corn- *Zea mays* var. *indurata*), β) γλυκός (sweet corn- *Zea mays* var. *saccharata* και *Zea mays* var. *Rugosa*), γ) μικρόκοκκος (pop corn- *Zea mays* var. *everta*), δ) αλευρώδης (soft ή flour corn- *Zea mays* var. *amylacea*) και ε) κηρώδης (waxy corn- *Zea mays* var. *ceratina*).

Υπάρχει πληθώρα υβριδίων αραβοσίτου στην Ελληνική αγορά, με διάφορα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν ανάλογα με την περιοχή, τις ασθένειες, την πρωιμότητα κλπ. Η μεγάλη πλειονότητα των καλλιεργούμενων υβριδίων είναι προϊόντα των γνωστών πολυεθνικών σποροπαραγωγικών οίκων, ενώ υπάρχει και ένας μικρός αριθμός ποικιλιών εγχώριων βελτιωτικών προγραμμάτων.

Ιδιαίτερα για την μεγιστοποίηση της παραγωγής βιοαιθανόλης, όλες οι προαναφερθείσες πολυεθνικές εταιρίες έχουν ήδη προωθήσει στην αγορά υβρίδια υψηλών ολικών ζυμώσιμων (HTF) που αποδίδουν μεγαλύτερη ποσότητα ζυμώσιμου αμύλου. Τέτοια υβρίδια δοκιμάζονται ήδη στη χώρα μας από το ΓΠΑ.

Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά συστήνεται σε καλλιέργειες όπου υπάρχουν εκτεταμένες απώλειες από εχθρούς ή/και ασθένειες ή όταν δεν ακολουθείται η εφαρμογή κατάλληλης

λίπανσης, οπότε η εναλλαγή πχ. με ψυχανθές μπορεί να βελτιώσει τη δομή και τη σύσταση του εδάφους. Κατάλληλα συστήματα αμειψισποράς περιλαμβάνουν την εναλλαγή αραβόσιτος-χειμερινό σιτηρό, βαμβάκι-αραβόσιτος-ψυχανθές, αραβόσιτος-σιτάρι-ψυχανθές-κριθάρι, κλπ. Επίσης, ο αραβόσιτος μπορεί να συγκαλλιεργηθεί με άλλα είδη ή να καλλιεργηθεί ως επίσπορη καλλιέργεια εφόσον χρησιμοποιούνται υβρίδια μικρού βιολογικού κύκλου (έως και 450 FAO) και εξασφαλισθεί η καλλιέργεια από τις προσβολές της σεσάμια και της πυραλίδας.

Προετοιμασία αγρού

Κατά τη φθινοπωρινή περίοδο, συστήνεται όργωμα σε μέτριο βάθος που εξυπηρετεί στη βελτίωση της υγρασίας και αερισμού του εδάφους καθώς και στην καταπολέμηση των χειμερινών ζιζανίων. Κατά το τέλος του χειμώνα ή την αρχή της άνοιξης πραγματοποιείται ελαφρά κατεργασία με εδαφοκαλλιεργητή για τη δημιουργία σποροκλίνης με κατάλληλη δομή για την εξασφάλιση γρήγορου και ομοιόμορφου φυτρώματος, τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και την καταπολέμηση των ανοιξιάτικων ζιζανίων.

Σπορά

Η σπορά πραγματοποιείται την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι μεγαλύτερη από 10 °C. Στη χώρα μας, η σπορά γίνεται κατά την περίοδο από τέλη Μαρτίου με τέλη Απριλίου και ως επίσπορη καλλιέργεια ο αραβόσιτος σπέρνεται τους μήνες Ιούνιο ή Ιούλιο. Γενικά, συστήνεται πρόωπη σπορά για την αποφυγή καταστροφής των σπορόφυτων από τις ξηροθερμικές συνθήκες του καλοκαιριού.

Η σπορά γίνεται με πνευματικές μηχανές γραμμικά σε αποστάσεις 75 και 20 εκατ μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής, αντίστοιχα. Το βάθος σποράς εξαρτάται από τη θερμοκρασία, υγρασία και σύσταση του εδάφους. Συνήθως η σπορά γίνεται σε βάθος 3-5 εκατ αλλά σε ξηρά εδάφη μπορεί να φθάσει τα 5-7 εκατ. Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου είναι 2-3 χλγ/στρ, ανάλογα με την επιθυμητή πυκνότητα της καλλιέργειας και το βάρος 1000 σπόρων. Η πυκνότητα σποράς εξαρτάται κυρίως από το βιολογικό κύκλο του υβριδίου, τη γονιμότητα του εδάφους και την επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Έτσι, σύμφωνα με στοιχεία του Ινστιτούτου Σιτηρών, ο αριθμός φυτών ανά στρέμμα κυμαίνεται μεταξύ 6500-7500 (FAO: 700-800), 7500-8000 (FAO: 500-650) και 8000-9000 (FAO: <450).

Ζιζανιοκτονία

Ο αραβόσιτος είναι ευαίσθητος στον ανταγωνισμό από ζιζάνια κυρίως τις πρώτες 3-5 εβδομάδες μετά την εμφάνιση των σπορόφυτων. Οι σοβαρότερες απώλειες προκαλούνται από αγρωστώδη όπως το αιματόχορτο (*Digitaria sanguinalis*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*) και η σετάρια (*Setaria viridis*). Από τα πλατύφυλλα ζιζάνια τα περισσότερο επιβλαβή για την καλλιέργεια είναι η αγριοβαμβάκιά (*Abutilon theophrasti*), το ξάνθιο (*Xanthium strumarium*), η αγριομελιτζάνα (*Solanum nigrum*), το βλήτο (*Amaranthus retroflexus*), η λουβουδιά (*Chenopodium album*) και ο τάτουλας (*Datura stramonium*).

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων βασίζεται σε ζιζανιοκτόνα, καλλιεργητικές πρακτικές ή και συνδυασμό τους. Η χημική καταπολέμηση είναι απαραίτητη όταν υπάρχουν δυσεξόντωτα, σε μεγάλο πληθυσμό ζιζάνια. Κατάλληλα ζιζανιοκτόνα είναι αυτά της οικογένειας των χλωροτριάζινών, οξυακεταμιδίων και χλωροακεταμιδίων που εφαρμόζονται προσπαρτικά με ενσωμάτωση, και των διπυριλιδίων, φαινοξυαλκανοϊκών και χλωροτριάζινών που εφαρμόζονται προφυτρωτικά ή

μεταφυτρωτικά. Οι καλλιεργητικές πρακτικές που μπορεί να συμβάλλουν στην καταπολέμηση των ζιζανίων αφορούν κυρίως στην κατάλληλη προετοιμασία εδάφους, στην επιλογή κατάλληλου υβριδίου και πυκνότητας φύτευσης, στη σωστή άρδευση και λίπανση και στην εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς.

Λίπανση

Οι σύγχρονες ποικιλίες-υβρίδια αραβοσίτου χαρακτηρίζονται από υψηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία. Οι ανάγκες της καλλιέργειας εξαρτώνται από την πρωιμότητα της ποικιλίας και είναι υψηλότερες για τα υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου. Ο ρυθμός πρόσληψης είναι βραδύς κατά το βλαστικό στάδιο, τις πρώτες 35-40 ημέρες, και επιταχύνεται κατά το μικτό και αναπαραγωγικό στάδιο, περίπου 90-100 ημέρες μετά την σπορά.

Οι ανάγκες του φυτού σε άζωτο και φώσφορο είναι υψηλές σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου και ιδιαίτερα κατά το στάδιο της άνθισης και ωρίμανσης, ενώ αντίθετα οι απαιτήσεις σε μαγγάνιο, ψευδάργυρο, σίδηρο, βόριο και χαλκό είναι σημαντικά μειωμένες. Η έλλειψη αζώτου προκαλεί μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και καχεξία, η ανεπάρκεια σε φώσφορο μειώνει τον αριθμό σπόρων και το μέγεθος του σπάδικα, ενώ η έλλειψη καλίου προκαλεί νανισμό και ευπάθεια στο πλάγιασμα. Η συνήθης βασική λίπανση περιλαμβάνει 10-15 μονάδες αζώτου, 5-6 μονάδες φωσφόρου και 10-20 μονάδες καλίου ενώ δίδονται και επιφανειακά 13-15 μονάδες αζώτου όταν τα φυτά έχουν ύψος 50-60 εκατ.

Άρδευση

Οι απαιτήσεις του αραβοσίτου σε νερό είναι αυξημένες συγκριτικά με άλλα σιτηρά και κυμαίνονται μεταξύ 400 και 800 χιλ στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, οι ανάγκες σε νερό είναι σχετικά χαμηλές και συνήθως αποφεύγεται η άρδευση έτσι ώστε να αναγκαστεί το φυτό να αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα για την αποτελεσματική χρήση της εδαφικής υγρασίας και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου πλαγιάσματος. Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις του φυτού σε νερό παρουσιάζονται πριν και κατά την περίοδο της άνθισης έως και το πέρας της φυσιολογικής ωρίμανσης του φυτού.

Στην Ελλάδα, όπου οι ετήσιες βροχοπτώσεις αποδίδουν περίπου 250 χιλ νερού, απαιτείται η εφαρμογή 150-550 χιλ νερού άρδευσης κατανεμημένου με τρόπο που να καλύπτονται οι ανάγκες του φυτού στα επιμέρους στάδια ανάπτυξης. Κατά κανόνα και εφόσον υπάρχει διαθέσιμο νερό τα φυτά θα πρέπει να αρδεύονται πριν εκδηλωθούν συμπτώματα μαρασμού. Όταν το νερό άρδευσης είναι περιορισμένο συνιστώνται τρεις αρδεύσεις και εφαρμόζονται 15 περίπου ημέρες πριν το ξεστάχυσμα, κατά το ξεστάχυσμα και 15 ημέρες μετά το ξεστάχυσμα. Στη χώρα μας, η εφαρμογή άρδευσης πραγματοποιείται με καταιονισμό, αυλάκια, ή με σταγόνες.

Φυτοπροστασία

Η καλλιέργεια του αραβοσίτου πλήττεται από πλήθος μυκήτων που προσβάλλουν είτε τα νεαρά φύλλα και στελέχη είτε τις ρίζες του φυτού. Οι κυριότερες ασθένειες που προσβάλλουν το υπέργειο μέρος των φυτών είναι οι ελμινθοσποριάσεις (*Helminthosporium* spp), οι σκωριάσεις (*Puccinia sorghi*), οι ανθρακώσεις (*Ustilago maydis*-κοινός άνθρακας και *Sphacelotheca reiliana* ή *Sporisorium reilianum*-άνθρακας των ταξιανθιών), το φουζάριο (*Fusarium* spp.), και η ριζοκτονίαση (*Rhizoctonia*) κ.α. Η καταπολέμησή τους πραγματοποιείται με τη χρήση υγιούς, απολυμασμένου με

κατάλληλα μυκητοκτόνα (σκευάσματα της οικογένειας των αιθυλενοδιθειοκαρβαμιδικών, διθειοκαρβαμιδικών κ.α.) σπόρου, τη χρήση ανθεκτικών υβριδίων, την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς και την εκρίζωση και καταστροφή των μολυσμένων φυτών-εθελοντών. Σημαντικές για την καλλιέργεια του αραβοσίτου είναι οι ασθένειες που προκαλούν σάπισμα των ριζών και του στελέχους (*Diplodia zeae*) και σάπισμα των σπαδικών (*Diplodia zeae*, *Gibberella zeae*, *Nigrospora oryzae*, *Phyosalospora zea*). Για την καταπολέμηση τους συστήνεται η εφαρμογή μυκητοκτόνων της οικογένειας των κινονών με παράλληλη χρήση ανθεκτικών υβριδίων και συστημάτων αμειψισποράς.

Οι σημαντικότερες ιολογικές ασθένειες που προσβάλλουν την καλλιέργεια του αραβοσίτου στη χώρα μας, είναι ο ιός *Maize Dwarf Mosaic Virus* ή MDMV, και ο ιός *Maize Rough Dwarf Virus* ή MRMV. Η καταπολέμηση τους πραγματοποιείται με την εξόντωση των φυτών ξενιστών (π.χ. *Sorghum halepense*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*), και των εντόμων φορέων (*Homoptera*) σε συνδυασμό με όψιμη σπορά.

Τα σημαντικότερα από τα έντομα που πλήττουν το υπέργειο μέρος του φυτού είναι το πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera*), η πυραλίδα (*Ostrinia (Pyrausta) nubilalis*), η σεσάμια (*Sesamia monagrioides* και *Sesamia cretica*) και οι αφίδες των φύλλων (*Aphis maydis*). Η καταπολέμησή τους πραγματοποιείται είτε χημικά είτε με τη χρησιμοποίηση ανθεκτικών υβριδίων, φθινοπωρινών αρόσεων και την καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας. Από τα έντομα που προσβάλλουν τα υπόγεια μέρη του φυτού σημαντικότερα είναι τα κολεόπτερα διαφόρων γενών της οικογένειας *Elateridae*, κυρίως οι σιδεροσκώληκες (*Agriotes* και *Melanotus*), οι αγρότιδες (οικ. *Noctuidae*) και ιδιαίτερα η караφατμέ (*Agrostis segetum*), η υλέμυα (*Delia (Phorbia) platura* ή *Hylemia cilicrura*), οι ασπροσκώληκες (οικ. *Searabaeidae*) και οι αφίδες των ριζών (*Anuraphis maydiradicis*). Ο έλεγχος των συγκεκριμένων εντόμων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή εντομοκτόνων της οικογένειας των οργανοφωσφορικών (προφυτρωτικά με ενσωμάτωση) ή της οικογένειας των πυρεθρινοειδών, καρβαμιδικών κλπ (μεταφυτρωτικά με ψεκασμούς φυλλώματος) σε συνδυασμό με καλλιεργητικές τεχνικές που περιλαμβάνουν καλοκαιρινές αρόσεις και αμειψισπορά. Τα κυριότερα αποθηκευτικά έντομα είναι ο σκόρος του σιταριού (*Tinea granella*), η εφέστια (*Ephestia kuhniella*), η πλόντια (*Plodia interpunctella*), η ψείρα του σιταριού και ρυζιού (*Calandra granaria* και *C. Granagia*) και το μαύρο σκαθάρι του σιταριού (*Tenebrioides mauritanicus*). Η καταπολέμηση γίνεται κυρίως με οργανοφωσφορικά σκευάσματα.

Συγκομιδή

Ο αραβόσιτος συγκομίζεται όταν το ποσοστό υγρασίας των σπόρων είναι μεταξύ 14 και 30%. Περαιτέρω επιμήκυνση της περιόδου συγκομιδής δεν επιδρά στις αποδόσεις αλλά συμβάλλει στη φυσιολογική ξήρανση του κόκκου υπό φυσικές συνθήκες. Μακροσκοπικά το στάδιο της ωριμότητας του αραβοσίτου συμπίπτει με το κιτρίνισμα των φύλλων και την σταδιακή ξήρανση των βράκτιων φύλλων. Εάν είναι αδύνατη η φυσική μείωση της υγρασίας, το καλαμπόκι συγκομίζεται με υψηλότερη υγρασία και οδηγείται σε ξηραντήρια ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο με παράλληλη όμως αύξηση του κόστους παραγωγής.

Η συγκομιδή του αραβοσίτου πραγματοποιείται α) με συλλεκτικές μηχανές σπαδικών, που συγκομίζουν τους σπάδικες από δύο ή περισσότερες γραμμές ταυτόχρονα και ακολούθως αυτοί αφήνονται για φυσική ξήρανση ή β) με

θεριζοαλωνιστικές μηχανές που κατά τη συγκομιδή αφαιρούν τα βράκτια και δίνουν απευθείας τον σπόρο.



Συγκομιδή αραβοσίτου.

Αποθήκευση


Κατά την αποθήκευση, η υγρασία του σπόρου θα πρέπει να είναι μικρότερη του 14%. Εάν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί όταν η υγρασία του καρπού είναι υψηλότερη συστήνεται ξήρανση με φυσικά ή τεχνητά μέσα. Η ξήρανση πραγματοποιείται σε ειδικά ξηραντήρια που λειτουργούν είτε με τη δίοδο ρεύματος αέρα ή με διακοπτόμενη ξήρανση και εξαερισμό. Η αποθήκευση του αραβοσίτου πραγματοποιείται σε κατάλληλα σιλό.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Η μέση απόδοση του αραβοσίτου στη χώρα μας είναι περί τα 1000-1100 χλγ/στρ ενώ το εύρος αποδόσεων που έχει σημειωθεί κυμαίνεται από 600 έως και 1700 χλγ/στρ. Συνήθως, η απομένουσα φυτική μάζα (στελέχη) έχει το ίδιο βάρος με αυτό του συγκομιζόμενου καρπού. Με βάση την απόδοση σε καρπό, και με δεδομένο ότι από 1 χλγ καρπού σιτηρών παράγονται 0.39 λίτρα βιοαιθανόλης (δεδομένα από σύγχρονη βιομηχανική μονάδα), από ένα στρέμμα αραβοσίτου μπορούν να παραχθούν περί τα 380-400 λίτρα βιοαιθανόλης. Όμως, το ενεργειακό ισοζύγιο της παραγωγής είναι ιδιαίτερα μικρό (1.3) ενώ και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με τη βενζίνη, είναι επίσης μικρή (περί το 18-20%). Παράγονται επίσης 350 χλγ υψηλής προστιθέμενης αξίας ζωοτροφή (DDGS).

Εάν αξιοποιηθούν τα λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα της συγκομιδής για παραγωγή βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς, τότε προστίθενται περί τα 250 λίτρα στη στρεμματική απόδοση που έτσι φθάνει τα 630-650 λίτρα βιοαιθανόλης. Επειδή το ενεργειακό ισοζύγιο για λιγνοκυτταρινούχα βιοαιθανόλη είναι τουλάχιστον 5-6 και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου περίπου 70-80 % είναι εμφανές ότι εκτός από την αύξηση της απόδοσης, υπάρχει σημαντική συνολική βελτίωση των περιβαλλοντικών ιδιοτήτων της βιοαιθανόλης. Βεβαίως στην πράξη, για λόγους διατήρησης των ιδιοτήτων του εδάφους, θα αφαιρείται μόνο το 30 % των υπολειμμάτων με αντίστοιχη μείωση των προστιθέμενων ωφελειών.

Καρποδοτικό σόργο - *Sorghum bicolor*



Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 900 χλγ σπόρου/στρ, 1-1.2 τον ξ.ο. στελ/στρ
Χρήση: Βιοαιθανόλη, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 300-340 λίτρα βιοαιθανόλης/στρ (καρπό) & 280-300 λίτρα (στελέχη)
Ισοζύγιο ενέργειας: 1.2-1.4
Μείωση AEE: 15-20 %

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Χαμηλότερες εισροές σε σχέση με τον αραβόσιτο
- ✓ Ανθεκτικότητα στην ξηρασία
- ✓ Τεχνητή καλλιέργειας όμοια με του αραβόσιτου
- ✓ Ευχερής ενσωμάτωση σε συστήματα αμειψιοπορίας
- ✓ Διπλή χρήση (βιοαιθανόλη, ζωοτροφή)
- ✗ Χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τον αραβόσιτο
- ✗ Καταπολέμηση συγκεκριμένων ζιζανίων (βέλιουρας)
- ✗ Σχετικά "άγνωστο" προϊόν

Γενικά

Το σόργο είναι ένα C4 φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae* και αποτελεί το πέμπτο σε διάδοση σιτηρό στον κόσμο, καλλιεργούμενο σε πολλές χώρες της Αφρικής, Ασίας, Ωκεανίας και Αμερικής. Η σημαντικότερη παραγωγή του πραγματοποιείται στις ΗΠΑ, Ινδία, Νιγηρία, Κίνα, Μεξικό, Σουδάν και Αργεντινή. Στην Ευρώπη οι καλλιεργούμενες εκτάσεις σόργου ανέρχονται σε 2 εκατ στρ περίπου με ιδιαίτερα μεγάλες διακυμάνσεις στις αποδόσεις λόγω διαφορετικών καλλιεργητικών πρακτικών αλλά και μη επαρκών στατιστικών στοιχείων. Στη χώρα μας, το σόργο (σαρωθροποιίας) καταλάμβανε παλαιότερα μικρές εκτάσεις στον Έβρο.

Από πλευράς θρεπτικής αξίας, ο καρπός του σόργου είναι ουσιαστικά ισοδύναμος με αυτόν του καλαμποκιού και αποτέλεσε παραδοσιακά βασική τροφή στις πτωχές χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Την τελευταία δεκαετία όμως απέκτησε αυξανόμενη σπουδαιότητα ως νωπή και ξηρή ζωοτροφή. Πρόσφατα, εξελίσσεται σε σημαντική πηγή για παραγωγή βιοαιθανόλης από τον καρπό του, ιδιαίτερα στις ΗΠΑ όπου χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τον αραβόσιτο.

Ανάλογα με τη χρήση τους τα σόργα διακρίνονται σε καρποδοτικά, χορτοδοτικά και ενδιάμεσους τύπους. Ο πιο διαδεδομένος καλλιεργούμενος τύπος σόργου είναι το καρποδοτικό σόργο που με βάση τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του διακρίνεται στους τύπους: *Kafir*, *Milo*, *Feterita*, *Durra*, *Sballu*, *Koaliang* και *Hegari*.

Προσαρμοστικότητα

Η δημιουργία κατάλληλων ποικιλιών έχει επιτρέψει την καλλιέργεια του σόργου από 45 °N έως 45 °B γεωγραφικό πλάτος. Το σόργο είναι γνωστό για την ικανότητά του να αντεπεξέρχεται ικανοποιητικά σε καταπονήσεις λόγω ανεπαρκούς εδαφικής υγρασίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μηχανισμών ανθεκτικότητας ή μηχανισμών "αποφυγής" ως αποτέλεσμα του εκτεταμένου ριζικού συστήματος, του κηρώδους

φυλλώματός και της ικανότητάς να αναστέλλει την ανάπτυξη του σε ακραίες συνθήκες ξηρασίας. Ικανοποιητικές αποδόσεις σε ποικιλίες με βιολογικό κύκλο 110-130 ημερών επιτυγχάνονται όταν η ποσότητα του νερού κυμαίνεται μεταξύ 450-600 χιλ. Γενικά, οι υψηλότερες απαιτήσεις των καρποδοτικών σόργων σε νερό συμπίπτουν με την περίοδο εκείνη που το φυτό αποκτά το μεγαλύτερο ύψος και φυλλική επιφάνεια.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την καλλιέργεια του σόργου είναι η φωτοπερίοδος που επηρεάζει άμεσα την ανθοφορία του φυτού. Το σόργο είναι φυτό βραχείας φωτοπεριόδου. Ως αποτέλεσμα όμως στοχευμένων βελτιωτικών προγραμμάτων, έχει παραχθεί πολλαπλασιαστικό υλικό που είναι φωτοπεριοδικά ουδέτερο και έτσι μπορεί και καλλιεργείται σε χώρες με διάρκεια ημέρας μεγαλύτερη των 12 ωρών (όπως πχ στη Νότια Ευρώπη).

Η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει άμεσα την βλαστική ανάπτυξη του φυτού όπως επίσης και την ανάπτυξη του ριζικού του συστήματος και κατ' επέκταση την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών. Σε σύγκριση με τον αραβόσιτο, το σόργο είναι πιο ανθεκτικό σε υψηλές αλλά λιγότερο ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η βλάστηση του σπόρου και η βιωσιμότητα των σπορόφυτων είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση και την ανάπτυξη των φυτών είναι 10 °C και 15 °C αντίστοιχα, ενώ σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10 °C προκαλείται μείωση της φυλλικής επιφάνειας, του ύψους του φυτού και της παραγωγής βιομάζας. Οι περισσότερες ποικιλίες του σόργου για την ομαλή φυσιολογική λειτουργία τους απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 16 °C. Όταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από 20 °C, η καλλιεργητική περίοδος επεκτείνεται κατά 10-20 ημέρες για κάθε μισό βαθμό κάτω από το όριο αυτό. Υψηλές θερμοκρασίες 6-9 ημέρες μετά την άνθηση, επιδρούν αρνητικά στην τελική απόδοση. Ο ρυθμός σχηματισμού των φύλλων αυξάνεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 13 °C σε 23 °C αλλά μειώνεται όταν αυτή ξεπεράσει τους 34 °C.

Το σόργο είναι προσαρμοσμένο σε ευρύ φάσμα εδαφικών τύπων από ελαφρά αργιλώδη έως και βαριά αργιλοπηλώδη εδάφη, αλλά αναπτύσσεται καλύτερα σε ελαφρά, με καλή στράγγιση και γόνιμα εδάφη με μέτρια έως υψηλή διαθέσιμη υγρασία. Είναι φυτό που προτιμά μετριώς όξινα εδάφη, αν και κάποιες ποικιλίες μπορούν να αναπτυχθούν και σε εδάφη με pH από 5.5 έως και 8.

Περιγραφή φυτού – Βιολογικός κύκλος

Το εμβρυακό ριζικό σύστημα του φυτού αποτελείται από μόνιμες και εναέριας ρίζες. Το μόνιμο ριζικό σύστημα φθάνει σε βάθος έως και 2.5 μ, με διπλάσια ικανότητα απορρόφησης υγρασίας σε σχέση με τον αραβόσιτο, και αποτελείται από μια δευτερογενή εμβρυακή ρίζα με κατακόρυφη ανάπτυξη και πολλές πλευρικές ρίζες. Το στέλεχος του φυτού είναι χυμώδες καλάμι με ύψος 0.5-2.5 μ, ανάλογα με την ποικιλία και τις καλλιεργητικές συνθήκες, και φέρει κόμβους με οφθαλμούς κατ' εναλλαγή. Τα αδέρφια εκφύονται από τους οφθαλμούς της βάσης σε αριθμό που εξαρτάται από την ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας (χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν το αδελφωμα). Τα φύλλα του φυτού μοιάζουν με του αραβόσιτου αλλά είναι μικρότερα σε μέγεθος και φέρουν οδοντώσεις στην περιφέρεια τους. Φέρουν εφυμενίδα με κηρώδες επίχρισμα και διαθέτουν την ικανότητα συστροφής του ελάσματος σε περίοδο ξηρασίας ώστε να μειώνεται η απώλεια του νερού. Η ταξιανθία του φυτού είναι φόβη, η οποία φέρει

1000-5000 γόνιμα άνθη ανά φυτό. Η ταξικαρπία αποτελείται από 800-3000 σπόρους στρογγυλούς ή επιμήκεις ποικίλων αποχρώσεων (κόκκινο, λευκό, κίτρινο, καστανό κλπ). Το μήκος του σπόρου κυμαίνεται από 8 έως 35 χιλ και το βάρος χιλίων κόκκων είναι περίπου 20-40 γραμ. Το βάρος του σπόρου κατανέμεται κατά 82% στο ενδοσπέρμιο, 12% στο έμβρυο και 5-6% στο περίβλημα.



Ταξικαρπία καρποδοτικού σόργου πριν την ωρίμανση και κατά την ωρίμανση.

Ο βιολογικός κύκλος του σόργου είναι σχετικά μικρός και διαρκεί από 130 έως 160 ημέρες. Σε μερικές πρώιμες ποικιλίες η καλλιεργητική περίοδος μπορεί να διαρκέσει μόνο 80 ημέρες.

Τα κύρια στάδια ανάπτυξης του φυτού είναι το φύτευμα κατά το οποίο πραγματοποιείται η εμφάνιση του κολεόπτρου στην επιφάνεια του εδάφους, 3-10 ημέρες μετά τη σπορά. Το αδελφωμα αρχίζει δύο περίπου εβδομάδες μετά το φύτευμα και μπορεί να συνεχιστεί και μετά την άνθιση. Η διαφοροποίηση από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο ακολουθείται από το στάδιο έκπτυξης του τελευταίου φύλλου. Στο στάδιο αυτό το φυτό έχει αποκτήσει το 80% της φυλλικής του επιφάνειας. Ο σχηματισμός του περιάνθιου ακολουθείται από το στάδιο της ανθοφορίας κατά το οποίο έχει ολοκληρωθεί η εμφάνιση της ταξιανθίας στο 50% του συνολικού πληθυσμού των φυτών της καλλιέργειας. Στο στάδιο αυτό, 60 ημέρες μετά το φύτευμα, έχει παραχθεί σχεδόν το 50% της ολικής ξηρής μάζας. Το γέμισμα του καρπού (στάδιο γαλακτώματος και μαλακού κηρού) γίνεται σε 75 έως 85 ημέρες μετά το φύτευμα. Στη φυσιολογική ωρίμανση, 100 ημέρες μετά τη σπορά, το φυτό έχει αποκτήσει το μέγιστο ξηρό βάρος του και η υγρασία του σπόρου κυμαίνεται από 25-35%.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Το σόργο ($2n = 20$) είναι σε μεγάλο βαθμό αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Για τους γνωστούς λόγους (υψηλότερη απόδοση, ομοιομορφία, προστασία δικαιωμάτων του βελτιωτή) το σύνολο των ποικιλιών που καλλιεργούνται σήμερα στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι υβρίδια που διατίθενται από τους σχετικούς σποροπαραγωγικούς οίκους. Οι βελτιωμένες ποικιλίες του έχουν χαμηλά στελέχη και είναι οι πλέον κατάλληλες για μηχανική συγκομιδή του σπόρου. Η επιλογή του κατάλληλου υβριδίου για την καλλιέργεια του καρποδοτικού σόργου είναι ένας σημαντικός διαχειριστικός παράγοντας για την βιωσιμότητα της. Τα κριτήρια επιλογής του

υβριδίου πρέπει να βασίζονται στις υψηλές αποδόσεις, στο χρόνο ωρίμανσης, στην ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες όπως επίσης και στο πλάγιασμα.

Προετοιμασία αγρού

Η συνήθης προετοιμασία της σποροκλίνης για την καλλιέργεια του καρποδοτικού σόργου γενικά μοιάζει με αυτή του αραβόσιτου. Η καλλιέργεια χρειάζεται ζεστά, υγρά εδάφη με καλό αερισμό και λεπτόκοκκη υφή έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η καλή επαφή του σπόρου με το έδαφος. Η προετοιμασία του αγρού πρέπει να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικής καταπολέμησης των ζιζανίων, αφομοίωσης των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, διήθησης και αποθήκευσης της εδαφικής υγρασίας, εφαρμογής λίπανσης, ισοπέδωσης και ψιλοχωματισμού του αγρού.

Αμειψισπορά

Το σόργο μπορεί να ακολουθήσει μεγάλη ποικιλία καλλιεργειών σε ένα σύστημα αμειψισποράς. Ένα τριετούς διάρκειας σύστημα αμειψισποράς μπορεί να συμπεριλάβει σανοδοτικό ψυχανθές-σόργο-αραβόσιτο ή χειμερινό σιτηρό-σόργο-χειμερινό ψυχανθές ή και μετά σόργο ξανά όταν πρόκειται για τετραετές σύστημα αμειψισποράς. Η επί σειρά ετών συνεχής καλλιέργεια του σόργου έχει αρνητικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες που ακολουθούν. Σύστημα διετούς αμειψισποράς όπου το σόργο ακολουθεί το βαμβάκι ή τη σόγια είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του κατά 26 και 67%, αντίστοιχα. Η αμειψισπορά του σόργου με ηλιάνθο παρουσιάζει επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον κυρίως σε περιοχές με περιορισμένη διαθεσιμότητα σε νερό. Μπορεί να καλλιεργηθεί επίσης ως επίσπορο μετά από σιτάρι ή ελαιοκράμβη. Απαραίτητη προϋπόθεση, όπως και για τον επίσπορο αραβόσιτο, είναι ο έλεγχος της σεσάμιας και της πυραλίδας.

Σπορά

Η ημερομηνία σποράς του σόργου εξαρτάται από την διαθέσιμη εδαφική υγρασία και τη θερμοκρασία του εδάφους που πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 °C. Γενικά, ακολουθεί την σπορά του αραβόσιτου κατά περίπου 2 εβδομάδες.

Η σπορά πραγματοποιείται, με κατάλληλα ρυθμισμένες πνευματικές σπαρτικές μηχανές, γραμμικά σε αποστάσεις 75 και 15 εκατ μεταξύ και επί της γραμμής αντίστοιχα, ενώ σε γόνιμα χωράφια ή/και αρδευόμενες καλλιέργειες οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών μπορεί να μειωθούν στα 50 εκατ. Η ποσότητα του σπόρου εξαρτάται από την διαθέσιμη υγρασία, το βάρος των χιλίων κόκκων και το εκατολιτρικό βάρος τους, τον επιθυμητό αριθμό των φυτών της καλλιέργειας, την εκτιμώμενη τελική απόδοση κ.α. Γενικά, η ποσότητα του σπόρου κυμαίνεται από 0.25 έως 1.5 χλγ/στρ με βάθος σποράς 3-6 εκατ.

Ζιζανιοκτονία

Με δεδομένη την αδυναμία του φυτού να ανταγωνιστεί αποτελεσματικά τα ζιζάνια στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, η κλασική προετοιμασία του αγρού πρέπει να ακολουθείται από ένα ή δύο ελαφρά σκαλίσματα λίγο πριν την σπορά, αποτελεί σημαντική καλλιεργητική πρακτική για τον έλεγχο των ζιζανίων. Τα πολυετή ζιζάνια αντιμετωπίζονται με εφαρμογή προσπαρτικών, προφυτρωτικών ή μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων. Σημαντικά επίσης ζιζάνια είναι τα ετήσια αγρωστώδη: αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*), σετάρια (*Setaria viridis*), πάνικο (*Panicum spp.*) και τα ετήσια πλατύφυλλα: κίρσιο (*Cirsium arvense*), ιβίσκος (*Hibiscus*

trionum), ξάνθιο (*Xanthium strumarium*), βλήτο (*Amaranthus* spp.) κ.α. Κατάλληλα σκευάσματα για την καταπολέμηση τους είναι αυτά της οικογένειας των φαινοξυοξικών, σουλφονυλουριών και οργανοφωσφορικών γλυκινών. Το πλέον προβληματικό για μεταφυτρωτική καταπολέμησή ζιζάνιο είναι ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) εφόσον αποτελεί άγριο είδος σόργου.

Λίπανση

Οι απαιτήσεις λίπανσης του σόργου είναι γενικά μικρότερες κατά 30-35% από αυτές του αραβοσίτου. Το σόργο από το στάδιο ανάπτυξης 5 φύλλων και μετά χρησιμοποιεί το άζωτο με ταχείς ρυθμούς και το 65-70% του ολικού διαθέσιμου αζώτου έχει απορροφηθεί μετά το στάδιο σχηματισμού του περιανθίου. Κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του το φυτό χρειάζεται 10-15 μονάδες αζώτου. Η επιφανειακή λίπανση πρέπει να γίνεται τις πρώτες 30-35 ημέρες από το φύτεμα της καλλιέργειας. Η φωσφορική λίπανση μπορεί να χορηγηθεί προ της σποράς ή κατά την σπορά και περιλαμβάνει την προσθήκη 3-6 και 0-2 μονάδων/στρ για φτωχά (<5 ppm) και πλούσια (25-50 ppm) σε φώσφορο εδάφη, αντίστοιχα. Καλιούχος λίπανση εφαρμόζεται σε εδάφη χαμηλής περιεκτικότητας στο στοιχείο, σε ποσότητα 5-10 μονάδες/στρ.

Άρδευση

Κατ'ελάχιστον πραγματοποιούνται τρεις αρδεύσεις που κατανέμονται πριν τη σπορά, πριν την εμφάνιση της ταξιανθίας και στα πρώτα στάδια γεμίσματος του σπόρου. Οι ανάγκες του φυτού σε άρδευση είναι κατά 25-30 % μικρότερες του αραβοσίτου, λόγω της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού από το σόργο. Αν και το φυτό είναι ανθεκτικό στην ξηρασία, η μεγιστοποίηση των αποδόσεων επιτυγχάνεται με επαρκή άρδευση.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες του καρποδοτικού σόργου είναι οι τήξεις φυταρίων που προκαλούνται από τα *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. και *Pythium* spp. και οι ασθένειες φυλλώματος όπως το ωίδιο του σόργου (*Peronosclerospora sorghi*) και ο άνθρακας (*Sporisorium reilianum*). Απώλειες επίσης μπορούν να προκληθούν από την κερκοσπορίαση (*Cercospora sorghi*), την ασκοχύτωση (*Ascochyta* spp.) και τη μακροφομίνη (*Macrophomina phaseolina*). Η καταπολέμησή τους επιτυγχάνεται με τη χρήση σπόρου επενδεδυμένου με κατάλληλα μυκητοκτόνα, ανθεκτικές ποικιλίες και ψεκασμούς με μυκητοκτόνα της οικογένειας των τριαζολών, βενζιμιδαζολικών και οργανοφωσφορικών.

Τα περισσότερο επιβλαβή έντομα είναι οι αφίδες (*Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum maidis*), η σεσάμια (*Sesamia* spp.) και η πυραλίδα (*Ostrinia (Pyrausta) nubilalis*). Η καταπολέμηση τους γίνεται με συνδυασμένη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και εντομοκτόνων της οικογένειας των οργανοφωσφορικών, καρβαμιδικών και πυρεθρινών.

Συγκομιδή

Κατά την ωρίμανση οι σπόροι του σόργου αποκτούν το τελικό τους χρώμα κι σκληραίνουν ενώ το ποσοστό υγρασίας τους κυμαίνεται από 13-15 %. Ο καρπός όμως μπορεί να διαχωριστεί από την ταξιανθία και σε υγρασία 20-25 %. Σε ορισμένα υβρίδια που η ταξιανθία τους είναι αραιή η ωρίμανση του καρπού επιτυγχάνεται ταχύτερα.



Συγκομιδή καρποδοτικού σόργου και αποθήκευση σε σιλό.

Η συγκομιδή πραγματοποιείται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές όμοιες με αυτές των μικρόκαρων σιτηρών αλλά, λόγω της ευαισθησίας του καρπού σε μηχανικές βλάβες, συστήνεται μειωμένη κατά το ήμισυ ταχύτητα κυλίνδρου της συγκομιστικής μηχανής συγκριτικά με αυτή που χρησιμοποιείται κατά τη συγκομιδή των σιτηρών.


Αποθήκευση

Η αποθήκευση του καρποδοτικού σόργου είναι όμοια με αυτή του αραβοσίτου. Η αποξήρανση του καρπού για την ασφαλή αποθήκευσή και συντήρησή του, σε περίπτωση που η υγρασία του είναι μεγαλύτερη από 13 %, πραγματοποιείται σε ξηραντήρια καλαμποκιού.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Οι μέσες αποδόσεις του καρποδοτικού σόργου, όπως και το κόστος παραγωγής του, είναι λίγο μικρότερες από αυτές του αραβοσίτου. Στο Τέξας των ΗΠΑ, που αποτελεί κύρια περιοχή καλλιέργειας του φυτού, σε συνθήκες πλήρους υδατικής επάρκειας, τα νέα βελτιωμένα υβρίδια αποδίδουν περί τα 800-900 χλγ/στρ καρπού (με 12 % υγρασία). Πειραματική καλλιέργεια του ΓΠΑ στον Έβρο, επίσης με πλήρη υδατική επάρκεια, έδωσε παρόμοια αποτελέσματα με μέση απόδοση τα 900 χλγ/στρ. Με δεδομένο ότι η παραγωγή βιοαιθανόλης από 1 χλγ καρπού σόργου είναι ίδια με του αραβοσίτου (0.39 λίτρα), η στρεμματική απόδοση βιοαιθανόλης ανέρχεται στα 300-340 λίτρα. Παράγονται επίσης περί τα 300 χλγ DDGS και περί τους 1-1.2 τον/στρ (ξ.ο.) στελεχών, καλής περιεκτικότητας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη, που με διαδικασίες παραγωγής βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς μπορούν να προσθέσουν μέχρι και 280-300 λίτρα/στρ. Όσον αφορά στα ισοζύγια ενέργειας και το ποσοστό μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, είναι παρόμοια με αυτά του αραβοσίτου, δηλαδή 1.2-1.4 και 15-20 % αντίστοιχα.

Τα στελέχη του σόργου έχουν υψηλή υγρασία και αρκετά υψηλά ζάχαρα (5-7 %) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως ζωτροφή (ενσίρωμα). Υπάρχουν μάλιστα υβρίδια που έχουν μεγαλύτερο από το σύνθετο ύψος και χαρακτηρίζονται ως διπλής χρήσης, λόγω της ταυτόχρονης υψηλής παραγωγής καρπού και βιομάζας. Τα στελέχη θα μπορούσαν επίσης να αξιοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας στη μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης.



Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 210-330 σπόρου/στρ
Χρήση: Βιοαιθανόλη, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 80-130 λίτρα βιοαιθανόλης/στρ
Ισοζύγιο ενέργειας: 1-2.8
Μείωση ΑΕΘ: 20 %

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Δυνατότητα πολλαπλής αξιοποίησης
- ✓ Άριστη τεχνογνωσία και υποδομή καλλιέργειας
- ✓ Χειμερινή καλλιέργεια

✗ Η ενεργειακή ανταγωνίζεται τη διατροφική χρήση

Γενικά

Το σιτάρι είναι το σημαντικότερο σιτηρό της οικογένειας *Poaceae* και κατάγεται από την περιοχή της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Η πλειοψηφία των καλλιεργούμενων σιταριών είναι είδη του γένους *Triticum*, με κυριότερα το εξαπλοειδές *Triticum aestivum* ($2n = 42$), γνωστό ως μαλακό και το τετραπλοειδές *Triticum turgidum* var. *Durum* ($2n = 28$), γνωστό ως σκληρό σιτάρι. Το μαλακό σιτάρι χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία και στη ζαχαροπλαστική, ενώ το σκληρό προορίζεται για την βιομηχανία ζυμαρικών και τη διατροφή ζώων. Τα τελευταία χρόνια, στην Ευρώπη το μαλακό σιτάρι συμμετέχει σημαντικά στην παραγωγή βιοαιθανόλης με το ποσοστό του να ανέρχεται στο 32 % της συνολικής παραγωγής για το 2006.

Η καλλιέργεια του φυτού παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση με κυριότερες χώρες παραγωγής τη Βόρεια και Κεντρική Ασία, τη Νότια Ρωσία, τις Η.Π.Α., τον Καναδά, την Κίνα, τις χώρες της Μεσογείου, την Ινδία και την Αυστραλία. Στην Ευρώπη το σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στη Γαλλία, Αγγλία, Ιταλία, Γερμανία, Ισπανία και Ελλάδα. Στη χώρα μας, η καλλιέργεια σιταριού καταλαμβάνει έκταση περίπου 7.000.000 στρ.

Ο καρπός του σιταριού είναι κατ' εξοχήν αμυλούχος (περίπου 70 %), με αρκετά υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης. Το άμυλο βρίσκεται εξ ολοκλήρου στο ενδοσπέρμιο, τα διαλυτά σάκχαρα στο έμβρυο και οι πολυσακχαρίτες (κυτταρίνες-ημικυτταρίνες) στα περιβλήματα του καρπού.

Προσαρμοστικότητα

Το σιτάρι είναι φυτό που παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα σε πληθώρα κλιματικών συνθηκών και εδαφικών τύπων. Η καλλιέργεια απαντάται τόσο σε βόρεια όσο και σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, όπου περιορίζεται σε υψίπεδα με θερμοκρασίες μικρότερες των 30 °C. Ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού απαντώνται σε περιοχές με ψύχος και υγρασία κατά το βλαστικό στάδιο

ανάπτυξης και ξηροθερμικό κλίμα κατά το σχηματισμό του καρπού. Σε μεσογειακά κλίματα το σιτάρι σπέρνεται το φθινόπωρο και συγκομίζεται στην αρχή του καλοκαιριού, ενώ σε ηπειρωτικά κλίματα η σπορά πραγματοποιείται την άνοιξη και η συγκομιδή στα μέσα ή τέλη του καλοκαιριού.

Η άριστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι περί τους 20 °C, με ελάχιστη τους 4 °C και μέγιστη τους 35 °C, ενώ ιδανική για την ανάπτυξη θερμοκρασία είναι μεταξύ 22-25 °C, με ελάχιστη 4 °C και μέγιστη 32 °C. Το φυτό παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία τόσο στις υψηλές όσο και στις χαμηλές θερμοκρασίες κατά το στάδιο μεταξύ ξεσταχυάσματος και άνθισης. Οι υψηλές θερμοκρασίες όταν συμβαίνουν κατά το βλαστικό στάδιο καθυστερούν την άνθιση ενώ αργότερα επηρεάζουν αρνητικά τη γονιμοποίηση. Ανάλογα με τις απαιτήσεις σε ψύχος για την εαρινοποίηση και το σχηματισμό ταξιανθίας, διακρίνονται ο χειμερινός, ενδιάμεσος και ανοιξιάτικος τύπος σιταριού.

Το σιτάρι καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 375 και 875 χιλ, αλλά μπορεί να αναπτυχθεί σε περιοχές που δέχονται 250-1750 χιλ νερού. Ως φυτό θεωρείται αρκετά ανθεκτικό στην ξηρασία αλλά οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες την περίοδο από το καλάρωμα μέχρι την άνθιση.

Το φυτό αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε ποικιλία εδαφών αλλά αποδίδει καλύτερα σε γόνιμα αργιλοπηλώδη ή ιλυοπηλώδη εδάφη με καλή στράγγιση. Είναι φυτό μέτρια ανθεκτικό στην αλατότητα και στην οξύτητα του εδάφους.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα του σιταριού είναι θυσσανώδες αποτελούμενο από εμβρυακές και μόνιμες ρίζες. Οι εμβρυακές αποτελούνται από την κεντρική ρίζα και δευτερεύουσες λεπτές, ρίζες με πολλές πλευρικές διακλαδώσεις. Οι μόνιμες ρίζες, που είναι παχύτερες και σκληρότερες από τις εμβρυακές, φέρουν άφθονα ριζικά τριχίδια και αρχικά παρουσιάζουν οριζόντια ανάπτυξη ενώ στη συνέχεια στρέφονται προς τα κάτω σε βάθος έως και 2 μ. Το στέλεχος του σιταριού είναι κάλαμος κυλινδρικός, ελαστικός με ύψος που φθάνει 0.6-1.5 μ και διάμετρο 2-8 χιλ, ανάλογα με την ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Το στέλεχος φέρει κόμβους (γόνατα) και μεσογονάτια διαστήματα που αυξάνουν σε μήκος από την βάση προς την κορυφή. Από οφθαλμούς των κόμβων εκφύονται δευτερογενή στελέχη (αδέρφια) σε αριθμό που εξαρτάται από την ποικιλία και την πυκνότητα φύτευσης. Τα φύλλα είναι λεία με παράλληλες νευρώσεις, εκφύονται από τους κόμβους και φέρουν γλωσσίδιο και ωτίδια στο σημείο ένωσης κολεού και ελάσματος. Η ταξιανθία του σιταριού είναι στάχυς σύνθετος, αποτελούμενος από πολλά σταχύδια τοποθετημένα κατ' εναλλαγή πάνω στη ράχη. Κάθε σταχύδιο φέρει 2-9 άνθη (2-3 γόνιμα) και περιβάλλεται από τα λέπυρα. Κάθε άνθος προστατεύεται από δύο περιβλήματα, το χιτώνα και τη λεπίδα. Τα άγανα, που είναι βελονοειδείς αποφύσεις του χιτώνα, φέρουν στόματα και χλωροπλάστες και έχουν φωτοσυνθετική ικανότητα. Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται σε θερμά και ξηρά κλίματα έχουν συνήθως άγανα, ενώ σε πιο εύκρατες περιοχές χρησιμοποιούνται ποικιλίες χωρίς άγανα.

Οι σπόροι του σιταριού είναι ωοειδείς με τριχίδια, αποτελούμενοι από το εξωτερικό τμήμα, που περιλαμβάνει το περικάρπιο, το περίβλημα του σπέρματος και το στρώμα της αλευρώνης, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Ο καρπός ανάλογα με την σύσταση του ενδοσπερμίου χαρακτηρίζεται ως μαλακός (αλευρώδες ενδοσπέρμιο),

σκληρός (κερατοειδές ή υαλώδες ενδοσπέρμιο) και ημίσκληρος (ενδιάμεσης δομής ενδοσπέρμιο).

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού χωρίζεται στο βλαστικό και αναπαραγωγικό στάδιο. Η βλαστική φάση περιλαμβάνει το στάδιο της πρώτης ανάπτυξης μέχρι την έναρξη αδελφώματος, το αδελφωμα και το καλάμωμα. Το αναπαραγωγικό στάδιο περιλαμβάνει την εμφάνιση του στάχυ, την άνθιση, τη γονιμοποίηση και το γέμισμα/ωρίμανση του σπόρου.



Στάχυς κατά την ανθοφορία, σταχύδιο, αρχικό και τελικό στάδιο ωρίμανσης.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Όλες οι καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι καθαρές σειρές. Τα κριτήρια επιλογής ποικιλιών για κάθε περιοχή αφορούν κυρίως στην απόδοση και στην ανθεκτικότητα σε εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια. Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα ξένων και ελληνικών ποικιλιών που αποδίδουν ικανοποιητικά στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Αμειψισπορά

Η συνήθης πρακτική στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια είναι η μονοκαλλιέργεια σιταριού (σταροχώραφα). Σε ξηρικές εκτάσεις και σε περιοχές με υψηλότερη σχετικά βροχόπτωση το σιτάρι θα μπορούσε να ακολουθηθεί από ηλίανθο. Σε αρδευόμενες εκτάσεις μπορεί να εισαχθεί σε συστήματα αμειψισποράς με αραβόσιτο, ηλίανθο, σόργο κ.α. ή να ακολουθηθεί από επίσπορη καλλιέργεια αραβοσίτου, σόργου, σόγιας κλπ. Η πρακτική καλλιέργειας σε αρδευόμενες εκτάσεις σιταριού εφαρμόζεται ήδη σε συγκεκριμένες περιοχές λόγω της υψηλής εμπορικής τιμής του προϊόντος.

Προετοιμασία εδάφους

Εφόσον έχει προηγηθεί φθινοπωρινή καλλιέργεια, αμέσως μετά τις πρώτες βροχές, ακολουθεί όργωμα για το παράχωμα των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και την καταστροφή των ζιζανίων. Στη συνέχεια γίνεται κατεργασία με δισκοσβάρνισμα ή καλλιεργητή ώστε να διατηρηθεί η βολώδης επιφάνεια του εδάφους που προστατεύει τα νεαρά φυτά από το ψύχος και τη δημιουργία κρούστας. Εάν έχει προηγηθεί ανοιξιάτικη καλλιέργεια, μετά τη συγκομιδή πραγματοποιείται τεμαχισμός των υπολειμμάτων και ενσωμάτωσή τους και ακολουθεί σβάρνισμα και σπορά. Στην περίπτωση αγρανάπαυσης συστήνεται η εφαρμογή ζιζανιοκτονίας πριν την εδαφοκαλλιέργεια.

Σπορά

Στη χώρα μας, το σιτάρι καλλιεργείται αποκλειστικά ως χειμερινό σιτηρό. Τα κριτήρια που καθορίζουν τον ακριβή χρόνο σποράς αφορούν στην πρωιμότητα της ποικιλίας και στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η πρώτη σπορά (15 Οκτωβρίου-15 Νοεμβρίου) προτιμάται εκεί όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, σε περίπτωση υπερπρώϊμης σποράς, αυξάνονται οι πιθανότητες ατελούς φυτρώματος, ασθενειών και πλαγιάσματος. Οι όψιμες σπορές (Νοεμβρίου έως 15 Δεκεμβρίου) έχουν ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση του φυτρώματος, τον κίνδυνο από παγετούς και την οψίμιση της ωρίμανσης.

Η ποσότητα σπόρου εξαρτάται από τη γονιμότητα και υγρασία του εδάφους, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας σε σχέση με την ικανότητα αδερφώματος, το βάρος χλίων κόκκων και το μέγεθος του σπόρου. Η ενδεδειγμένη ποσότητα σπόρου κυμαίνεται μεταξύ 12 και 15 χιλ/στρ αλλά μπορεί να φθάσει και 15-20 χιλ/στρ για ποικιλίες που παρουσιάζουν μειωμένη ικανότητα αδερφώματος.

Η σπορά γίνεται γραμμικά, με σπαρτικές μηχανές μικρών σιτηρών, σε αποστάσεις 14-20 και 2.5-5 εκατ μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής, αντίστοιχα. Το βάθος σποράς εξαρτάται από τη θερμοκρασία, υγρασία και σύσταση του εδάφους. Συνήθως η σπορά πραγματοποιείται σε βάθος 4-5 εκατ αλλά σε ελαφρά, αμμώδη εδάφη με ανεπάρκεια υγρασίας συνιστάται βαθύτερη σπορά συγκριτικά με τα συνεκτικά, αργιλοπηλώδη.

Ζιζανιοκτονία

Ο ανταγωνισμός από ζιζάνια μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας σιταριού σε ποσοστό που φθάνει έως και 50%. Παράλληλα, η παρουσία ζιζανίων δυσχεραίνει τις καλλιεργητικές φροντίδες, συχνά δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, ενώ οι σπόροι τους μπορεί να επιμολύνουν το συγκομιζόμενο προϊόν με συνέπεια την υποβάθμισή του και την αύξηση του κόστους συγκομιδής λόγω της επεξεργασίας που απαιτείται για τον καθαρισμό.

Τα σπουδαιότερα πλατύφυλλα ζιζάνια της καλλιέργειας σιταριού είναι η κολλητσιίδα (*Galium* spp.), η αγριομαργαρίτα (*Anthemis* spp., *Chrysanthemum* spp.), η βερόνικα (*Veronica* spp.), ο αγριόβικος (*Vicia* spp.), το καπνόχορτο (*Fumaria* spp.), η καψέλα (*Capsella bursa-pastoris*), το χαμομήλι (*Chamomila recutita*), η παπαρούνα (*Papaver rhoeas*), το σινάπι (*Sinapis* spp.), το πολυκόμμι (*Polygonum aviculare*) και το κίρσιο (*Cirsium arvense*). Τα κυριότερα αγρωστώδη ζιζάνια είναι η αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*), η αγριοβρώμη (*Avena sterilis*), το μίλιο (*Milium vernale*), η ήρα (*Lolium* spp.), η φάλαρη (*Phalaris* spp.) και ο βρόμος (*Bromus sterilis*). Η καταπολέμησή τους επιτυγχάνεται με τη χρήση προφυτρωτικών ή μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, όπως αυτά των οικογενειών σουλφονουριών, φαινοξυοξικών, αρυλοξυφαινολυπροπιονικών, φαινολυαλκανικών. Η καταπολέμησή τους πραγματοποιείται επίσης με μηχανικά μέσα.

Λίπανση

Το σιτάρι, όπως όλα τα σιτηρά, έχει υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Οι ανάγκες του φυτού σε άζωτο και φώσφορο είναι υψηλές σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου και ιδιαίτερα κατά το στάδιο του ξεσταχυάσματος. Η

έλλειψη αζώτου προκαλεί μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, καχεξία και χλώρωση των φύλλων, ενώ η υπερεπάρκεια του στοιχείου έχει σαν συνέπεια την οψίμηση της παραγωγής και την ευπάθεια στο πλάγιασμα και σε ασθένειες. Η ανεπάρκεια σε φώσφορο μειώνει την ανάπτυξη και την ικανότητα αδερφώματος, ενώ η έλλειψη καλίου προκαλεί ευπάθεια στο πλάγιασμα, περιφερειακή νέκρωση στα φύλλα και συρρίκνωση του σπόρου.

Γενικά, στο σιτάρι πραγματοποιείται βασική λίπανση με άζωτο, φώσφορο και κάλιο πριν ή κατά τη διάρκεια της σποράς και επιφανειακή λίπανση με άζωτο την άνοιξη. Η βασική λίπανση πραγματοποιείται με την εφαρμογή της συνολικής ποσότητας φωσφόρου και καλίου και της μισής ποσότητας αζώτου σε αμμωνιακή μορφή. Ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, προστίθενται 7-18 μονάδες αζώτου/στρ (η μισή ποσότητα ως βασική και η μισή επιφανειακά την περίοδο πριν το ξεστάχυσμα) και από 4 έως 8 μονάδες/στρ για φώσφορο και κάλιο.

Άρδευση

Η καλλιέργεια του σιταριού, όπως και των άλλων χειμερινών σιτηρών, στη χώρα μας είναι συνήθως ξηρική. Το σιτάρι παρουσιάζει τις υψηλότερες απαιτήσεις σε νερό κατά το στάδιο του ξεσταχύσματος. Η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο αυτή οδηγεί στη μείωση της απόδοσης. Σε αρδευόμενη καλλιέργεια εφαρμόζονται 3-4 αρδεύσεις που κατανέμονται πριν τη σπορά, στο καλάμωμα, στο ξεστάχυσμα και στην ωρίμανση. Για τις συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας συνήθως πραγματοποιείται μία άρδευση κατά την περίοδο της άνοιξης (Απρίλιο ή Μάιο), η οποία συμβάλλει στην επίτευξη ικανοποιητικής απόδοσης. Γενικά, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου επιδιώκεται η εξασφάλιση, με βροχή ή άρδευση, περίπου 400 χιλ νερού, εκ των οποίων τα 200-250 χιλ αξιοποιούνται καλύτερα κατά τα στάδια μετά το αδέλφωμα.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές προσβολές της καλλιέργειας σιταριού είναι οι σκωριάσεις (*Puccinia recordina*, *graminis*, *striiformis*), ο δαυλίτης (*Tilleria tritici* ή *Tilleria laevis*), ο γυμνός άνθρακας (*Ustilago tritici*), η σεπτορίαση (*Septoria tritici*, *nodorum*), η εργοτίαση (*Claviceps purpurea*), η σήψη λαιμών, ριζών ή λευκών στάχων (*Ophiobolus graminis*), το ωίδιο σιτηρών (*Erysiphe graminis*), η κίτρινη κηλίδωση των φύλλων (*Pyrenophora tritici-repentis*), η ριζοκτονίαση (*Rhizoctonia solani*) και η ξηρή σηψιρριζία (*Gibbrella zeae*). Η χημική αντιμετώπισή τους γίνεται με τη χρήση μυκητοκτόνων της οικογένειας των τριαζολών και βενζιριδαζολικών και την επικάλυψη του σπόρου με διασυστηματικά μυκητοκτόνα (πχ αιθυλενοδιθειοκαρβαμιδικά). Προληπτικά μέσα που περιλαμβάνουν κυρίως τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, την ορθολογική εφαρμογή άρδευσης και λίπανσης, την καταστροφή των μολυσμένων φυτών, την επιλογή κατάλληλης εποχής και πυκνότητας σποράς, τη χρήση πιστοποιημένου σπόρου, την καταπολέμηση των ζιζανίων ξενιστών.

Σοβαρές απώλειες στην καλλιέργεια προκαλούν επίσης οι βακτηριώσεις (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas campestris*). Η χρήση υγιούς, πιστοποιημένου σπόρου, η ισορροπημένη άρδευση και η καταστροφή των μολυσμένων υπολειμμάτων αποτελούν τους αποτελεσματικότερους τρόπους αντιμετώπισής τους.

Οι εχθροί της καλλιέργειας διακρίνονται στα έντομα εδάφους που προσβάλλουν το λαιμό και τα υπόγεια μέρη του φυτού, στα έντομα που προσβάλλουν τα υπέργεια μέρη του φυτού και στα έντομα αποθήκης. Τα περισσότερο επιβλαβή για την καλλιέργεια έντομα εδάφους είναι οι σιδηροσκώληκες (*Agriotes* spp.), οι αγρότιδες (*Agrotis* spp.), οι ασπροσκώληκες (της οικ. *Scarabaeidae*) και η τιπούλη (*Tipula oleracea*). Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν τα υπέργεια τμήματα του φυτού είναι ο ζάμπρος ή κάραβος (*Zabrus* spp.), ο χλώρωπας (*Chlorops taeniopus*), η κηκιδόμυγα (*Cecidomyia*), οι αφίδες (*Rhopalosiphum graminum*), οι βρωμούσες (*Eurygaster maurus*), η κονταρίνια (*Contarinia tritici*) και οι θρίπες (*Limothrips cerealium*). Η χημική καταπολέμηση περιλαμβάνει την εφαρμογή εντομοκτόνων της οικογένειας των οργανοφωσφορικών, καρβαμιδικών, και πυρεθρινοειδών με ψεκασμό ή με προσπαρτική ενσωμάτωση. Παράλληλα, συστήνεται η εφαρμογή καλλιεργητικών τεχνικών που αφορούν κυρίως στη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, στη χρήση όψιμων/πρώιμων ποικιλιών και στην εξόντωση των ζιζανίων και φυτών ξενιστών. Τα έντομα που προκαλούν τις μεγαλύτερες απώλειες κατά την περίοδο αποθήκευσης του σιταριού, ιδιαίτερα όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας είναι άνω των 22 °C και 13% αντίστοιχα, είναι η ψείρα του σιταριού (*Galandra granaria*, *Galandra oryzae*), η πλόντια (*Plodia interpunctella*), η σιτοτρώγα (*Sitotroga cerealella*) και η εφέστια (*Ephestia kuhniella*). Συστήνεται προληπτική αντιμετώπιση με καθαρισμό των αποθηκών και χρήση ειδικών απολυμαντικών.

Συγκομιδή

Το σιτάρι συγκομίζεται, με θεριζοαλωνιστικές μηχανές, κατά το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης, οπότε η υγρασία του σπόρου κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30%.



Συγκομιδή σιταριού.

Αποθήκευση


Η συντήρηση των σπόρων σιταριού εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά του συγκομιζόμενου προϊόντος όσο και από τις συνθήκες που επικρατούν στον αποθηκευτικό χώρο. Γενικά, η αποθήκευση θα πρέπει να πραγματοποιείται σε χώρους καθαρούς, με ξηρό και δροσερό περιβάλλον, όπου δεν ευνοείται η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και εντόμων. Κατά κανόνα για την αποθήκευση του σπόρου που γίνεται σε υγρασία 12 και 14%, χρησιμοποιούνται σιλό με καλό αερισμό και ελεγχόμενες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Οι αποδόσεις του μαλακού σιταριού που χρησιμοποιείται για βιοαιθανόλη, στη χώρα μας κυμαίνονται από 210-330 χλγ/στρ ενώ σε αρδευόμενες εκτάσεις μπορούν να φθάσουν ή και να ξεπεράσουν τα 550 χλγ/στρ. Με βάση τις συνήθεις αποδόσεις, η

παραγωγή βιοαιθανόλης κυμαίνεται μεταξύ 80 και 130 λίτρα/ στρ με μέση τιμή τα 105 λίτρα. Ταυτόχρονα παράγονται περί τα 90 χλγ υψηλής προστιθέμενης αξίας ζωοτροφή (DDGS). Το παραγόμενο άχυρο (περίπου 250 χλγ/στρ), εκτός από τη χρήση του ως ζωοτροφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο ή μελλοντικά για βιοαιθανόλη από λιγνοκυτταρίνη. Το ενεργειακό ισοζύγιο της βιοαιθανόλης από σιτάρι κυμαίνεται από 1 έως 2.8 και η μείωση αερίων του θερμοκηπίου είναι περίπου 20 %.





Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 200-300 χλγ/στρ
Χρήση: Βιοαιθανόλη, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 60-90 λίτρα βιοαιθανόλης/στρ
Ισοζύγιο ενέργειας: 1.5-2.1
Μείωση ΑΕΘ: 17 %

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Ευρεία προσαρμοστικότητα
- ✓ Χειμερινή καλλιέργεια
- ✓ Δυνατότητα πολλαπλής αξιοποίησης
- ✓ Άριστη τεχνογνωσία και υποδομή της καλλιέργειας
- ✓ Χαμηλές εισροές

✗ Η ενεργειακή ανταγωνίζεται τη διατροφική χρήση

Γενικά

Το κριθάρι είναι χειμερινό σιτηρό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae* και κατάγεται από τη Βορειοανατολική Αφρική και τη Νοτιοανατολική Ασία. Το καλλιεργούμενο κριθάρι (*Hordeum vulgare*) ανήκει στο γένος *Hordeum* που συνολικά περιλαμβάνει 31 είδη. Στο γένος *Hordeum* έχουν καταγραφεί διπλοειδή, τετραπλοειδή και εξαπλοειδή άγρια είδη μερικά εκ των οποίων είναι πολυετή. Το καλλιεργούμενο κριθάρι είναι ετήσιο, διπλοειδές ($2n = 14$). Η καλλιέργεια του κριθαριού παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση με κυριότερες χώρες παραγωγής τη Ρωσία, την Κίνα, τις ΗΠΑ, τον Καναδά, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Αγγλία, και την Ισπανία. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του κριθαριού καταλαμβάνει έκταση περίπου 1 εκατ στρεμμάτων.

Λόγω της υψηλής θρεπτικής του αξίας, το κριθάρι θεωρείται άριστο για τη διατροφή ζώων, για την οποία χρησιμοποιείται η μισή και πλέον παγκόσμια παραγωγή. Παράλληλα, το κριθάρι χρησιμοποιείται στη ζυθοποιία, ως βασικό συστατικό για την παρασκευή μπίρας και ουίσκυ, ενώ στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης χρησιμοποιείται και ως συμπλήρωμα τροφής. Η ενεργειακή αξία 100 γραμ σπόρων κριθαριού είναι 350 Kcal και η χημική σύσταση του περιλαμβάνει υδατάνθρακες (77.7 g), σάκχαρα (0.8 g), ίνες (15.6 g), λίπη (1.2 g), πρωτεΐνες (9.9 g).

Τα τελευταία χρόνια το κριθάρι αξιοποιείται και για την παραγωγή βιοαιθανόλης (7 % της παραγωγής στην ΕΕ το 2006).

Προσαρμοστικότητα

Το κριθάρι αν και κατάγεται από θερμές χώρες, μπορεί να αναπτυχθεί σε πολύ μεγάλο εύρος γεωγραφικού πλάτους και ύψους και συνεπώς χαρακτηρίζεται ως το πλέον ευπροσάρμοστο σιτηρό. Η άριστη θερμοκρασία βλάστησης είναι 20 °C, με ελάχιστη μεταξύ 3 και 4 °C και μέγιστη 28-30 °C. Συγκριτικά με το σιτάρι, παρουσιάζει μικρότερη αντοχή στο ψύχος. Οι απαιτήσεις του κριθαριού σε υγρασία, λόγω του χαμηλού συντελεστή διαπνοής, είναι μικρότερες από όλα τα χειμερινά

σιτηρά. Το κριθάρι απαιτεί μέτρια βροχόπτωση, αλλά μπορεί να αναπτυχθεί και σε υγρές περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία.

Το κριθάρι αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε υποβαθμισμένα άγονα εδάφη, αλλά ευδοκίμει σε πηλώδη και αργιλοπηλώδη εδάφη με καλή στράγγιση. Είναι φυτό ανθεκτικό στην αλατότητα σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του, ενώ αντίθετα είναι ευαίσθητο στην οξύτητα του εδάφους. Η ιδανική τιμή pH είναι μεταξύ 7 και 8.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα του κριθαριού είναι ινώδες με 5-7 δευτερογενείς ρίζες και βάθος που φθάνει τα 1.8 -2 μ. Το στέλεχος του είναι κυλινδρικό, ελαστικό με ύψος που φθάνει έως 1.5 μ και διάμετρο 2-8 χιλ, ανάλογα με το είδος, την ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο αριθμός των μεσογονάτιων διαστημάτων κυμαίνεται μεταξύ 5 και 8, με το μήκος τους να αυξάνει από την βάση προς την κορυφή. Ο αριθμός των αδελφιών εξαρτάται από την ποικιλία και την πυκνότητα φύτευσης. Γενικά, οι δίστοιχες ποικιλίες αδελφώνουν περισσότερο από τις εξάστοιχες. Τα φύλλα είναι συνήθως λεία, με πλατύ έλασμα συγκριτικά με άλλα χειμερινά σιτηρά. Η ταξιανθία του κριθαριού είναι στάχης σύνθετος, αποτελούμενος από πολλά σταχύδια τοποθετημένα κατ' εναλλαγή πάνω στη ράχη. Ο αριθμός των καρπών που σχηματίζονται σε κάθε στάχυ κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60 για τις δίστοιχες και εξάστοιχες ποικιλίες, αντίστοιχα. Τα στάδια ανάπτυξης του κριθαριού είναι όμοια με αυτά του σιταριού.



Καλλιέργεια μετά την άνθιση, κατά την ωρίμανση και ώριμοι καρποί κριθαριού.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Στην αγορά υπάρχει πληθώρα ποικιλιών κριθαριού, αποτέλεσμα σχετικών ελληνικών και ξένων βελτιωτικών προγραμμάτων.

Αμειψιοπορά

Λόγω της ίδιας ευαισθησίας/ευπάθειας που παρουσιάζουν σε εχθρούς και ασθένειες, το κριθάρι δεν εναλλάσσεται στο ίδιο χωράφι με το σιτάρι, αλλά μπορεί να το αντικαταστήσει σε συστήματα αμειψιοποράς τόσο σε αρδευόμενες όσο και σε ξηρικές καλλιέργειες. Το κριθάρι συνήθως ακολουθεί τον ηλιάνθο ή το καλαμπόκι και μπορεί να προηγηθεί του σόργου.

Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία της σποροκλίνης για την καλλιέργεια του κριθαριού είναι όμοια με αυτή που πραγματοποιείται στο σιτάρι.

Σπορά

Στη χώρα μας το κριθάρι σπέρνεται κατά κανόνα το φθινόπωρο με εξαίρεση τη σπορά σε ορισμένες περιοχές (6-7 % της συνολικής έκτασης), κυρίως της Δυτικής Μακεδονίας, όπου η καλλιέργεια διενεργείται ως ανοιξιάτικη. Η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται εξαρτάται από την ποικιλία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και κυμαίνεται μεταξύ 10 και 12 χλγ/στρ. Οι αποστάσεις και το βάθος σποράς είναι όμοια με αυτά του σιταριού. Η σπορά του κριθαριού πραγματοποιείται με τη χρήση κοινών σπαρτικών μηχανών μικρών σιτηρών.

Ζιζανιοκτονία

Τα κυριότερα ζιζάνια που απαντώνται στην καλλιέργεια του κριθαριού είναι η αγριοβρώμη (*Avena fatua*), το κίρσιο (*Cirsium arvense*), η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*), η μεγαλόκαρπη κολλητοίδα (*Galium aparine*), και το λάμιο (*Lamium purpureum*). Η καταπολέμηση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε χημικά, με την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων της οικογένειας των διπυριδιλίων, φαινοξυαλκανοϊκών, ιμιδαζολινονών, βενζοθειαδιαζινονών, βενζονιτριλίων, σουλφονυλουριών κ.α, είτε με προληπτικά μέσα που περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση καθαρού σπόρου και την αμειψισπορά.

Λίπανση

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε λίπανση είναι όμοιες με αυτές του σιταριού, τόσο σε είδος όσο και σε ποσότητα λιπασμάτων.

Άρδευση

Η καλλιέργεια του κριθαριού στη χώρα μας είναι κατά κανόνα ξηρική. Η έλλειψη νερού είναι κρίσιμη κατά το στάδιο της άνθισης, ενώ κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης οδηγεί σε μικρότερο ποσοστό αδελφιών και σε μειωμένης ανάπτυξης ριζικό σύστημα.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες που προσβάλλουν την καλλιέργεια του κριθαριού είναι το ωίδιο (*Blumeria graminis* f. sp. *Hordei*), η καφέ σκωρίαση (*Puccinia hordei*), η κίτρινη σκωρίαση (*P. Striiformis*), ο γυμνός άνθρακας και ο ημικαλυμμένος άνθρακας (*Ustilago nuda* και *Ustilago nigra*), η δικτυωτή κηλίδωση (*Pyrenophora teres*, *Drechslera teres*), η ραβδωτή κηλίδωση (*Pyrenophora graminea*, *Helminthosporium gramineum*), η ελμινθοσπορίαση του λαιμού (*Cochliobolus sativus*, *Bipolaris sorokiniana*, *Helminthosporium sativum*) και η ρυγχόσποριωση (*Rhynchosporium secalis*). Η χημική καταπολέμηση πραγματοποιείται με την εφαρμογή κατάλληλων μυκητοκτόνων όπως αυτά της οικογένειας των τριαζολών, βενζιμιδαζολικών, μορφολιनों, ιμιδαζολών, αιθυλενοδιθειοκαρβαμιδικών κ.α. Επίσης, καλλιεργητικές τεχνικές που αφορούν κυρίως στην καταστροφή των ζιζανίων-εθελοντών, της καλαμιάς και των υπολειμμάτων ως πηγές μολυσματικού υλικού, καθώς και στην εφαρμογή αρόσεων με αναστροφή, ισορροπημένης λίπανσης, αμειψισποράς ή και πρώιμης σποράς μπορεί να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση τους. Γενικά, συστήνεται η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και πιστοποιημένου σπόρου σε συνδυασμό με χημικά ή προληπτικά μέτρα.

Σοβαρές απώλειες προκαλούνται από τον ιό του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (*Barley Yellow Dwarf Virus-BYDV*). Η αντιμετώπιση της ασθένειας πραγματοποιείται με την επιλογή της εποχής σποράς, την ισορροπημένη λίπανση, που καθιστά τα φυτά λιγότερο ευαίσθητα στον ιό, τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, τον έλεγχο των φυτών-εθελοντών (σιτάρι, κριθάρι, βρώμη) και την καταπολέμηση των αφίδων-φορέων που είναι φορείς του ιού.

Οι κυριότεροι εχθροί του κριθαριού είναι η οσινέλλα (*Oscinella frit*), η μύγα του σπόρου του σιταριού (*Hylemia coarctata*), ο χλώρωπας (*Chlorops pumilionis*), η πρασινόμαυρη αφίδα (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae*), η τιπούλη (*Tipula paludosa*), το σκαθάρι του κριθαριού (*Oulema melanopus*) και ο νηματώδης *Heterodera avenae*. Η χημική καταπολέμησή τους πραγματοποιείται με τη χρήση εντομοκτόνων ή σκευασμάτων για την απολύμανση του εδάφους (π.χ. οργανοφωσφορικά, καρβαμικά, πυρεθρίνες κ.α.).

Συγκομιδή

Όταν η καλλιέργεια προορίζεται για την παραγωγή βιοκαυσίμων η συγκομιδή πραγματοποιείται κατά το στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης και αφυδάτωσης του καρπού, οπότε το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30 %. Για τη συγκομιδή του σιταριού χρησιμοποιούνται θεριζοαλωνιστικές μηχανές.



Συγκομιδή κριθαριού και μορφοποίηση αχύρου.

Αποθήκευση

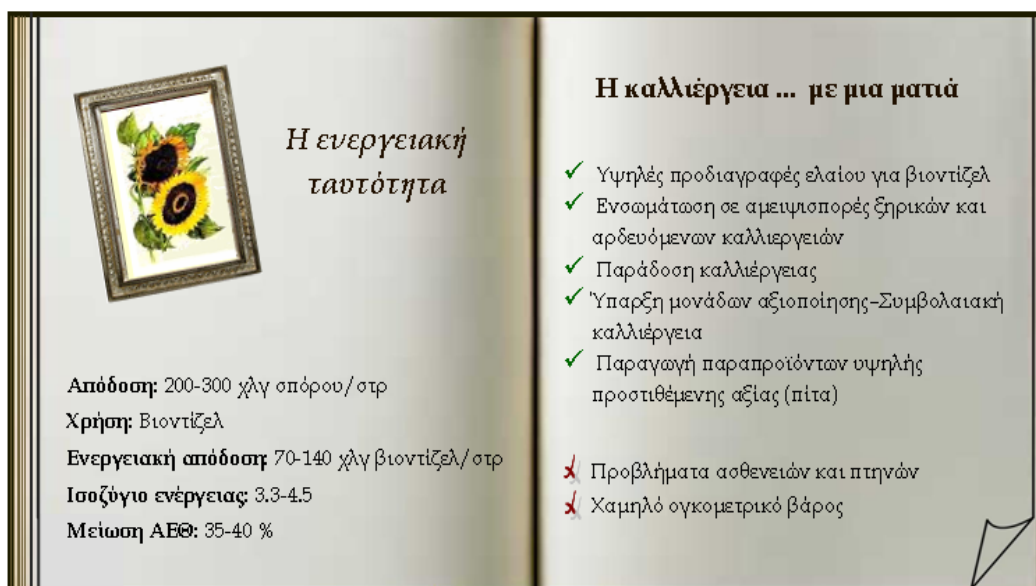
Κατά την αποθήκευση που γίνεται σε σιλό, η υγρασία του σπόρου θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα και να μην υπερβαίνει το 13-14 %.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Οι αποδόσεις του κριθαριού κυμαίνονται κατά μέσον όρο από 200 έως 300 χλγ/στρ. Έτσι η παραγωγή βιοαιθανόλης από το άμυλο του σπόρου ανέρχεται στα 60- 90 λίτρα ανά στρέμμα. Το ενεργειακό ισοζύγιο και η μείωση αερίων του θερμοκηπίου είναι παρόμοια με αυτά του σιταριού. Ταυτόχρονα παράγονται περί τα 70 χλγ ζωτροφής υψηλής προστιθέμενης αξίας (DDGS). Τέλος το άχυρο (περίπου 200 χλγ/στρ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο ή μελλοντικά για βιοαιθανόλη από λιγνοκυτταρίνη.

Ελαιούχα φυτά





Γενικά

Ο ηλιανθος είναι ένα ετήσιο, C3 φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Compositae* και κατάγεται από τη Βόρεια Αμερική. Το καλλιεργούμενο είδος του ηλιανθου είναι ένα από τα 67 είδη του γένους *Helianthus*. Το είδος *Helianthus annuus* υποδιαιρείται σε τρία υποείδη, *Helianthus annuus* ssp. *lenticularis* (άγριο είδος), *H. annuus* ssp. *annuus* (ζιζάνιο) και *H. annuus* ssp. *macrocarpus* (καλλιεργούμενο). Κυριότερες χώρες παραγωγής ηλιανθου είναι η Αργεντινή, Ρουμανία, Ρωσία, Γαλλία, Ισπανία, Τουρκία, Κίνα και οι ΗΠΑ. Στη χώρα μας σήμερα ο ηλιανθος καλλιεργείται σε περιορισμένη έκταση (110.000 στρ, το 2007) που εντοπίζεται στη Θράκη.

Ο ηλιανθος καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή εδώδιμου λαδιού και σπόρων. Το λάδι του έχει μεγάλη ενεργειακή αξία και χρησιμοποιείται στη μαγειρική, στην παρασκευή μαργαρινών, στη σαπωνοποιεία, ως φωτιστικό αλλά και στην παραγωγή βαφών και βερνικιών. Τα στελέχη και η αποφλοιωμένη πίτα ηλιανθου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (35%), χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

Οι σπόροι των κλασικών υβριδίων ηλιανθου περιέχουν έως και 45 % λάδι υψηλής περιεκτικότητας σε ακόρεστα λιπαρά οξέα (85-90 %), όπως το λινολεϊκό (65 %) και ελαϊκό (20-25 %) ενώ τα κορεσμένα οξέα (παλμιτικό και στεατικό) συνήθως δεν υπερβαίνουν το 10-15 %. Το ενδοσπέρμιο, που καταλαμβάνει το 70-75% του καρπού, αποτελείται από λιπίδια (45-65%), πρωτεΐνες (20-30%), υδατάνθρακες (10-25%) και μεταλλικά στοιχεία (3-5%). Ο φλοιός ή περικάρπιο, που συνιστά το 25-30% του καρπού, αποτελείται από υδατάνθρακες (85-96%), λιπίδια (1-5%), πρωτεΐνες (2-6%), και από μεταλλικά στοιχεία (2-4%).

Προσαρμοστικότητα

Ο ηλιανθος είναι φυτό που χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες. Το νεαρό φυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή

στις χαμηλές θερμοκρασίες. Στο στάδιο των κοτυληδόνων και του πρώτου ζεύγους πραγματικών φύλλων το φυτό αντέχει έως τους -2°C και -8°C , αντίστοιχα. Κατά τα επόμενα στάδια ανάπτυξής του, το φυτό γίνεται περισσότερο ευάλωτο στις χαμηλές θερμοκρασίες και μπορεί να καταστραφεί ολοκληρωτικά στους 0°C κατά το στάδιο των 8-10 φύλλων. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μεγιστοποιείται γύρω στους 30°C και οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται σε θερμοκρασία $24-26^{\circ}\text{C}$.

Ο ηλιανθος θεωρείται φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία εξαιτίας του πλούσιου ριζικού του συστήματος που φθάνει σε μεγάλο βάθος και αξιοποιεί ικανοποιητικά τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Σε σύγκριση με το καλαμπόκι και τα τεύτλα, ο ηλιανθος καταναλώνει περισσότερο νερό για την παραγωγή ενός γραμμαρίου ξηράς ουσίας. Λόγω του μεγάλου αριθμού στοματιών, ο ηλιανθος χαρακτηρίζεται από διπλάσιο επίπεδο διαπνοής συγκριτικά με άλλες ανοιζιάτικες καλλιέργειες. Παρ' όλα αυτά, οι φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού προσαρμόζονται εύκολα στις διακυμάνσεις εδαφικής υγρασίας.

Προσαρμόζεται εξίσου καλά σε αμώδη, αργιλώδη και άγονα υποβαθμισμένα εδάφη, με την προϋπόθεση να είναι βαθιά και με ικανοποιητική στράγγιση. Ο ηλιανθος αναπτύσσεται φυσιολογικά σε εδάφη με μικρή αλατότητα ενώ σε μεγαλύτερα επίπεδα μειώνεται τόσο η απόδοση σε σπόρο όσο και η περιεκτικότητα σε λάδι. Παρουσιάζει επίσης καλή προσαρμοστικότητα σε ευρύ φάσμα εδαφικών τιμών pH.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα του ηλιανθου είναι πασσαλώδες, βαθύ με δευτερεύουσες ρίζες που αρχικά παρουσιάζουν οριζόντια και στη συνέχεια κατακόρυφη ανάπτυξη. Το βάθος του συνήθως φθάνει έως και 3 μ και σε μερικές περιπτώσεις ξεπερνά το μήκος του υπέργειου τμήματος. Ο βλαστός είναι ευθυτενής, δασύτριχος με ύψος που κυμαίνεται από 0.5 έως 3.5 μ. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν στέλεχος ύψους 1.6-1.8 μ και διαμέτρου 2.5-3 εκατ. Τα φύλλα είναι έμμοιχα, εκφύονται αντικριστά και το μέγεθός τους εξαρτάται από το ύψος έκπτυξης. Τα φύλλα που βρίσκονται μεταξύ του 8^{ου} και 20^{ου} κόμβου αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας. Η ταξιανθία του ηλιανθου είναι κεφαλή διαμέτρου 10-75 εκατ και περιβάλλεται από βράκτια φύλλα και περιφερειακά άγονα άνθη με εκφυλισμένο στύλο και στίγμα. Στη συνέχεια ακολουθούν τα κανονικά, γόνιμα άνθη που είναι τοποθετημένα σε ομόκεντρα τόξα και αποτελούνται από την ωθήκη, τον κάλυκα, τη στεφάνη και τους στήμονες. Ο καρπός είναι αχάινιο. Το βάρος των 1000 κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 40 και 100 γραμ.



Νεαρά φυτά, στάδια ανθοφορίας και ωρίμανσης.

Γενικά, ο ηλιάνθος χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρό βιολογικό κύκλο. Συνήθως απαιτούνται 100-150 ημέρες από την σπορά μέχρι την ωρίμανση, ανάλογα με το υβρίδιο, την περιοχή καλλιέργειας και τη χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Μετά το φύτευμα ακολουθεί το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης και η ανθική καταβολή εμφανίζεται πριν το φυτό αποκτήσει το τελικό του ύψος. Με την ολοκλήρωση της ανάπτυξης της ταξιανθίας, εμφανίζονται αρχικά τα περιφερειακά άγονα άνθη και στη συνέχεια τα γόνιμα άνθη που σταδιακά ανοίγουν και γονιμοποιούνται. Η ολοκλήρωση της άνθισης χρονικά συμπίπτει με τη μάρανση των περιφερειακών ανθέων. Το φυτό μπαίνει στο στάδιο της ωρίμανσης όταν το πίσω μέρος της κεφαλής κιτρινίζει και το ποσοστό υγρασίας των σπόρων είναι περίπου 40% που, όταν και τα βράκτια φύλλα αποκτήσουν χρώμα καφέ, φθάνει το 30%.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Ο ηλιάνθος είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό σταυρογονιμοποιούμενο και εντομόφιλο είδος. Σήμερα, το σύνολο της καλλιέργειας ηλιάνθου καλύπτεται από ποικιλίες-υβρίδια. Οι εμπορικές ποικιλίες του ηλιάνθου που διατίθενται από πολλές σχετικές εταιρίες, χαρακτηρίζονται από υψηλή προστιθέμενη αξία καθώς είναι ποικιλίες με υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι και ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες.

Οι τύποι ηλιάνθου, ανάλογα με τη χρήση των σπόρων, διακρίνονται σε αυτούς που καλλιεργούνται για την παραγωγή εδώδιμου λαδιού και αυτούς που προορίζονται για την παραγωγή εδωδιμών σπόρων. Τα υβρίδια που καλλιεργούνται για την παραγωγή λαδιού και ενδιαφέρουν την παραγωγή βιοκαυσίμων χαρακτηρίζονται από σπόρους σκούρου έως μαύρου χρώματος, με λεπτό περικάρπιο και υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι (έως 45 %) και πρωτεΐνη (περίπου 20 %). Έχουν δημιουργηθεί και διατίθενται στην αγορά επίσης, υβρίδια με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ (έως 85 % του συνολικού λαδιού). Αντίθετα, οι ποικιλίες ηλιάνθου που προορίζονται για την παραγωγή εδωδιμών σπόρων είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε λάδι και υψηλότερης σε πρωτεΐνες.

Τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου υβριδίου σχετίζονται με την απόδοση, ποιότητα, την αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες και την ευκολία συγκομιδής. Γενικά, προτιμώνται οι ημινάνες ποικιλίες που χαρακτηρίζονται από μικρότερο κατά 25-35 % ύψος που αντέχουν στο πλάγιασμα, ιδιαίτερα επιθυμητή ιδιότητα σε αρδευόμενες καλλιέργειες. Σημαντικό γνώρισμα είναι επίσης η κλήση της κεφαλής για προστασία από τα πουλιά.

Αμειψισπορά

Η εναλλαγή σιτηρών και ηλιάνθου σε ξηρικές περιοχές είναι συμφέρουσα ως πρακτική αφού τα δύο είδη έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε θρεπτικά, το ριζικό τους σύστημα διαφέρει σημαντικά και προσβάλλονται από διαφορετικούς εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια. Σε αρδευόμενα εδάφη, τα συστήματα αμειψισποράς περιλαμβάνουν την εναλλαγή με όσπρια, λαχανικά, τεύτλα κλπ. Τέλος, ήδη δοκιμάζονται πρώιμα υβρίδια για επίσπορη καλλιέργεια μετά το σιτάρι.

Η επαναλαμβανόμενη καλλιέργεια ηλιάνθου στην ίδια τοποθεσία έχει σαν συνέπεια την αυξημένη πιθανότητα προσβολής από εχθρούς και ασθένειες, την αύξηση του πληθυσμού ορισμένων ζιζανίων και κυρίως της οροβάγχης, καθώς και την αύξηση

του πληθυσμού του ηλιάνθου ως ζιζανίου-εθελοντή, με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης της επόμενης καλλιέργειας εξαιτίας της φυτοτοξικότητας (αλληλοπάθεια) από τα υπολείμματα ηλιάνθου και τη μείωση της εδαφικής υγρασίας. Κατά την επιλογή του συστήματος αμειψισποράς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τυχόν προηγούμενες προσβολές από παθογόνα που προσβάλλουν και τον ηλιάνθο (κυρίως *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium* spp., *Rhizopus* spp., *Phoma macdonaldii*), καθώς και η υπολειμματική δράση φαρμάκων.

Προετοιμασία εδάφους

Λόγω του βαθύς ριζικού συστήματος, ενδεχόμενη ύπαρξη αδιαπέρατου υπεδάφιου στρώματος πρέπει να αντιμετωπίζεται με υπεδαφοκαλλιεργητή το προηγούμενο καλοκαίρι, οπότε το έδαφος είναι ξηρό και θρυμματίζεται εύκολα. Κατά την φθινοπωρινή περίοδο, συστήνεται βαθύ όργωμα με αναστροφή, που εξυπηρετεί στην καταπολέμηση των χειμερινών ζιζανίων και στην ανακατανομή του φωσφόρου που, λόγω της δέσμευσής του στα ανώτερα εδαφικά στρώματα, δεν είναι διαθέσιμος στο βάθος όπου απαντάται το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος. Οι ανοιξιάτικες επεμβάσεις που ακολουθούν αποσκοπούν στη δημιουργία κατάλληλης σποροκλίνης για την εξασφάλιση γρήγορου και ομοιόμορφου φυτρώματος, στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και στην καταπολέμηση των ανοιξιάτικων ζιζανίων.

Σπορά

Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την επιλογή της κατάλληλης εποχής σποράς είναι η θερμοκρασία εδάφους που θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 8 °C και η εδαφική υγρασία. Συνήθης εποχή σποράς είναι η περίοδος από μέσα έως τέλη Μαρτίου, οπότε ικανοποιούνται οι απαιτήσεις φυτρώματος σε θερμοκρασία και ταυτόχρονα αποφεύγεται η καταστροφή των σπορόφυτων από τις ξηροθερμικές συνθήκες του καλοκαιριού.

Η σπορά γίνεται γραμμικά με κοινές πνευματικές μηχανές σε αποστάσεις 75 και 10 εκατ μεταξύ και επί της γραμμής σποράς, αντίστοιχα. Ο συνήθης αριθμός φυτών ανά στρέμμα είναι 6.500-7.000 για αρδευόμενες καλλιέργειες ενώ για τις ξηρικές συνιστάται μειωμένη πυκνότητα της τάξης των 5000-5.500 φυτών/στρ. Το βάθος σποράς κυμαίνεται μεταξύ 3 και 5 εκατ, ανάλογα με το μέγεθος του σπόρου, την εδαφική υγρασία και τη θερμοκρασία. Η ποσότητα του σπόρου είναι συνήθως 350-500 γραμ/στρ.

Ζιζανιοκτονία

Τα κυριότερα ζιζάνια που παρατηρούνται στην καλλιέργεια του ηλιάνθου είναι το κοκκινόριζο χηνοπόδιο (*Amaranthus retroflexus*), η αμβροσία (*Ambrosia artemisiifolia*), το χηνοπόδιο (*Chenopodium album*), το γαϊδουράγκαθο (*Cirsium arvense*), η μουχρίτσα (*Echinochloa crus galli*), ο αγρόπυρος (*Elytrigia repens*), το ξάνθιο (*Iva xanthiifolia*), το άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis*), η αγριομελιτζάνα (*Xanthium strumarium*), η σετάρια (*Setaria glauca*) και η αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*). Σημαντική απειλή για την καλλιέργεια αποτελεί επίσης το παράσιτο της οροβάγχης (*Orobancha cumana*, *Orobancha ramosa*), το οποίο αντιμετωπίζεται με τη χρήση ανθεκτικών στην οροβάγχη ποικιλιών καθώς και με ποικιλίες ανθεκτικές στις δραστικές ουσίες ιμιδαζολινόνες ή σουλφονυλουρίες που εφαρμόζονται με ψεκάσμο. Οι ποικιλίες αυτές έχουν δημιουργηθεί σε συμβατικά βελτιωτικά προγράμματα.

Δεδομένης της ευαισθησίας του ηλιάνθου στα ορμονικά ζιζανιοκτόνα, η χημική καταπολέμηση των αγρωστωδών και αρκετών πλατύφυλλων ζιζανίων πραγματοποιείται συνήθως με την εφαρμογή προσπαρτικών (με ενσωμάτωση) ή μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων όπως π.χ. αυτά της οικογένειας των δινιτροανιλινών και τριαζινών. Παράλληλα, προληπτικές μέθοδοι αφορούν στην εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων αμειψισποράς και στην καταστροφή υπολειμμάτων της καλλιέργειας.

Λίπανση

Ο ηλιάνθος ανήκει στα φυτά που είναι απαιτητικά σε θρεπτικά στοιχεία. Η συνιστώμενη λίπανση εξαρτάται από τη γονιμότητα του εδάφους και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την καλλιέργεια. Το άζωτο αποτελεί το κυριότερο θρεπτικό στοιχείο καθώς συμβάλλει στην καλή ανάπτυξη του φυτού, στην επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων και στην αύξηση της περιεκτικότητας σε λάδι και πρωτεΐνη. Η εφαρμογή υπερβολικής δόσης αζώτου υποβαθμίζει την ποιότητα πρωτεΐνης. Ο φώσφορος επηρεάζει την απόδοση και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Το κάλιο συμβάλλει στην αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας, ενώ η έλλειψή του προκαλεί αύξηση του ποσοστού ακόρεστων οξέων. Μια μέση παραγωγή 250 χλγ/στρ απορροφά από το έδαφος 9 μονάδες αζώτου, 5 μονάδες φωσφόρου, 20 μονάδες καλίου, 4 μονάδες μαγνησίου και 12 μονάδες ασβεστίου. Σε αμμώδη εδάφη συνιστάται η αποφυγή εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης κατά τα αρχικά στάδια της καλλιέργειας.

Άρδευση

Αν και η επίτευξη υψηλών αποδόσεων απαιτεί επαρκή άρδευση, η καλλιέργεια στη χώρα μας εγκαθίσταται συνήθως σε ξηρικούς αγρούς. Λόγω της έλλειψης άρδευσης συστήνεται η σωστή διαχείριση των καλλιεργητικών πρακτικών που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας όπως π.χ. ελάχιστη κατεργασία ή επικάλυψη του εδάφους με τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας την χειμερινή περίοδο.

Η καλλιέργεια των σύγχρονων υβριδίων ηλιάνθου χαρακτηρίζεται από υψηλές απαιτήσεις σε νερό που φθάνουν τα 500-600 κ.μ./στρ. Η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο της ανθοφορίας έχει μεγαλύτερη αρνητική επίδραση απ' ό,τι κατά τη βλαστική περίοδο. Η διαθεσιμότητά της κατά την περίοδο της άνθισης έως και την έναρξη της φυσιολογικής ωρίμανσης είναι καθοριστικής σημασίας για το σχηματισμό και το γέμισμα των σπόρων. Η άρδευση σε αγρούς με σχετικά μικρή υδατοϊκανότητα και χονδρόκοκκη κοκκομετρική σύσταση μπορεί να επιφέρει αυξήσεις στην παραγωγή της τάξης του 50%.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες του ηλιάνθου είναι η σκληρωτίνια (*Sclerotinia sclerotiorum*), η φόμοψη (*Diaporthe helianthi*, *Phomopsis helianthi*), η σκωρίαση (*Puccinia helianthi*), ο περονόσπορος (*Plasmopara halstedii*), η σήψη της κεφαλής (*Rhizopus* spp.), η αλτερνάρια (*Alternaria* spp.), ο βοτρώτης (*Botryotinia fuckeliana*, *Botrytis cinerea*), το βερτισιλλίω (*Verticillium dahliae*) και η φόμα (*Phoma* spp.). Η καταπολέμηση τους πραγματοποιείται είτε χημικά, με μυκητοκτόνα της οικογένειας των καρβαμιδικών, διθιοκαρβαμιδικών, φθαλιμιδικών, είτε με προληπτικά μέσα που περιλαμβάνουν τη χρήση ανθεκτικών υβριδίων, τη σπορά σε απαλλαγμένο από μύκητες έδαφος ή/και καταστροφή μολυσμένων φυτών, την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς και την καταπολέμηση φυτών ξενιστών.

Τα έντομα που προκαλούν σοβαρές απώλειες στην καλλιέργεια είναι ο σκόρος του ηλιάνθου (*Homoeosoma electellum*, *Homeosoma nebulellum*), η τυπούλη (*Tipula paludosa*), η μελίγκρα (*Brachycaudus helichrysi*, *Aphis fabae*) και η αγρότιδα (*Agriotes* spp.). Η καταπολέμηση τους γίνεται με εντομοκτόνα της οικογένειας των οργανοφωσφορικών, καρβαμιδικών, πυριμιδινών κλπ. Προληπτικά μέτρα αφορούν στη χρήση ανθεκτικών υβριδίων, στην έγκαιρη σορά και στην εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων αμειψιοπορίας.

Σε περιοχές όπου οι απώλειες από πτηνά είναι μεγάλες συστήνεται πρόωρη συγκομιδή, ή/και χρήση υβριδίων με μεγάλη κλίση κεφαλής. Τελευταία χρησιμοποιούνται ειδικές ηχητικές συσκευές που απωθούν τα πουλιά.

Συγκομιδή

Η ωρίμανση του σπόρου διαρκεί μερικές εβδομάδες και κατά την περίοδο αυτή η περιεκτικότητα σε λάδι μεγιστοποιείται. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν το ποσοστό υγρασίας του σπόρου κυμαίνεται μεταξύ 10 και 15%, οπότε ο αλωνισμός πραγματοποιείται με μικρές ή καθόλου απώλειες. Στη χώρα μας, η συγκομιδή γίνεται κατά την περίοδο από τέλη Αυγούστου μέχρι αρχές Σεπτεμβρίου, αλλά ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες μπορεί να παραταθεί έως και τον Οκτώβριο. Σε επίσορη καλλιέργεια η συγκομιδή μπορεί να γίνει και το Νοέμβριο.

Η συγκομιδή πραγματοποιείται με συμβατικές αλωνιστικές μηχανές σιτηρών αφού προηγηθούν οι κατάλληλες προσαρμογές, που κυρίως περιλαμβάνουν την προσθήκη μαχαιριού κατάλληλου για τον αλωνισμό του ηλιάνθου και ανέμης η οποία ωθεί τα φυτά στη μηχανή για την ελαχιστοποίηση των απωλειών που, εάν δεν ληφθούν τα παραπάνω μέτρα, μπορεί να φθάσουν έως και 50%.


Αποθήκευση

Η ξήρανση του προϊόντος είναι αναγκαία σε περιοχές με υγρό φθινόπωρο, σε μεγάλες περιόδους αποθήκευσης και στην περίπτωση πρόωμης συγκομιδής που κρίνεται για μείωση των απωλειών από το τίναγμα του σπόρου και τις καταστροφές από πτηνά. Το συγκομιζόμενο προϊόν αποθηκεύεται σε εγκαταστάσεις ανάλογες με αυτές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση σιτηρών ή καλαμποκιού. Η καλή διατήρηση του προϊόντος καθορίζεται κυρίως από την υγρασία και θερμοκρασία που επιδιώκεται να είναι σε επίπεδα που δεν ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Γενικά, συστήνεται άμεση ξήρανση μετά τη συγκομιδή και διατήρηση σε αποθηκευτικούς χώρους με θερμοκρασία μικρότερη του 20 %.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Οι τυπικές αποδόσεις σπόρου ξηρικής καλλιέργειας ηλιάνθου στην περιοχή του Έβρου κυμαίνονται από 150 έως 200 χλγ/στρ. Υπό αρδευόμενες συνθήκες οι αποδόσεις μπορεί να φθάσουν και τα 300-400 χλγ/στρ. Με ελαιοπεριεκτικότητα 40%, οι μέσες αντίστοιχες αποδόσεις σε βιοντίζελ ανέρχονται σε 70 και 140 χλγ/στρ. Από την επεξεργασία ενός τόνου σπόρων ηλιάνθου παράγονται 0.4 τόνοι λαδιού και 0.55 τόνοι πίτας. Το ενεργειακό ισοζύγιο μιας καλλιέργειας (ο λόγος εκροών προς εισροές) είναι ο βασικότερος παράγοντας αξιολόγησής της. Για τον ηλιάνθο η συνολική ενέργεια εισροών έχει υπολογιστεί, με βάση την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή περίπου 180 χλγ σπόρου/στρ, σε 1.049 GJ/στρ με την λίπανση να αποτελεί την κύρια πηγή εισροών. Οι ενεργειακές εκροές της καλλιέργειας υπολογίστηκαν από την μετατροπή της τελικής παραγωγής σπόρου και ξηράς ουσίας

που προέρχεται από τα στελέχη. Η καθαρή ενεργειακή αξία της καλλιέργειας, λαμβάνοντας υπόψη και τις εκροές από την εκτός του σπόρου βιομάζα, υπολογίζεται σε 3.687 GJ /στρ και άρα το ενεργειακό ισοδύναμο είναι περίπου 4.5. Το ενεργειακό ισοζύγιο, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η παραγόμενη βιομάζα, έχει υπολογισθεί σε 3.3. Η μείωση των ΑΕΘ από την καύση του βιοντίζελ ηλίανθου κυμαίνεται από 35 έως 40 %.



Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 120-400 χλγ σπόρου/στρ
Χρήση: Βιοντίτζελ, δυνατότητα παραγωγής στερεών ή υγρών καυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 75-120 χλγ βιοντίτζελ/στρ
Ισοζύγιο ενέργειας: 2.1-3
Μείωση ΑΕΘ: 35-45 %

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Υπάρχουσες μονάδες αξιοποίησης του προϊόντος
- ✓ Χειμερινή καλλιέργεια
- ✓ Υψηλές προδιαγραφές ελαίου για βιοντίτζελ
- ✓ Παραγωγή παραπροϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (ζωοτροφές)
- ✓ Δυνατότητα συμπληρωματικής-επίσπορης καλλιέργειας
- ✗ Πολύ μικρή περίοδος συγκομιδής
- ✗ Μικρή εμπειρία της καλλιέργειας
- ✗ Απαραίτητη εδαφική υγρασία για φύτευμα
- ✗ Κίνδυνος παγετού από όψιμες σπορές

Γενικά

Η ελαιοκράμβη είναι ένα ετήσιο, C3 φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Cruciferae* και πιθανότατα κατάγεται από την περιοχή της Μεσογείου. Το γένος *Brassica* περιλαμβάνει την ελαιοκράμβη (*B. napus*) και τα είδη *B. rapa*, *B. carinata*, *B. nigra* και *B. oleracea*. Το περισσότερο διαδεδομένο είδος είναι το *B. rapa* που παρουσιάζει εξάπλωση από τη Βόρεια Ευρώπη έως την Κίνα και την Κορέα. Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης σήμερα παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση με κυριότερες χώρες παραγωγής την Ινδία, την Κίνα, τον Καναδά, τις ΗΠΑ, το Πακιστάν, την Πολωνία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ολλανδία και την Αγγλία. Στην Ευρώπη, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης ξεκίνησε στα μέσα του 15^{ου} αιώνα και σήμερα καταλαμβάνει έκταση περίπου 50 εκατ στρ με τη Γαλλία, τη Γερμανία και την Αγγλία να καλύπτουν το 85% της συνολικής έκτασης. Στην Ελλάδα, η ελαιοκράμβη καλλιεργείται σε μικρές πειραματικές εκτάσεις για την αξιολόγηση της ως ενεργειακό φυτό.

Η ελαιοκράμβη, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε λάδι εξαιρετικής ποιότητας, αποτελεί σήμερα την πιο σημαντική πηγή εδωδιμου λαδιού για τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Το λάδι που εξάγεται από την ελαιοκράμβη χρησιμοποιείται επίσης για την παρασκευή μαργαρίνης, σαπουνιών, χρωμάτων, φαρμάκων, πλαστικών, λιπαντικών ή ως συστατικό μείγματος σε ορυκτά λάδια. Μετά την εξαγωγή του λαδιού τα υπολείμματα της καλλιέργειας (πίτα), λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες (10-45%, χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Δεδομένης της υψηλής περιεκτικότητάς της σε έλαια και της διαθεσιμότητας της απαραίτητης τεχνογνωσίας, η ελαιοκράμβη αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής βιοντίτζελ στην ΕΕ.

Η περιεκτικότητα της ελαιοκράμβης σε λάδι κυμαίνεται μεταξύ 40 και 45%. Τα κύρια συστατικά του λαδιού είναι το ελαϊκό (60%), λινολεϊκό (10%) και λινολενικό (20%), ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε κορεσμένα οξέα δεν υπερβαίνει το 6%.

Προσαρμοστικότητα

Η ελαιοκράμβη προσαρμόζεται σε ευρύ φάσμα κλιματολογικών συνθηκών. Γενικά, ως φυτό του βόρειου τμήματος της εύκρατης ζώνης ευδοκίμει σε περιοχές με ήπιο χειμώνα και δροσερό καλοκαίρι. Η βέλτιστη θερμοκρασία βλάστησης και ανάπτυξης είναι περί τους 10 και 20 °C, αντίστοιχα. Η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 0 °C, ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το φυτό διακόπτει την ανάπτυξη του και επιβιώνει μέχρι και στους -15 °C. Οι χειμερινές ποικιλίες χρειάζονται την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών (εαρινοποίηση) για να εισέλθουν στο στάδιο της ανθοφορίας.

Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης απαιτεί περίπου 400-450 χιλ νερού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, με την μισή ποσότητα να απαιτείται κατά το στάδιο της ανθοφορίας και το γέμισμα των λοβών.

Αν και καλλιεργείται σε πληθώρα εδαφικών τύπων, η ελαιοκράμβη προτιμά γόνιμα εδάφη με μέση κοκκομετρική σύσταση και καλή στράγγιση. Η καλλιέργεια αναπτύσσεται καλύτερα σε εδάφη με pH 6-7.5 αλλά μπορεί να αναπτυχθεί και σε πιο αλκαλικά εδάφη με υψηλή αλατότητα.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το φυτό διαθέτει πασσαλώδες ριζικό σύστημα, μεγάλου μήκους και ατρακτοειδούς σχήματος. Το στέλεχος είναι ευθυτενές, διακλαδιζόμενο με ύψος που φθάνει έως 1.5 μ. Τα φύλλα είναι έμμοιχα, λογχοειδούς σχήματος και φέρουν λοβούς που συχνά έχουν επιφανειακά τριχίδια. Η ταξιανθία είναι βότρυς και φέρει άνθη κίτρινου χρωματισμού.



Άνθη, λοβοί, σπόροι.

Ο βιολογικός κύκλος της ελαιοκράμβης διαρκεί 200-240 ημέρες. Το πρώτο στάδιο του, περιλαμβάνει τη βλάστηση του σπόρου, το φύτευμα και την εμφάνιση του σπορόφυτου που πραγματοποιείται 10-14 ημέρες μετά τη σπορά. Ακολουθεί το στάδιο ανάπτυξης του φυλλώματος που διαρκεί αρκετές εβδομάδες και στη συνέχεια το κεντρικό στέλεχος επιμηκώνεται και σχηματίζονται οι πλευρικές διακλαδώσεις. Η διαφοροποίηση των οφθαλμών ξεκινά με την αύξηση της διάρκειας ημέρας και ακολουθεί η ανθοφορία που διαρκεί 14 με 21 ημέρες και η εξέλιξη μέρους των ανθέων σε λοβούς. Τότε ξεκινά η ωρίμανση και το γέμισμα των λοβών ολοκληρώνεται 35-45 ημέρες από την έναρξη της ανθοφορίας. Στο στάδιο αυτό η υγρασία του σπόρου είναι περίπου 40%, ενώ η ωρίμανση ολοκληρώνεται όταν 30-40% των σπόρων στους λοβούς του κύριου στελέχους αλλάξουν χρώμα. Ο βιολογικός κύκλος ολοκληρώνεται με τη ξήρανση των βλαστικών μερών και των λοβών.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Στο εμπόριο διατίθεται μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων με χαρακτηριστικά που ενδείκνυνται για την παραγωγή βιοντίζελ. Γενικά, συστήνεται η χρήση ποικιλιών με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ και χαμηλή σε θειογλυκοζίτες.

Αμειψιοπορά

Η εναλλαγή της καλλιέργειας της ελαιοκράμβης με σιτηρά, κυρίως για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, αποτελεί συνήθη καλλιεργητική τεχνική σε χώρες όπου η ελαιοκράμβη καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις. Την ελαιοκράμβη μπορεί να ακολουθήσει το σιτάρι και το κριθάρι, ενώ αυτή μπορεί να ακολουθήσει ψυχανθή ή χορτοδοτικά φυτά. Πειραματικά συστήματα αμειψιοποράς υποδεικνύουν αύξηση κατά 10-15% της απόδοσης του σιταριού που διαδέχεται την ελαιοκράμβη. Στη χώρα μας σε αρδευόμενες εκτάσεις την ελαιοκράμβη μπορεί να ακολουθήσει επίσπορο καλαμπόκι ή και σόργο εφόσον αντιμετωπίζεται η σεοάμια και η πυραλίδα.

Προετοιμασία αγρού

Οι πρακτικές που ακολουθούνται για την προετοιμασία της σποροκλίνης αφορούν στο ψιλοχωμάτισμα και ισοπέδωση του εδάφους καθώς και στην εξόντωση ζιζανίων. Η κατεργασία του εδάφους, λόγω του μικρού μεγέθους του σπόρου της ελαιοκράμβης, θεωρείται απαραίτητη για την επίτευξη ομοιόμορφου βάθους σποράς και φυτρώματος και πραγματοποιείται συνήθως με επιφανειακό εδαφοκαλλιεργητή σε βάθος 10-14 εκατ.

Σπορά

Η εποχή σποράς εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες και την καλλιεργητική πρακτική που αφορά κυρίως στην εναλλαγή της με άλλες καλλιέργειες. Στις βόρειες χώρες της ΕΕ, όπως η Γερμανία, η Γαλλία και η Αγγλία η ελαιοκράμβη σπέρνεται την περίοδο από τέλη Αύγουστου έως αρχές Σεπτεμβρίου, ενώ σε περιοχές με υγρό χειμώνα μπορεί να εγκατασταθεί ως ανοιξιότικη καλλιέργεια οπότε η σπορά πραγματοποιείται από τέλη Φεβρουαρίου έως αρχές Μαρτίου. Η εποχή σποράς επηρεάζει την τελική απόδοση της καλλιέργειας αλλά δεν προκαλεί μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών του λαδιού. Η ημερομηνία σποράς θα πρέπει να εξασφαλίζει την καλλιέργεια από τον κίνδυνο παγετών. Η ελαχιστοποίηση των απωλειών από το ψύχος πραγματοποιείται όταν τα φυτά εισέρχονται στη χειμερινή περίοδο κατά το στάδιο των 6-8 φύλλων με διάμετρο σταυρού 0.8-1 εκατ.

Στην Ελλάδα, η εποχή σποράς της ελαιοκράμβης κυμαίνεται από Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο. Στα βόρεια γεωγραφικά διαμερίσματα (Μακεδονία και Θράκη) συνιστάται πρώιμη σπορά στα μέσα με τέλη Σεπτεμβρίου, ενώ στις νοτιότερες περιοχές (Θεσσαλία και Στερεά Ελλάδα) η σπορά μπορεί να γίνει μέχρι και μέσα έως τέλη Οκτωβρίου.

Η σπορά πραγματοποιείται γραμμικά σε αποστάσεις 25-45 εκατ και 3.5-5.5 εκατ μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής, αντίστοιχα. Γενικά, μεγάλη πυκνότητα αποδίδει αυξημένη παραγωγή σπόρου αλλά μειωμένη περιεκτικότητα σε λάδι, ενώ το αντίθετο συμβαίνει σε καλλιέργειες μικρής πυκνότητας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα σπόρου εξαρτάται από τη βλαστική ικανότητα του σπόρου, τον εδαφικό τύπο και τις καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια και μετά τη σπορά. Ο επιθυμητός αριθμός φυτών μετά το πέρας της χειμερινής περιόδου εκτιμάται σε 55-65 και 40-45

φυτά/τμ αριθμός που επιτυγχάνεται με 350-450 και 300-350 γραμ σπόρου/στρ για τις ποικιλίες και τα υβρίδια, αντίστοιχα. Η σπορά γίνεται σε βάθος 1-2 εκατ με σπαρτική μηχανή σιταριού ή με πνευματική μηχανή κατάλληλη για μικρού μεγέθους σπόρους.

Ζιζανιοκτονία

Τα ζιζάνια, κυρίως τα αγρωστώδη και τα πλατύφυλλα, αποτελούν απειλή για την ελαιοκράμβη κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής της οπότε χαρακτηρίζεται από μικρή ανταγωνιστική ικανότητα. Γενικά, η ύπαρξη αγρωστωδών ζιζανίων προκαλεί μεγαλύτερες απώλειες συγκριτικά με τα πλατύφυλλα ζιζάνια και η παρουσία τους σε μεγάλο πληθυσμό μπορεί να μειώσει την τελική απόδοση κατά 50%.

Τα αγρωστώδη ζιζάνια που προκαλούν τις σοβαρότερες απώλειες στην καλλιέργεια της ελαιοκράμβης είναι ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η φάλαρη (*Phalaris* spp.), η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), η αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*) και η αγριοβρώμη (*Avena* spp.). Τα κυριότερα πλατύφυλλα ζιζάνια είναι το βλήτο (*Amaranthus retroflexus*), ο στύφνος (*Solanum nigrum*), η μολόχα (*Malva* spp.), η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine*), η στελλάρια (*Stellaria* spp.), η βερόνικα (*Veronica* spp.), το άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis*), και το χαμομήλι (*Chamomilla recutita*). Για την καταπολέμησή τους εφαρμόζεται προσπαρτική ζιζανιοκτονία με τη χρήση σκευασμάτων της οικογένειας των δινιτροανιλινών. Σε περιπτώσεις δυσεξόντων αγρωστωδών ζιζανίων συστήνεται η εφαρμογή μεταφυτρωτικής ζιζανιοκτονίας με σκευάσματα της οικογένειας των αρυλοξυφαινοξυπροπιονικών κατά το στάδιο των δύο πρώτων φύλλων. Επίσης, συνηθισμένη πρακτική αποτελεί η χρήση σκευασμάτων της οικογένειας των διπυριλιδίων λίγο πριν τη σπορά και εφόσον έχουν φυτρώσει τα ζιζάνια. Προληπτικά μέτρα περιλαμβάνουν επιλογές ποικιλιών, πυκνοτήτων φύτευσης, χρόνου σποράς και συστήματος αμειψισποράς.

Λίπανση

Η ελαιοκράμβη είναι φυτό με υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού της κύκλου. Το άζωτο χορηγείται κατά την περίοδο του φθινοπώρου και της άνοιξης ως βασική και επιφανειακή λίπανση. Η βασική λίπανση γίνεται πριν τη σπορά και περιλαμβάνει 2-3 μονάδες αζώτου, 5 μονάδες καλίου και 5 μονάδες φωσφόρου. Κατά την επιφανειακή λίπανση που πραγματοποιείται στις αρχές Μαρτίου, χορηγούνται 8-10 μονάδες αζώτου. Σε πολύ φτωχά εδάφη η δόση της επιφανειακής λίπανσης μπορεί να αυξηθεί κατά 2-3 μονάδες ενώ αντίθετα σε γόνιμα, πλούσια σε άζωτο εδάφη η χορήγηση αζώτου κατά τη βασική λίπανση μπορεί να παραληφθεί. Επίσης, απαραίτητο στοιχείο για την καλλιέργεια είναι το θείο και σε περίπτωση έλλειψής του συστήνεται η χορήγηση 3 μονάδων κατά την επιφανειακή λίπανση.

Αρδευση

Στη χώρα μας, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης μπορεί να είναι είτε τελείως ξηρική ή να δεχθεί 2-3 αρδεύσεις, μία μετά την σπορά για τη διευκόλυνση του φυτρώματος και δύο την άνοιξη κατά τα στάδια ανθοφορίας και γεμίσματος του σπόρου.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες της ελαιοκράμβης είναι η σκληρωτίνια (*Sclerotinia sclerotiorum*), η αλτελνάρια (*Alternaria* spp.), ο βοτρύτης (*Botrytis cinerea*), η φόμα (*Phoma lingam*) και ο περονόσπορος (*Peronospora parasitica*). Στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί μόνο η αδρομύκωση (*Verticillium dahliae*), με ήπια προς το παρόν

συμπώματα που εντοπίζονται κυρίως στο στάδιο της ωρίμανσης. Η καταπολέμηση των παθογόνων μυκήτων πραγματοποιείται χημικά με την εφαρμογή κατάλληλων μυκητοκτόνων της οικογένειας των οργανοφωσφορικών, φθαλιμιδίων, αιθυλενοδιθειοκαρβαμιδικών, διθειοκαρβαμιδικών κ.α., ή με καλλιεργητικές τεχνικές που περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών, την εφαρμογή συστημάτων αμειψιοπορίας, την απολύμανση του σπόρου και την καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και των ζιζανίων ξενιστών.

Οι κυριότεροι εντομολογικοί εχθροί για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης είναι οι *Phyllotreta undula*, *Meligethes* spp., *Plutella xylostella*, *Dasyneura brassicae*, *Ceutorhynchus assimilis* και *C. Obstrictus*, οι αφίδες (*Lipaphis erysimi*, *Brevicoryne brassicae* και *Myzus persicae*), *Lygus* spp. και *Nysius raphanus*. Στη χώρα μας, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα δεδομένα, την καλλιέργεια προσβάλλουν οι αφίδες, και τα κολεόπτερα (*Psylliodes chrysokephala* και *Meligethes aeneus*) κατά το στάδιο της ανθοφορίας. Η καταπολέμηση τους πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλων εντομοκτόνων της οικογένειας των οργανοχλωριωμένων, πυρεθρινοειδών, οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή της ελαιοκράμβης πραγματοποιείται όταν η υγρασία του σπόρου κυμαίνεται μεταξύ 9 και 10%. Λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών που επικρατούν στη χώρα μας, η μείωση της υγρασίας πραγματοποιείται με ταχύ ρυθμό και έτσι μπορεί να συγκομισθεί και σε υψηλότερα επίπεδα (15-16 %), μειώνοντας τον κίνδυνο απωλειών λόγω "τινάγματος" του σπόρου. Κατά το στάδιο αυτό, τα βλαστικά μέρη του φυτού αποκτούν καφέ χρωματισμό και το 90% των σπόρων έχει μαύρο χρώμα.

Η συγκομιδή της ελαιοκράμβης πραγματοποιείται είτε με θερισμό στο ύψος των 25-30 εκατ, ξήρανση με έκθεση στον αγρό (5-10 ημέρες) και αλωνισμό με αλωνιστική μηχανή σιτηρών είτε με θεριζοαλωνιστική μηχανή σιτηρών. Η χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής προϋποθέτει αλλαγή των κόσκινων και την προσαρμογή στην ανέμη κάθετου μαχαιριού για την αποφυγή απωλειών. Η πρώτη μέθοδος εξασφαλίζει ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας του σπόρου, αλλά αυξάνει το κόστος συγκομιδής και ενέχει τον κίνδυνο απωλειών λόγω έκθεσης του συγκομιζόμενου προϊόντος στην ύπαιθρο. Λόγω χαμηλότερου κόστους, η συγκομιδή στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες γίνεται κυρίως με θεριζοαλωνιστικές μηχανές. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αποξηραντικές ουσίες για ταυτόχρονη ωρίμανση των σπόρων και διευκόλυνση της συγκομιδής.

Αποθήκευση

Κατά την αποθήκευση, η υγρασία των σπόρων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 9%. Η εκτιμώμενη απώλεια για κάθε έτος αποθήκευσης είναι 0.4% και 0.1-0.2% για σπόρους με ποσοστά υγρασίας 9% και 7-8 %, αντίστοιχα. Η αποθήκευση του συγκομιζόμενου προϊόντος πραγματοποιείται σε χώρους με χαμηλά ποσοστά υγρασίας και θερμοκρασίας.

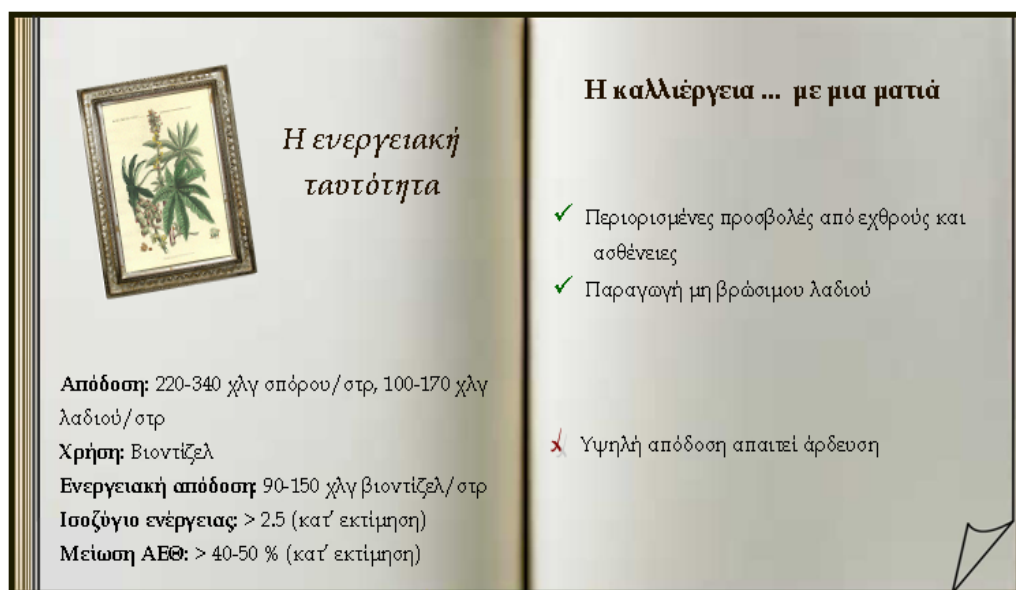
Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Στην Ελλάδα η απόδοση της ελαιοκράμβης σύμφωνα τα μέχρι τώρα πειραματικά και καλλιεργητικά δεδομένα κυμαίνεται μεταξύ 120-250 σε περιοχές όπως ο Εύρος (χωρίς συμπληρωματική άρδευση) ενώ με επαρκή άρδευση σε διάφορες περιοχές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις που φθάνουν και τα 400 χλγ/στρ. Παράλληλα, παράγονται και

0.6-0.8 τόνοι ξηρής βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη από το υπόλοιπο (στελέχη) της καλλιέργειας ελαιοκράμβης. Οι αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής βιοντίζελ είναι περίπου 75 και 120 κιλά/στρ βιοντίζελ για ξηρικές και αρδευόμενες καλλιέργειες αντίστοιχα.

Από ένα τόνο σπόρου ελαιοκράμβης με περιεκτικότητα σε λάδι 35-40 % μπορούν να παραχθούν 0.35 έως 0.4 τόνοι βιοντίζελ, 600-650 χλγ πίτας (με υγρασία) και 0.035 έως και 0.04 τόνοι γλυκερίνης. Το προερχόμενο από την ελαιοκράμβη βιοντίζελ παρουσιάζει σταθερότητα και καλή συμπεριφορά καύσης σε χαμηλές θερμοκρασίες γιατί περιέχει περίπου 60 % ελαϊκό και μόλις 6 % κορεσμένα οξέα. Τα νέα βελτιωμένα υβρίδια έχουν ακόμα μεγαλύτερη περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος. Το ενεργειακό ισοδύναμο για την παραγωγή του βιοντίζελ έχει υπολογισθεί στο 2.1-3 περίπου ενώ η μείωση των ΑΕΘ από τη χρήση του κυμαίνεται από 35 έως 45 %.





Γενικά

Η ρετσινολαδιά είναι πολυετές φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Euphorbiaceae* και κατάγεται από την τροπική ζώνη της Αφρικής. Καλλιεργείται κυρίως στην Ινδία και τη Βραζιλία και δευτερευόντως σε Αργεντινή, Μεξικό και στις ΗΠΑ. Το φυτό καλλιεργείται για τους ελαιούχους σπόρους του και το λάδι (35-55 %) χρησιμοποιείται σαν λιπαντικό, υδραυλικό υγρό καθώς και στην ιατρική. Η πίτα που απομένει μετά την εξαγωγή του λαδιού περιέχει αλκαλοειδή, είναι δηλητηριώδης και αξιοποιείται στην παρασκευή λιπασμάτων. Στην Ελλάδα, η ρετσινολαδιά δοκιμάσθηκε στο παρελθόν ως καλλωπιστικό φυτό.

Προσαρμοστικότητα

Η ρετσινολαδιά είναι φυτό που παρουσιάζει σχετικά ευρεία προσαρμοστικότητα σε ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες. Απαιτεί περίοδο περί τις 180 ημέρες χωρίς παγετούς, υψηλές θερμοκρασίες από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο με μέσο ύψος βροχοπτώσεων περί τα 350-400 χιλ. Η υψηλή υγρασία και βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της άνθισης και του γεμίσματος του σπόρου είναι επιζήμιες. Γενικά, η ρετσινολαδιά προσαρμόζεται άριστα στις περιοχές του Νοτιοδυτικού ημισφαιρίου. Αναπτύσσεται σε γόνιμα, με καλή στράγγιση εδάφη αλλά προτιμά τα αμμώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη με pH που κυμαίνεται από 4.5 έως 8.3.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Η ρετσινολαδιά, αν και είναι πολυετές φυτό σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, καλλιεργείται ως ετήσιο με ύψος που φθάνει τα 1-4 μ. Το ριζικό σύστημα της ρετσινολαδιάς είναι πασσαλώδες και φέρει πληθώρα πλευρικών ριζών που εκφύονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τα φύλλα, με εξαίρεση αυτά του πρώτου γονάτου, εκφύονται κατ' εναλλαγή και είναι έμμοιχα, μεγάλου μεγέθους και φέρουν χαρακτηριστικούς λωβούς. Η ταξιανθία είναι βοτρυώδης και τα άνθη της ρετσινολαδιάς είναι απέταλα και διακρίνονται σε αρσενικά και θηλυκά (στο πάνω

μέρος της ταξιανθίας) και απαντώνται σε αριθμό που ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της ταξιανθίας. Οι σπόροι των σύγχρονων ποικιλιών είναι χρώματος καφέ και βάρους 3-3.5 γραμ. Το περισπέρμιο αποτελεί το 25% του συνολικού βάρους του σπόρου, ενώ το λάδι αποτελεί περί το 50% του ξηρού βάρους του.



Θηλυκό, αρσενικό άνθος, καρπός και σπόροι ρετινολαδιάς.

Την εμφάνιση της κύριας ταξιανθίας ακολουθεί η έκπτυξη πλευρικών βλαστών, σε αριθμό που εξαρτάται από την πυκνότητα φύτευσης και την ποικιλία, από τα γόνата που βρίσκονται κάτω από αυτό που φέρει την ταξιανθία. Σε συνθήκες αγρού εκφύονται 2-3 βλαστοί σε έναν χρόνο. Οι ταξιανθίες που εμφανίζονται στους πλευρικούς βλαστούς αποτελούν τη "δεύτερη άνθιση". Διαδοχικοί πλευρικοί βλαστοί εκφύονται στα γόνата κάτω από τις ταξιανθίες και η ανάπτυξη του φυτού συνεχίζεται με ανάλογο τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του φυτού. Ο βιολογικός κύκλος της ρετινολαδιάς διαρκεί περίπου 140-180 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Αποτέλεσμα βελτιωτικών προγραμμάτων ρετινολαδιάς είναι οι νέες ποικιλίες και υβρίδια με ύψος που κυμαίνεται μεταξύ 0.9 και 1.5 μ έναντι του ύψους των κλασικών ποικιλιών που συνήθως είναι περί τα 1.8-3.7 μ. Μερικές από τις πιο διαδεδομένες ποικιλίες ρετινολαδιάς είναι οι νέες Hale και Lynh, που πλέον χρησιμοποιούνται ως επικονιαστές για την παραγωγή υβριδίων, καθώς επίσης και οι ποικιλίες Conner και Kansas (ΗΠΑ), Rica και Venda (Γαλλία) και T-3, CS-9 και SKI-7 (Ινδία).

Προετοιμασία αγρού

Η εγκατάσταση της ρετινολαδιάς απαιτεί όμοια προετοιμασία σποροκλίνης με αυτή του καλαμποκιού, σόργου και άλλων γραμμικών καλλιεργειών. Η βασική πρακτική που ακολουθείται περιλαμβάνει τη βαθιά άροση χωρίς αναστροφή, σε βάθος 20-30 εκατ, που επιτρέπει τη βαθιά διείδυση της πασσαλώδους ρίζας στο έδαφος. Πρέπει να αποφεύγονται εδάφη που κινδυνεύουν από διάβρωση.

Σπορά

Η ρετινολαδιά είναι εαρινό φυτό που σπέρνεται στα μέσα της άνοιξης, αμέσως μετά τον αραβόσιτο και όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι μεγαλύτερη του 10-12 °C. Χρησιμοποιούνται σπαρτικές μηχανές βαμβακιού αφού γίνουν οι κατάλληλες προσαρμογές. Οι συνήθεις αποστάσεις σποράς είναι 0.95-1 μ και 20-25 εκατ μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής, αντίστοιχα. Το βάθος σποράς είναι 4-8 εκατ, ανάλογα με τη σύσταση και δομή του εδάφους. Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου

κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1.5 χλγ/στρ. Το φύτευμα ολοκληρώνεται 7- 14 ημέρες μετά τη σπορά. Σε αρδευόμενη καλλιέργεια η σπορά γίνεται συνήθως σε αυλάκια.

Ζιζανιοκτονία

Η εξόντωση των ζιζανίων θεωρείται απαραίτητη για την καλλιέργεια της ρετινολαδιάς. Τα ετήσια ζιζάνια καταπολεμούνται με σκαλίσματα ή βοτανίσματα πριν ή μετά την εμφάνιση των σπορόφυτων. Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, συνιστάται επιφανειακό σκάλισμα για την αποφυγή καταστροφής του ριζικού συστήματος του φυτού. Η χημική καταπολέμηση ζιζανίων συνήθως πραγματοποιείται με ενσωμάτωση στο έδαφος προσπαρτικών ζιζανιοκτόνων της οικογένειας των δινιτροανιλινών, προφυτρωτικών της οικογένειας των ουριών και διασυστηματικών της οικογένειας των διπυριλιδίων και οργανοφωσφορικών (γλυκίνες).

Λίπανση

Γενικά, η επίτευξη υψηλών αποδόσεων απαιτεί ικανή ποσότητα αζώτου, φωσφόρου και καλίου. Φτωχά σε άζωτο εδάφη απαιτούν την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης σε ποσότητα 5-15 μονάδων/στρ. Η εφαρμογή φωσφορικής και καλιούχας λίπανσης, σε περίπτωση ανεπάρκειας, συνιστάται σε ποσότητα 4-8 μονάδες/στρ.

Άρδευση

Στην περίπτωση αρδευόμενης καλλιέργειας, συνήθως γίνονται δύο ή περισσότερες ανά δεκαπενθήμερο αρδεύσεις πριν την άνθιση. Η διαχείριση της καλλιέργειας με οικονομικό τρόπο συχνά δεν επιτρέπει την εφαρμογή άρδευσης αλλά η επίτευξη υψηλής απόδοσης επιτυγχάνεται με προσθήκη 150 έως 250 κ.μ./στρ.

Φυτοπροστασία

Η καλλιέργεια της ρετινολαδιάς απειλείται κυρίως από μυκητολογικές προσβολές και νηματώδεις. Οι σημαντικότερες ασθένειες είναι η αλτερναρίωση (*Alternaria ricini*), που προκαλεί αποφυλλώσεις, η *Macrophomina phaseolina* που προκαλεί σήψη και η σκηρωτίνια. Η καλλιέργεια επίσης, πλήττεται από βερτισιλλίωση (*Verticillium* spp.) και το βακτήριο *Xanthomonas ricinicola* αλλά οι ημινάνες ποικιλίες παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα συγκεκριμένα παθογόνα. Η καταπολέμηση των ασθενειών πραγματοποιείται με την εφαρμογή σκευασμάτων της οικογένειας των προπυλενοδιθειοκαρβαμιδικών, φθαλιμιδίων, διθειοκαρβαμιδικών κ.α. Η καλλιέργεια δεν αντιμετωπίζει σοβαρά εντομολογικά προβλήματα.

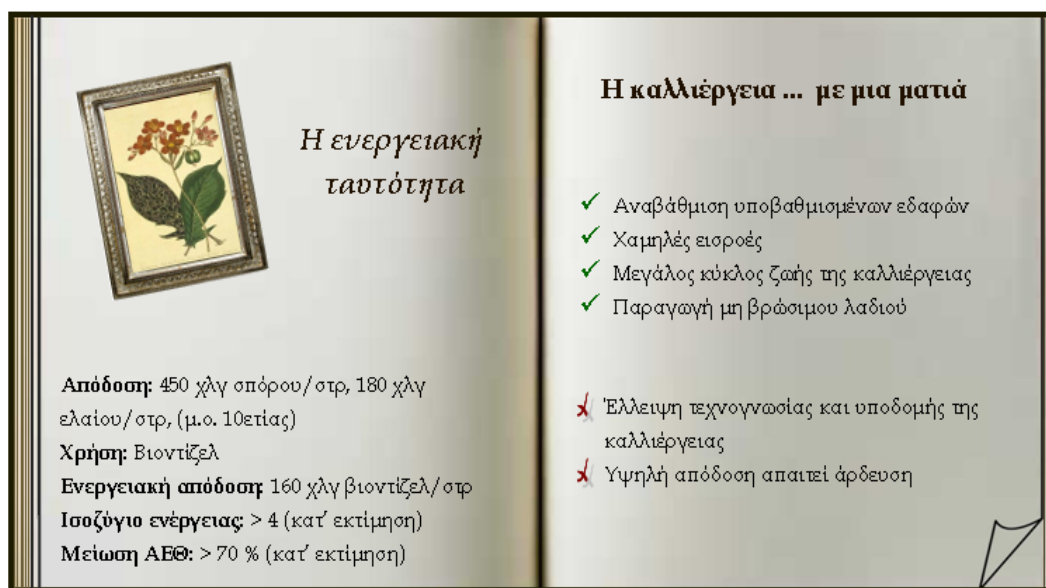
Συγκομιδή - Αποθήκευση

Η συγκομιδή γίνεται όταν η υγρασία του σπόρου είναι μικρότερη από 6 %. Κατά τη συγκομιδή, οι κάψες πρέπει να είναι ξηρές για την εύκολη απελευθέρωση του σπόρου. Η συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί με κατάλληλα τροποποιημένες συγκομιστικές μηχανές σιτηρών, που παράλληλα συνθλίβουν την κάψα και απελευθερώνουν τον σπόρο. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, ο σπόρος της ρετινολαδιάς μπορεί να αποθηκευθεί χωρίς φθορές για τουλάχιστον 2 χρόνια.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Η τελική απόδοση της καλλιέργειας επηρεάζεται από την άρδευση, ιδιαίτερα σε εδάφη με λειπή ή μεσαία κοκκομετρική σύσταση και όπου επικρατεί χαμηλή σχετική υγρασία. Η εξασφάλιση ικανοποιητικής παραγωγής σπόρου επιτυγχάνεται με

καλλιεργητική περίοδο τουλάχιστον 140 ημερών με βέλτιστη την περίοδο 150-160 ημερών. Οι αποδόσεις της αρδευόμενης καλλιέργειας ρετινολαδιάς κυμαίνονται μεταξύ 220 και 340 χλγ σπόρου/στρ. που αντιστοιχούν σε παραγωγή λαδιού 100-170 χλγ/στρ. Λαμβάνοντας υπόψη τα άλλα ελαιούχα φυτά, εκτιμάται ότι το ενεργειακό ισοζύγιο της ρετινολαδιάς είναι περί το 2.5 και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ μεταξύ 40 και 50 %.



Γενικά

Η *Jatropha* είναι πολυετές θαμνώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Euphorbiaceae* και πιθανότατα κατάγεται από την Κεντρική Αμερική και πιο συγκεκριμένα το Μεξικό. Στο γένος *Jatropha* ανήκουν περίπου 175 γνωστά είδη που κατανέμονται σε όλες σχεδόν τις τροπικές και υποτροπικές ζώνες. Τα κυριότερα καλλιεργούμενα είδη *Jatropha* που έχουν καταγραφεί στις διαφορετικές ζώνες καλλιέργειάς (π.χ. Ινδία, Μεξικό, Τζαμάικα, Νικαράγουα, Μαδαγασκάρη κ.α.) είναι: *Jatropha curcas* (τοξικό και μη τοξικό), *J. curcas* x *J. integrerrima*, *J. gossypifolia*, *J. glandulifera*, *J. tanjorensis*, *J. multifida*, *J. podagrica*, *J. integrerrima*, *J. Perezia* και *J. dehganii*.

Το λάδι που παράγεται από τη *Jatropha* χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή μη βρώσιμων ελαίων, σαπωνοειδών και ως καύσιμο φωτισμού και θέρμανσης. Η καλλιέργεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για προστασία από τη διάβρωση σε επικλινή εδάφη, για αναδασώσεις και ως φυσικός φράχτης για την προστασία καλλιεργειών από την βόσκηση, αφού τα ζώα την αποφεύγουν λόγω της τοξικότητας των φύλλων και σπόρων της. Τα υπολείμματα από την επεξεργασία των σπόρων, εξαιτίας της περιεκτικότητάς τους σε ανόργανα συστατικά (άζωτο 6%, φώσφορο 2,75% και κάλιο 0,94%), μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικό λίπασμα. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας και απόδοσης σε έλαια (40% μη εδωδιμου ελαίου), τα τελευταία χρόνια μελετάται η αξιοποίηση της καλλιέργειας στην παραγωγή βιοντίζελ.

Προσαρμοστικότητα

Η *Jatropha curcas* είναι φυτό που παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες και εδαφικούς τύπους. Η σημερινή κατανομή της καλλιέργειας υποδεικνύει την προτίμηση του φυτού σε ξηροθερμικές τροπικές περιοχές με ετήσια βροχόπτωση της τάξης των 300-1000 χιλ. Σε περίοδο παρατεταμένης ξηρασίας το φυτό μπορεί να επιβιώσει διακόπτοντας την ανάπτυξη

και ρίχνοντας τα φύλλα του. Αν και είναι φυτό θερμών περιοχών μπορεί να επιβιώσει σε ήπιους παγετούς, οπότε φυλλοροεί και αποδίδει σημαντικά μειωμένη παραγωγή σπόρου.

Η *Jatropha* γενικά, προτιμά τα αλκαλικά αλλά αναπτύσσεται εύκολα και σε αμμώδη εδάφη με καλή στράγγιση και ικανοποιητικό αερισμό. Σε βαριά εδάφη το ριζικό σύστημα του φυτού δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Η οικονομική ζωή της καλλιέργειας υπολογίζεται στα 30-50 έτη. Το ριζικό σύστημα είναι πασσαλώδες αποτελούμενο από την κεντρική ρίζα και τις εμβρυακές που εξελίσσονται σε δευτερεύουσες πλευρικές. Αντίθετα, φυτά που προέρχονται από μοσχεύματα σχηματίζουν μόνο πλευρικές ρίζες. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 3-5 και 8-10 μ υπό μέτριες και ιδανικές για την καλλιέργεια συνθήκες, αντίστοιχα. Ο κορμός του φυτού είναι ευθυτενής και φέρει βραχίονες που εκκρίνουν κόμιο. Τα φύλλα εκφύονται εναλλάξ στους βραχίονες του φυτού και χαρακτηρίζονται από την παρουσία 5-7 περιφερειακών ρηχών λοβών. Η ταξιανθία είναι έμμοιχη με ατελή άνθη που φέρουν στήμονες ή ύπερους, με τα θηλυκά άνθη να είναι ελαφρώς μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα αρσενικά. Ο καρπός είναι κάψα με σύγκαρπη ωοθήκη.

Σε ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και εδαφικής υγρασίας, η ανθοφορία μπορεί να λάβει χώρα περισσότερες από μία φορές κατά τη διάρκεια του έτους. Οι καρποί παράγονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν τα φύλλα του φυτού έχουν πέσει, και ο αριθμός τους είναι μεγαλύτερος από 10 ανά ταξιανθία. Το βάρος των 1000 σπόρων είναι περίπου 730 γραμ και ο αριθμός τους είναι κατά μέσο όρο 1375 ανά κιλό σπόρου.



Νεαρό δενδρύλλιο, άνθος, καρπός, σπέρματα της *Jatropha curcas*.

Καλλιεργητική τεχνική

Συγκαλλιέργεια

Η συγκαλλιέργεια με διάφορα οπωροκηπευτικά όπως πχ. πιπεριές, τομάτες, αγγούρια, και κολοκυθοειδή αποτελεί ενδιαφέρουσα πρακτική καθώς η *Jatropha*, λόγω των τοξικών ιδιοτήτων της, παρέχει φυτοπροστατευτική δράση στα συγκαλλιεργούμενα φυτά. Κατά αυτόν τον τρόπο, η *Jatropha* παρέχει προστασία από τη βόσκηση εξημερωμένων και άγριων ζώων καθώς και από προσβολές από εχθρούς και παθογόνους μικροοργανισμούς.

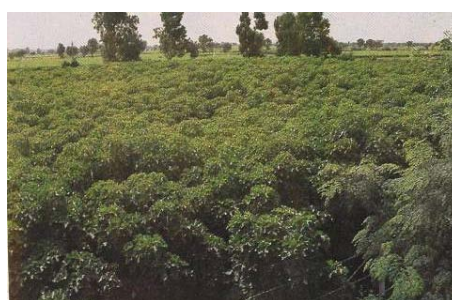
Ποικιλίες

Παρότι έχουν αναπτυχθεί αρκετές υψηλοαποδοτικές ποικιλίες, περισσότερο διαδεδομένη είναι η Cape Verde που παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Άλλες ποικιλίες *Jatropha* με δυνατότητα εκμετάλλευσης προέρχονται από τη Νικαράγουα, την Μαδαγασκάρη, την Ζιμπάμπουε και το Πράσινο Ακρωτήριο.

Σπορά - Φύτευση

Η *Jatropha curcas* πολλαπλασιάζεται με σπόρο ή με μοσχεύματα. Η σπορά μπορεί να γίνει απευθείας στο χωράφι ή σε φυτώριο. Η απευθείας σπορά στο χωράφι προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση σπόρου υψηλής βλαστικής ικανότητας (σπόροι ηλικίας 15 μηνών παρουσιάζουν μειωμένη κατά 50 % βιωσιμότητα), επαρκή εδαφική υγρασία και κατάλληλο βάθος φύτευσης που κυμαίνεται μεταξύ των 3 και 5 εκατ. Σε συνθήκες επαρκούς εδαφικής υγρασίας, το φυτό ολοκληρώνεται σε διάστημα περίπου 10 ημερών. Η χρήση μοσχευμάτων παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία.

Για την εγκατάσταση μιας εμπορικής φυτείας, συνιστάται η φύτευση 250 φυτών/στρ, με μεταξύ τους απόσταση 22 μ, αλλά έχουν εφαρμοσθεί και πυκνότητες φύτευσης 169 και 111 φυτών/στρ που αντιστοιχούν σε απόσταση 2.5×2.5 και 3×3 μ, αντίστοιχα. Κατάλληλη εποχή φύτευσης θεωρείται η περίοδος Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου, οπότε οι πρώτες βροχοπτώσεις εξυπηρετούν στην εξασφάλιση επαρκούς εδαφικής υγρασίας.



Νεαρά δενδρύλλια και στάδιο πλήρους ανάπτυξης.

Κορυφολόγημα - Κλάδεμα

Το κορυφολόγημα, που προκαλεί την ανάπτυξη δευτερευόντων πλάγιων βλαστών, αποτελεί συνήθη πρακτική για τη μέγιστη ανάπτυξη της κόμης του φυτού και την επακόλουθη μεγιστοποίηση της ανθοφορίας και τελικής απόδοσης. Ομοίως, το κορυφολόγημα των δευτερευόντων και τριτογενών βλαστών, στο τέλος του πρώτου έτους, προκαλεί την έκπτυξη τουλάχιστον 25 πλάγιων βλαστών κατά το δεύτερο έτος. Παράλληλα, το ανά δεκαετία αυστηρό κλάδεμα σε ύψος 1 μ από το έδαφος βοηθά στην αναζωογόνηση του φυτού και συμβάλλει στην αύξηση και σταθεροποίηση της απόδοσης. Το φυτό επανέρχεται στο αναπαραγωγικό στάδιο σε διάστημα περίπου ενός έτους.

Ζιζανιοκτονία

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων επιτυγχάνεται με βοτάνισμα κατά την αρχική εγκατάσταση της καλλιέργειας και ανά τακτά χρονικά διαστήματα όταν κρίνεται απαραίτητο. Στα πρώτα χρόνια της καλλιέργειας, συνιστώνται συνήθως 3-4 βοτανίσματα τον χρόνο.

Λίπανση

Παρά την προσαρμοστικότητα σε χαμηλής γονιμότητας και αλκαλικά εδάφη, η επίτευξη υψηλών αποδόσεων απαιτεί την εφαρμογή λίπανσης που περιλαμβάνει μικρές ποσότητες ασβεστίου, μαγνήσιου και θείου. Μετά την φύτευση του δενδρυλλίου, συνιστάται η εφαρμογή 20 γραμ ουρίας (σε δύο δόσεις των 10) και 16 γραμ MoP ή KCl. Κατά τα επόμενα στάδια, η συμβίωση με μυκόρριζα (*mycorrhizal*), κυρίως υπό συνθήκες έλλειψης φωσφόρου, καθώς και η εφαρμογή οργανικής λίπανσης (π.χ. πίτα από την επεξεργασία των σπόρων) σε ποσότητα 0.5 χλγ/στρ, ενισχύει την ανάπτυξη του φυτού και συμβάλλει στη μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Η εφαρμογή ανόργανης λίπανσης συστήνεται κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου, από το δεύτερο έτος της καλλιέργειας. Η συνιστώμενη λίπανση περιλαμβάνει την προσθήκη αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε ποσότητα 5, 30 και 15 χλγ/στρ, αντίστοιχα.

Άρδευση

Η επίτευξη υψηλών αποδόσεων επιτυγχάνεται με την εφαρμογή άρδευσης από τις πρώτες κιόλας μέρες μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Κατά τα επόμενα στάδια και ανάλογα με τη συχνότητα και το ύψος βροχοπτώσεων συστήνεται εφαρμογή άρδευσης ανά δεκαπενθήμερο.

Φυτοπροστασία

Η πλέον επιζήμια ασθένεια, κυρίως κατά τα πρώτα χρόνια εγκατάστασης της καλλιέργειας, είναι η σήψη ριζών και στελέχους που προκαλείται από τους μύκητες *Macrophomina phaseolina* και *Rhizoctonia bataticola*. Η καταπολέμηση πραγματοποιείται με εφαρμογή 1% βορδιάγλειου πολτού (Bordeaux) ή 0.2% οξυχλωριούχου χαλκού στο σημείο προσβολής. Άλλοι μύκητες που μπορεί να προσβάλλουν την καλλιέργεια είναι οι *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium moniliforme*, *Helminthosporium tetramera*, *Pestalotiopsis paraguarensis*, *Pestalotiopsis versicolor* και *Cercospora Jatropha curcas*.

Η καλλιέργεια της *Jatropha*, παρά την τοξικότητα και την εντομοκτόνο δράση του φυτού, απειλείται από 15 τουλάχιστον είδη έντομων της τάξης *Heteroptera* που απομυζούν θρεπτικά συστατικά από τον καρπό του φυτού. Ο κυριότερος εχθρός για την καλλιέργεια είναι τα έντομα *Pachycoris klugii* και *Agonosoma trilineatum* που ανήκουν στην οικογένεια *Scutellaridae*, της τάξης *Heteroptera*. Στην Ινδία, όπου το φυτό καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις ως μονοκαλλιέργεια, έχουν αναφερθεί σημαντικές απώλειες από την προσβολή των εντόμων *Scutellera nobilis* που προκαλεί πτώση των άνθων, μείωση της καρποφορίας και παραμόρφωση των σπερμάτων και *Pempelia morosalis* που τρέφεται από τα άνθη και τους καρπούς. Η αντιμετώπιση των παραπάνω επιτυγχάνεται κυρίως με την χρήση κατάλληλων εντομοκτόνων όπως π.χ. της οικογένειας των οργανοχλωριομένων (endosulphan).

Συγκομιδή

Μετά την συγκομιδή, ακολουθεί η αποξήρανση των καρπών έως ότου ανοίξουν, με έκθεση στον ήλιο για περίπου τέσσερις ημέρες, και στη συνέχεια οι σπόροι διαχωρίζονται (μηχανικά ή με το χέρι) από τις αποξηραμένες κάψες. Η υγρασία των σπόρων θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6 και 10 %. Η αποξήρανση των σπόρων που προορίζονται για σπορά πραγματοποιείται υπό σκιά, καθώς η άμεση έκθεση στον ήλιο δρα ανασταλτικά στη βιωσιμότητά τους.

Αποθήκευση

Η αποθήκευση των σπόρων συνιστάται να γίνεται σε χώρους με χαμηλό ποσοστό υγρασίας, που κυμαίνεται από 5 έως 7%. Η αποθήκευση σε θερμοκρασία δωματίου εξασφαλίζει τη διατήρηση της βιωσιμότητας του σπόρου, για περίπου ένα έτος.


Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Τα δενδρύλλια παράγουν άνθη 9 μήνες μετά την σπορά. Ωστόσο, τα δενδρύλλια που προέρχονται από μοσχεύματα παράγουν άνθη από τον έκτο μήνα μετά την φύτευση και καθ' όλη την διάρκεια του έτους σε αρδευόμενη καλλιέργεια. Η οικονομική απόδοση με πυκνότητα φύτευσης 160-170 φυτά/στρ ξεκινά από το 3^ο έτος της καλλιέργειας. Οι στρεμματικές αποδόσεις της καλλιέργειας *Jatropha* είναι 100-150, 250, 500-600, 650-700 χλγ για τον 2^ο, 3^ο, 4^ο-6^ο, 7^ο-10^ο χρόνο αντίστοιχα.

Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε λάδι, που κυμαίνεται μεταξύ 35 και 37 %, η καλλιέργεια μπορεί να αποδώσει έως και 240 χλγ λαδιού/στρ. Το λάδι λαμβάνεται με έκθλιψη των σπόρων και με τις κατάλληλες επεξεργασίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε ευρύ φάσμα εφαρμογών (κινητήρες εσωτερικής καύσης, αντλίες, γεννήτριες κ.α.). Λαμβάνοντας υπόψη τα άλλα ελαιούχα φυτά, εκτιμάται ότι το ενεργειακό ισοζύγιο θα είναι μεγαλύτερο του 4 και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου μεγαλύτερη από 70 %.

Ζαχαρούχα φυτά



 <p>Η ενεργειακή ταυτότητα</p> <p>Απόδοση: 820-850 χλγ ζυμώσιμη ζάχαρη/στρ Χρήση: Βιοαιθανόλη Ενεργειακή απόδοση: 450-500 λίτρα βιοαιθανόλης/στρ Ισοζύγιο ενέργειας: 1.7-3.2 Μείωση ΑΕΘ: 35-50 %</p>	<p>Η καλλιέργεια ... με μια ματιά</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Άριστη τεχνογνωσία και υποδομή συμβολαιακής καλλιέργειας✓ Ύπαρξη υποδομών ΕΒΖ ΑΕ✓ Παραγωγή παραπροϊόντων με υψηλή προστιθέμενη αξία (ζωοτροφές) <ul style="list-style-type: none">✗ Υψηλές απαιτήσεις σε εισροές✗ Χαμηλή παραγωγή ζυμώσιμων ζαχάρων σε σχέση με βόρειες χώρες στην ΕΕ✗ Έντονη εποχικότητα παραγωγής
---	--

Γενικά

Το ζαχαρότευτλο είναι ένα C3 φυτό εύκρατων περιοχών και ανήκει στην οικογένεια *Chenopodiaceae*. Η καλλιέργεια του είναι διαδεδομένη ευρύτατα σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία. Κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Γαλλία, Ρωσία, Γερμανία, Πολωνία και Αγγλία. Στην Ελλάδα, τα ζαχαρότευτλα καλλιεργούνται από το 1961 με μοναδικό φορέα αξιοποίησης της πρωτογενούς παραγωγής την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης ΑΕ. Το σχήμα συνεργασίας παραγωγών και ΕΒΖ είναι αυτό της συμβολαιακής γεωργίας. Οι οργανωμένες γεωπονικές υπηρεσίες κάθε ζαχαρουργείου παρέχουν όλη την απαιτούμενη συμβουλευτική υποστήριξη στους τευτλοκαλλιεργητές και φροντίζουν επίσης για την χρησιμοποίηση των καταλληλότερων και οικονομικότερων γεωργικών εφοδίων. Έως και το 2006 λειτουργούσαν 5 ζαχαρουργεία στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα που κατεργάζονταν το προϊόν καλλιέργειας 420.000 στρεμμάτων περίπου ετησίως. Με την αναθεώρηση της ΚΟΑ Ζάχαρης, αποσύρθηκε το 51% της εθνικής ποσόστωσης και έτσι σήμερα λειτουργούν μόνο 3 εργοστάσια (Πλατύ, Σέρρες, Ορεστιάδα) με στόχο την κατεργασία πρώτης ύλης από 220.000 στρέμματα.

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε ζαχαρόζη (13-22%), το ζαχαρότευτλο χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την παραγωγή ζάχαρης. Τα παραπροϊόντα της επεξεργασίας των ζαχαρότευτλων είναι η μελάσα που χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλκοόλης και ζυμών αρτοποιίας και η νωπή και η μελασομένη ξηρή πούλπα (pellets) που χρησιμοποιούνται στη διατροφή ζώων. Τα ασβεστούχα υπολείμματα από την επεξεργασία του ζαχαρότευτλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή φωσφόρου και καλίου αλλά και για την βελτίωση του pH του εδάφους.

Προσαρμοστικότητα

Τα ζαχαρότευτλα είναι προσαρμοσμένα σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών αλλά πρώτιστα είναι μία καλλιέργεια των εύκρατων ζωνών του βορείου ημισφαιρίου σε γεωγραφικά πλάτη 35^ο έως 60^ο Βόρεια. Η ελάχιστη θερμοκρασία εδάφους για την έναρξη φυτρώματος του σπόρου είναι 3-4 °C με τα σπορόφυτα να εμφανίζονται σε 20 περίπου ημέρες, ενώ στους 10 °C και 20 °C το φύτευμα επιτυγχάνεται σε 10-12 ημέρες και 5-8 ημέρες, αντίστοιχα. Στο στάδιο των κοτυληδόνων το φυτό είναι ευπαθές σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ με την εμφάνιση των πρώτων μόνιμων φύλλων μπορεί να αντέξει σε ήπιους παγετούς. Η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης κυμαίνεται μεταξύ 19 και 22 °C.

Για την αποθήκευση της ζαχαρόζης στη ρίζα, σημαντικό ρόλο έχει η ύπαρξη σημαντικής διαφοράς θερμοκρασίας ημέρας-νύχτας. Υψηλές θερμοκρασίες νύχτας δεν ευνοούν την αποθήκευση της ζαχαρόζης. Αυτό αποτελεί και έναν από τους βασικούς λόγους χαμηλού ζαχαρικού τίτλου στη χώρα μας (13-14%) σε σχέση με τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης (17-19%).

Οι απαιτήσεις του φυτού σε υγρασία είναι υψηλές εξαιτίας του υψηλού όγκου παραγωγής και μεγιστοποιούνται κατά την περίοδο Μαΐου-Αυγούστου, που χαρακτηρίζεται από έλλειψη βροχοπτώσεων. Για το λόγο αυτό, καθίσταται απαραίτητη η άρδευση, ανεπάρκεια της οποίας προκαλεί αναστολή της ομαλής ανάπτυξης του φυτού. Αντίθετα, οι βροχοπτώσεις του φθινοπώρου ευνοούν την αύξηση του βάρους της ρίζας σε βάρος της ζαχαροπεριεκτικότητας. Γενικά, επαρκής εδαφική υγρασία και ηλιοφάνεια επιδρούν θετικά στην περιεκτικότητα της ρίζας σε ζαχαρόζη.

Το φυτό μπορεί να καλλιεργηθεί σε μεγάλη ποικιλία εδαφών αλλά προτιμά τα βαθειά, καλής υδατοϊκανότητας, με καλή στράγγιση, μέσης γονιμότητας έως γόνιμα εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ουσία και με pH μεταξύ 6.5-8. Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι επίσης σημαντικές τόσο για την ποσοτική όσο και την ποιοτική απόδοση της καλλιέργειας. Τα βαθειά, χαλαρά, πηλώδη-αμμοπηλώδη εδάφη θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα γιατί επιδρούν θετικά στον καλό σχηματισμό και στην ομοιομορφία της ρίζας. Συμπαγή εδάφη έχουν σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση της ρίζας και τη δυσχέραση της συγκομιδής.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το καλλιεργούμενο ζαχαρότευτλο έχει διετή βιολογικό κύκλο. Τον πρώτο χρόνο αναπτύσσεται βλαστικά, μοιάζει με φυτό-ροζέτα και δημιουργεί μια μεγάλη σαρκώδη κωνική ρίζα που περιέχει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά αποθέματα για τον επόμενο χρόνο. Τον δεύτερο χρόνο το φυτό εισέρχεται στο αναπαραγωγικό στάδιο επαγόμενο προς ανθοφορία από τη συνδυασμένη δράση των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα και της μακράς φωτοπεριόδου της δεύτερης χρονιάς.

Ο σπόρος, που έχει ένα ιδιαίτερα σκληρό περίβλημα, βλαστάνει συνήθως σε 3-5 ημέρες από τη σπορά. Η διαδικασία μεγιστοποιείται στους 22-25 °C, ελαχιστοποιείται ή μηδενίζεται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 3 °C και μειώνεται σε θερμοκρασίες πάνω από 30-35 °C.

Η ανάπτυξη της ρίζας από το υποκοτύλιο του σπορόφυτου και την πρωτογενή ρίζα είναι ταχεία. Στις πρώτες 6 εβδομάδες, αυξάνεται κατά 4000% η ξηρά ουσία της

πρωτογενούς ρίζας, δημιουργείται η δομή της ώριμης κύριας ρίζας και αρχίζει η αποθήκευση ζαχαρόζης. Η ρίζα αποτελείται από τη στεφάνη, τον λαιμό και την κυρία ρίζα. Στη στεφάνη της ρίζας, που περιέχει το 6-17% της μάζας της, ευρίσκεται διαταγμένος σε κλειστή σπείρα ο φυλλοφόρος βλαστός από τον οποίο εκφύονται καθ' όλη τη βλαστική περίοδο μεγάλα επιμήκη φύλλα με έντονες νευρώσεις και μεγάλο μίσχο. Η διάρκεια ζωής των φύλλων κυμαίνεται μεταξύ 45-65 ημέρες και εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ο λαιμός είναι μια στενή ζώνη που ευρίσκεται κάτω από τη στεφάνη και δεν φέρει πλευρικά ριζίδια. Η κύρια ρίζα συνήθως φθάνει σε βάθος 1.5 μ και φέρει δύο αυλακίες από τις οποίες εκφύονται πολυάριθμα πλευρικά λεπτά ριζίδια.

Τον δεύτερο χρόνο του βιολογικού κύκλου, εκφύονται φύλλα από τη στεφάνη σε σχήμα ροζέτας όπως κατά τη βλαστική περίοδο. Σε 2-6 εβδομάδες όμως, είναι εμφανής η διαφορετική μορφολογία σε σχέση με αυτή της βλαστικής περιόδου. Τα φύλλα γίνονται προοδευτικά μικρότερα και εμφανίζεται το ανθοφόρο στέλεχος που φτάνει σε ύψος 1.2-1.8 μ και διακλαδίζεται σε δευτερεύοντες βλαστούς οι οποίοι εκφύονται από τη μασχάλη των βράκτιων φύλλων. Η ταξιανθία του φυτού είναι φόβη και φέρει τέλεια άνθη που είτε εκφύονται μεμονωμένα, οπότε μετά την γονιμοποίησή τους δίνουν μονόσπερμους σπόρους, είτε σε ομάδες που δίνουν σύνθετους (πολύσπερμους) καρπούς αποτελούμενους από 2-5 μονόσπερμους σπόρους (συγκάρπια).



Καλλιέργεια σε αρχικό και στο στάδιο πλήρους ανάπτυξης.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Οι καλλιεργούμενες σήμερα στη χώρα μας ποικιλίες ζαχαροτεύτλων, όπως και στις άλλες χώρες της ΕΕ, είναι αποκλειστικά διπλοειδή μονόσπερμα υβρίδια ($2n = 18$) που διατίθενται από τις γνωστές πολυεθνικές σποροπαραγωγικές εταιρίες, ενώ υπάρχει και σημαντική παραγωγή ελληνικών ποικιλιών από το αντίστοιχο βελτιωτικό πρόγραμμα της ΕΒΖ. Τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά την εκλογή της κατάλληλης κατά περίπτωση ποικιλίας είναι η πρωιμότητα (που σχετίζεται με την παραγωγή αυξημένου βάρους ριζών ή ζαχαροπεριεκτικότητας) και η ανθεκτικότητα στην ριζομανία ή/και στην κερκόσπορα.

Αμειψισπορά

Η πιστή εφαρμογή του κατάλληλου συστήματος αμειψισποράς είναι ζωτικότητας σημασίας για την τευτλοκαλλιέργεια, ιδιαίτερα για την ικανοποιητική προστασία της από σημαντικές ασθένειες και εχθρούς. Ταυτόχρονα, η εναλλαγή των καλλιεργειών είναι σημαντική τόσο για την εξασφάλιση της γονιμότητας του

εδάφους όσο και για τον έλεγχο των ζιζανίων με χαμηλότερο κόστος. Η συνιστώμενη αμειψισπορά είναι τετραετής ή και μεγαλύτερη και συνήθως συμμετέχουν ο αραβόσιτος, το βαμβάκι, το σιτάρι και ένα ψυχανθές. Γενικά τα τεύτλα μπορούν να καλλιεργηθούν μετά από σιτηρό έτσι ώστε να επιτραπεί η ολοκλήρωση όλων των απαραίτητων καλλιεργητικών προετοιμασιών του αγρού πριν την σπορά.

Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία για τη σπορά ξεκινάει το προηγούμενο καλοκαίρι με ισοπέδωση, αοβέσωση και υπεδαφοκαλλιέργεια όπου κρίνεται απαραίτητο και συνεχίζεται το φθινόπωρο με βαθύ όργωμα. Πριν τη σπορά, γίνεται ελαφρά επιφανειακή κατεργασία του εδάφους για την ενσωμάτωση της βασικής λίπανσης και την καταστροφή των χειμερινών ζιζανίων. Πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η τυχόν υπολειμματικότητα σκευασμάτων από την προηγούμενη καλλιέργεια (π.χ. ατραζινών) που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη επιτυχία εγκατάστασης της καλλιέργειας του ζαχαρότευτλου.

Σπορά

Η πρώτη σπορά του ζαχαρότευτλου, από τα μέσα Φεβρουαρίου ανεξάρτητα από τη ημερομηνία συγκομιδής, συντελεί σε υψηλότερες αποδόσεις ριζών και ζάχαρης. Κανονική σπορά θεωρείται αυτή που πραγματοποιείται το Μάρτιο ενώ όψιμη αυτή του Απριλίου. Η σπορά γίνεται με πνευματικές σπαρτικές μηχανές ακριβείας, με αποστάσεις 45 εκατ μεταξύ των γραμμών και 15-17 εκατ επί της γραμμής, ώστε να επιτυγχάνεται ένας πληθυσμός 8000-10000 φυτών/στρ. Ο σπόρος είναι κουφετοποιημένος και επενδεδυμένος με διάφορα φυτοπροστατευτικά προϊόντα.

Ζιζανιοκτονία

Τα σπουδαιότερα πλατύφυλλα ζιζάνια της καλλιέργειας του ζαχαρότευτλου είναι το καπνόχορτο (*Fumaria officinalis*), το κίρσιο (*Cirsium arvense*), η λουβουδιά (*Chenopodium album*), η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*), το πολυκόμμι (*Polygonum aviculare*), η στελλάρια (*Stellaria media*), η αγριοβαμβακιά (*Abutilon theophrasti*), ο στόφνος (*Solanum nigrum*) και το βλήτο (*Amaranthus retroflexus*). Τα κυριότερα αγρωστώδη ζιζάνια είναι η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*), η σετάρια (*Setaria viridis*) και η κόπερη (*Cyperus rotundus*). Επίσης το παρασιτικό ζιζάνιο κουσκούτα (*Cuscuta* spp.) αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για την καλλιέργεια με κύρια μέτρα αντιμετώπισής του την εφαρμογή τετραετούς συστήματος αμειψισποράς, την καταστροφή των προσβεβλημένων ζιζανίων και την χημική καταπολέμηση του με προφυτρωτικά ή μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα. Γενικά, ο έλεγχος των ζιζανίων πραγματοποιείται με προληπτικές μεθόδους (αμειψισπορά), με μηχανικά μέσα (π.χ. σκαλίσματα) και με χημικά μέσα που περιλαμβάνουν την εφαρμογή κατάλληλων σκευασμάτων όπως αυτά της οικογένειας των αρυλοξυφαινοξυπροπιονικών, διπυριλιδίων και φαινυλοκαρβαμιδικών.

Λίπανση

Η χορηγούμενη ποσότητα αζώτου κυμαίνεται από 8 έως 15 χλγ/στρ εκ των οποίων οι 5-10 μονάδες χορηγούνται σε αμμωνιακή μορφή ως βασική λίπανση πριν την σπορά και οι υπόλοιπες με νιτρική μορφή επιφανειακά. Η χορηγούμενη ποσότητα φωσφόρου κυμαίνεται από 6-10 χλγ/στρ και αυτή του καλίου, όπου απαιτείται, ανέρχεται σε 7-9 χλγ/στρ. Η μέση άριστη δόση λίπανσης τα τελευταία χρόνια είναι 16 (8+8) λιπαντικές μονάδες αζώτου, 8-10 μονάδες φωσφόρου και, όπου απαιτείται, 10 λιπαντικές μονάδες καλίου ανά στρέμμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις αγρών που

εμφανίζουν τροφопενία βορίου, το στοιχείο προστίθεται είτε με τη βασική λίπανση ή διαφυλλικά.

Άρδευση

Η καλλιέργεια του ζαχαροτεύτλου δέχεται συνήθως 4-8 αρδεύσεις με αρδευτική δόση, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τον εδαφικό τύπο, 40-80 χιλ/στρ. Συγκεκριμένα, απαιτούνται 40-50 χιλ/στρ για ελαφρά αμμώδη, 50-70 χιλ/στρ για μεσαία αμμοπηλώδη και 60-80 χιλ/στρ για βαριά αργιλώδη εδάφη. Τα συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από τα αρδευτικά δίκτυα των περιοχών. Σε συνθήκες έλλειψης επαρκούς εδαφικής υγρασίας από βροχοπτώσεις, πραγματοποιείται ένα πρώτο ελαφρύ πότισμα μετά την σπορά (20-30 χιλ/στρ) για την εξασφάλιση ικανοποιητικού φυτρώματος. Με την ολοκλήρωση του φυτρώματος και μέχρι την πλήρη κάλυψη της εδαφικής επιφάνειας από το φύλλωμα, το φυτό έχει μικρές απαιτήσεις σε νερό οι οποίες συνήθως ικανοποιούνται από την υπάρχουσα υγρασία του εδάφους καθώς το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς και σε βάθος. Σε περίπτωση που την περίοδο αυτή επικρατήσουν ιδιαίτερα ξηροθερμικές συνθήκες συνιστάται ελαφρύ πότισμα. Η πλέον κρίσιμη εποχή για την άρδευση είναι οι μήνες Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος. Οι ανάγκες του φυτού σε νερό από το Σεπτέμβριο και μέχρι τη λήξη της συγκομιδής μειώνονται χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η καλλιέργεια πρέπει να στερηθεί το νερό. Σε παρατεταμένες συνθήκες ξηρασίας, και εφόσον δεν δημιουργείται πρόβλημα στη συγκομιδή, η αρδευτική περίοδος επιβάλλεται να παρατείνεται και μετά από το Σεπτέμβριο. Η άρδευση θα πρέπει να ολοκληρώνεται 2-4 εβδομάδες πριν την συγκομιδή έτσι ώστε τα φυτά να ωριμάσουν φυσιολογικά.

Φυτοπροστασία

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες φυλλώματος των ζαχαροτεύτλων είναι η κερκόσπορα (*Cercospora beticola*) και δευτερευόντως το ωίδιο (*Erysiphe betae*), ενώ οι τήξεις φυταρίων (*Pythium* spp., *Aphanomyces* spp.) δεν αποτελούν πλέον σημαντικό πρόβλημα λόγω της επένδυσης του σπόρου με κατάλληλες φυτοπροστατευτικές ουσίες. Η κερκόσπορα αντιμετωπίζεται με συνδυασμό αμειψισποράς, ανθεκτικών ποικιλιών και προληπτικών καθώς και προστατευτικών ψεκασμών με τη χρήση κατάλληλων μυκητοκτόνων όπως π.χ. της οικογένειας των αιθυλενοδιθειοκαρβαμιδικών, μορφολινών, τριαζολών, αρωματικών ενώσεων, οργανικών ενώσεων χαλκού κ.α. Οι ψεκασμοί γίνονται το ταχύτερο δυνατό μετά από κάθε άρδευση.

Η σοβαρότερη απειλή για την τευτλοκαλλιέργεια προέρχεται από τον ιό της ριζομανίας (*Beet Necrotic Yellow Vein Virus*) που μεταδίδεται με τον ιδιαίτερα διαδεδομένο μύκητα εδάφους *Polymyxa betae*. Η ασθένεια, που μπορεί να προκαλέσει πλήρη καταστροφή της καλλιέργειας, αντιμετωπίζεται αποκλειστικά γίνεται με τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών ενώ βοηθά η αμειψισπορά και η ισορροπημένη άρδευση και λίπανση.

Οι εχθροί του ζαχαροτεύτλου είναι κυρίως ο τανύμαχος (*Tanymecus dilaticolis*), ο κλεονός (*Bothynoderes punctiventris*), η κασσίδα (*Cassida nobillis* και *seraphina*), ο λιξός (*Lixus scabriollis*, *L. junci*), οι κάμπιες φυλλώματος (*Plusia gamma*, *Spodoptera exigua*, *Mamestra brassicae*) καθώς και σε μικρότερο βαθμό η φθοριμαία (*Scrobipalpa ocellaella*) και ο τετράνυχος (*Tetranychus urticae*). Η αντιμετώπιση των εχθρών του ζαχαροτεύτλου επιτυγχάνεται με προληπτικά μέτρα τα οποία περιλαμβάνουν την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς, πρώιμες σπορές και καλλιεργητικές τεχνικές

που εννοούν την γρήγορη ανάπτυξη του φυτού καθώς και με τη χρήση εντομοκτόνων που εφαρμόζονται στο έδαφος ή στο φύλλωμα. Τα κυριότερα εντομοκτόνα είναι τα καρβαμδικά, πυρεθρουνοειδή, οργανοφωσφορικά και οργανοχλωριωμένα.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή και κατεργασία των ζαχαροτεύτλων ξεκινάει τον Αύγουστο και συνήθως διαρκεί από 2 έως 3 μήνες. Ο ακριβής χρόνος συγκομιδής καθορίζεται α) από την κατάσταση της καλλιέργειας: η συγκομιδή πρέπει να επισημευθεί όταν π.χ. τα φυτά είναι προσβεβλημένα από ασθένειες, ο πληθυσμός των ζιζανίων είναι αυξημένος, η διαθεσιμότητα αρδευτικού νερού είναι μικρή, β) από την κατάσταση και την τοποθεσία του αγρού: εδάφη αλατούχα ή αργιλώδη με ανεπαρκή πρόσβαση σε οδικό δίκτυο ή με ανεπαρκή στραγγιστικό δίκτυο πρέπει να συγκομίζονται πριν τις φθινοπωρινές βροχές και γ) από την κατάσταση θρέψεως του αγρού: με βάση δειγματοληψίες των μίσχων τον Ιούλιο μπορεί να εκτιμηθεί η προοπτική περαιτέρω αύξησης της παραγωγής και να καθοριστεί η ημερομηνία συγκομιδής.

Η συγκομιδή πραγματοποιείται με ειδικές συγκομιστικές μηχανές τεύτλων, με πιο συνηθισμένες τις αυτοκινούμενες της μιας ή/και δυο σειρών οι οποίες εκριζώνουν τα φυτά, κόβουν τις κορυφές τους και τα φορτώνουν στα μεταφορικά μέσα. Οι απώλειες κατά την συγκομιδή κυμαίνονται από 5 έως 20 %.

Αποθήκευση


Αμέσως μετά τη συγκομιδή, τα τεύτλα μεταφέρονται με φορτηγά στα σιλό ή/και στην αυλή των ζαχαρουργείων όπου και μπορούν να παραμείνουν μέχρι δύο ημέρες πριν κατεργασθούν. Μετά τα μέσα Οκτωβρίου μπορούν να παραμείνουν μέχρι και 4 ημέρες. Περισσότερες ημέρες αναμονής έχουν ως αποτέλεσμα απώλειες ζαχάρων οι οποίες ανάλογα με τη θερμοκρασία καθίστανται σημαντικές. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα τεύτλα αφήνονται στον αγρό για περίπου μία εβδομάδα και μετά μεταφέρονται στα ζαχαρουργεία.



Συγκομιδή και αποθήκευση ζαχαροτεύτλων.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Η μέση απόδοση της τευτλοκαλλιέργειας στη χώρα μας ανέρχεται στα 820-850 χλγ στρεμματοζάχαρου που διαμορφώνεται από ένα μέσο στρεμματικό βάρος ριζών 6.2 τόνων με μέση ζαχαροπεριεκτικότητα 13.8%. Με τα δεδομένα αυτά από ένα στρέμμα μπορούν να παραχθούν περί τα 450-500 λίτρα βιοαιθανόλης. Το ενεργειακό ισοζύγιο για την βιοαιθανόλη από ζαχαρότευτλα κυμαίνεται μεταξύ 1.7 και 3.2 και η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου από 35 έως 50 %.

 <p>Η ενεργειακή ταυτότητα</p> <p>Απόδοση: 2.5-3.5 τον ξ.ο./στρ, 0.9 τον ζάχαρα/στρ</p> <p>Χρήση: Βιοαιθανόλη, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς</p> <p>Ενεργειακή απόδοση: 500-550 λίτρα βιοαιθανόλης/στρ</p> <p>Ισοζύγιο ενέργειας: >2-6</p> <p>Μείωση ΑΕΘ: 30-40 %</p>	<p>Η καλλιέργεια ... με μια ματιά</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Μειωμένες εισροές συγκριτικά με τον αραβόσιτο✓ Ευχερής ένταξη σε αμειψιπορά - δυνατότητα επίσπορης καλλιέργειας✓ Υψηλή παραγωγικότητα σε σάκχαρα και βιομάζα✓ Δυνατότητα λειτουργίας βιοδιλύστηριού✗ Ευαισθησία στο πλάγιασμα και εντομολογικές προσβολές✗ Έντονη εποχικότητα παραγωγής-ανάγκη άμεσης επεξεργασίας✗ Ανάγκη δημιουργίας υποδομών συγκομιδής και μεταφοράς✗ Απουσία βιομηχανικών μονάδων-περιορισμένη τεχνολογία καλλιέργειας
---	---

Γενικά

Το γλυκό σόργο είναι C4 μονοετές φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae* και πιθανότατα κατάγεται από τη Βορειοανατολική Αφρική. Το γλυκό σόργο ανήκει στο ίδιο είδος με το καρποδοτικό σόργο (*Sorghum bicolor*), χαρακτηρίζεται από μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και υψηλή απόδοση σε βιομάζα μεγάλης περιεκτικότητας σε διαλυτά ζάχαρα και κυτταρίνες.

Από αγρονομική άποψη το γλυκό σόργο μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία των χορτοδοτικών σόργων τα οποία περιλαμβάνουν το σόργο του Σουδάν (*Sorghum sudanense*) καθώς και τα υβρίδια μεταξύ καρποδοτικού σόργου και sudangrass που χαρακτηρίζονται από μεγάλη απόδοση σε βιομάζα. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το κυτταρινούχο ή ινώδες σόργο, υβρίδιο μεταξύ του καρποδοτικού και του σόργου σαρωθροποιίας (*S. scrobarium*). Παράλληλα με τα καλλιεργούμενα υπάρχουν και τα άγρια είδη σόργου, με σημαντικότερο το βέλιουρα (*Sorghum halepense*) που αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα ζιζάνια για πληθώρα καλλιεργειών.

Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των στελεχών σε ζάχαρα (9-13 % νωπού βάρους) και της σχετικά με τον αραβόσιτο μικρότερης απαίτησης σε εισροές, το γλυκό σόργο αποτελεί αντικείμενο εντατικών μελετών για την παραγωγή βιοαιθανόλης με τις κλασικές διαδικασίες ζύμωσης του ζαχαρούχου χυμού. Ταυτόχρονα, μελετάται η αξιοποίηση των στελεχών μετά την εξαγωγή του χυμού για την παραγωγή ζωοτροφών (ενσίρωμα), βιομονωτικών υλικών (λόγω ποσότητας και ποιότητας κυτταρινών) ή και παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόσφατα επίσης, γίνονται συντονισμένες ερευνητικές προσπάθειες για τη βελτίωση της παραγόμενης ποσότητας βιομάζας και αξιοποίησης όλου του φυτού ή μόνο των στελεχών για παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς.

Προσαρμοστικότητα

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο καρποδοτικό σόργο. Έτσι και το γλυκό σόργο χαρακτηρίζεται από καλή προσαρμοστικότητα σε ξηρικές ή ημιξηρικές συνθήκες καθώς οι απαιτήσεις του σε νερό είναι σχετικά μικρές. Λόγω της υψηλής αποτελεσματικότητας αξιοποίησης νερού, μπορεί να επιβιώσει και σε συνθήκες με 300 χιλ υγρασίας εάν αυτή είναι κατάλληλα κατανεμημένη. Είναι φυτό που ευδοκίμει σε πληθώρα εδαφικών τύπων από ελαφρά αργιλώδη έως και βαριά αργιλοπηλώδη αλλά προτιμά τα ελαφρά, γόνιμα εδάφη, με καλή στράγγιση και μέτρια έως υψηλή διαθέσιμη υγρασία. Η ανάπτυξη του πραγματοποιείται σε ευρύ φάσμα τιμών pH που κυμαίνεται μεταξύ 5 και 8.5.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και ο βιολογικός κύκλος του γλυκού σόργου είναι όμοια σε μεγάλο βαθμό με αυτά του καρποδοτικού, που περιγράφονται εκτενώς στην αντίστοιχη ενότητα. Οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ γλυκού και καρποδοτικού σόργου, εκτός φυσικά από την παραγόμενη ποσότητα σπόρου, αφορούν κυρίως στο ύψος του φυτού και την περιεκτικότητα του στελέχους σε ζάχαρα. Το ύψος του στελέχους του γλυκού σόργου εξαρτάται από την ποικιλία, τις κλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες και μπορεί να φθάσει έως και 5 μ αλλά συνήθως δεν υπερβαίνει τα 3.5-4 μ. Το περιεχόμενο των στελεχών σε ζάχαρα, τα οποία κατά κύριο λόγο συσσωρεύονται στην εντεριόνη, κατά το στάδιο ωρίμανσης κυμαίνεται μεταξύ 9 και 13 %.

Η κάλυψη της επιφάνειας του στελέχους με κηρώδεις ουσίες έχει σαν συνέπεια τη μείωση της διαπνοής σε περιόδους ξηρασίας, καθιστώντας την καλλιέργεια ανθεκτική στο πλάγιασμα. Αντίθετα, σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας εμποδίζει το νερό να εισέλθει στο στέλεχος ενισχύοντας έτσι την ανθεκτικότητα στις συνθήκες αυτές (πχ πλημμύρισμα).



Στάχυς, ταξιανθία, ώριμο φυτό.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Στις ΗΠΑ, όπου γίνεται συστηματική καλλιέργεια γλυκού σόργου για την παραγωγή σιροπιών, χρησιμοποιούνται ποικιλίες-πληθυσμοί όπως οι Rio, Dale, Theis, Keller, M81, Torpperer, κ.α. Οι ίδιες αυτές ποικιλίες συμμετείχαν στον εκτεταμένο πειραματισμό που έγινε στην Νότια Ευρώπη τα τελευταία χρόνια.

Δοκιμάζονται επίσης ποικιλίες-υβρίδια με μεγάλη ζαχαροπεριεκτικότητα στα στελέχη που αρχικά δημιουργήθηκαν για κτηνοτροφική χρήση όπως πχ Sugar Graze, με καλά αποτελέσματα. Έχει επίσης αναφερθεί μεγάλος αριθμός ποικιλιών από την Ιταλία και την Ινδία (πχ Urza). Τα κύρια κριτήρια επιλογής κατάλληλου υβριδίου για την αξιοποίηση της καλλιέργειας στην παραγωγή βιοαιθανόλης αφορούν σε μεγάλη απόδοση βιομάζας, υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρα, ανθεκτικότητα στο πλάγιασμα και στις ασθένειες.

Αμειψισπορά

Το σόργο δύναται να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα σχήματα αμειψισποράς όπως π.χ. με άλλα σιτηρά (σιτάρι, αραβόσιτο), ψυχανθή και ελαιούχα φυτά. Μπορεί επίσης να αποτελέσει επίσπορη καλλιέργεια μετά από χειμερινά σιτηρά ή ελαιοκράμβη.

Προετοιμασία αγρού

Οι καλλιεργητικές εργασίες για την προετοιμασία του εδάφους είναι ανάλογες με εκείνες που περιγράφηκαν στις αντίστοιχες ενότητες του καρποδοτικού σόργου και αραβόσιτου, με τη διαφορά ότι, λόγω του μικρότερου μεγέθους του σπόρου γλυκού σόργου, η προετοιμασία κατάλληλης σποροκλίνης είναι ιδιαίτερης σημασίας για την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Γενικά, για όλα τα είδη του σόργου η σπορά πρέπει να γίνεται σε καλά προετοιμασμένο και ψιλοχωματισμένο αγρό. Η προετοιμασία της σποροκλίνης περιλαμβάνει 1 ή 2 οργώματα ή σβαρνίσματα, ανάλογα με την κατάσταση του εδάφους, πριν από την σπορά.

Σπορά

Η σπορά του γλυκού σόργου πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους σταθεροποιηθεί στους 15 °C και συνήθως ακολουθεί κατά 1-2 εβδομάδες τη σπορά του αραβόσιτου. Στη χώρα μας συνήθης εποχή σποράς είναι η περίοδος από αρχές έως μέσα Απριλίου.

Η σπορά γίνεται γραμμικά σε αποστάσεις 70 εκατ και 10-20 εκατ μεταξύ και επί της γραμμής αντίστοιχα, σε βάθος σποράς που κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3 εκατ. Σε γόνιμα εδάφη η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς μπορεί να μειωθεί στα 50 εκατ. Η πυκνότητα της καλλιέργειας επηρεάζει τις αποδόσεις σε ζάχαρα και τη διάμετρο του στελέχους. Η συνιστώμενη ποσότητα σπόρου είναι 3-4 χλγ/στρ. Η σπορά πραγματοποιείται με σπαρτική καλαμποκιού ή σιταριού κατάλληλα ρυθμισμένη.

Ζιζανιοκτονία

Οι καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται για την καταπολέμηση των ζιζανίων είναι όμοιες με αυτές που περιγράφονται στην αντίστοιχη ενότητα του καρποδοτικού σόργου.

Λίπανση

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε αζωτούχο λίπανση είναι μικρότερες συγκριτικά με τον αραβόσιτο και καλύπτονται με την εφαρμογή 5-10 μονάδων/στρ. Η αζωτούχος λίπανση γίνεται όταν τα φυτά έχουν αποκτήσει ύψος περί το 1 μ. Η συνιστώμενη φωσφορική λίπανση, ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους, κυμαίνεται μεταξύ 3 και 5 μονάδων/στρ. Καλιούχος λίπανση απαιτείται σε εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε κάλιο σε ποσότητα 5-10 μονάδων/στρ.

Άρδευση

Λόγω του εκτεταμένου ριζικού του συστήματος και της μορφολογίας του φυλλώματος και του στελέχους, το γλυκό σόργο έχει την ιδιότητα να αντέχει σε παρατεταμένες περιόδους ανεπαρκούς εδαφικής υγρασίας (< 300 χιλ). Παρόλα αυτά, η επίτευξη υψηλών αποδόσεων επιτυγχάνεται με επαρκή άρδευση που κυμαίνεται μεταξύ 400 και 550 κμ. Ο αριθμός των αρδεύσεων εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Στη χώρα μας, συνήθως τρεις αρδεύσεις αρκούν για την παραγωγή ικανοποιητικής σε ποσότητα και ποιότητα βιομάζας. Η άρδευση πραγματοποιείται με αυλάκια ή στάγδην άρδευση.

Φυτοπροστασία

Ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί για το καρποδοτικό σόργο.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή πραγματοποιείται, με χορτοκοπτικές και αυτοδετικές μηχανές όταν ο σπόρος βρίσκεται στο στάδιο του γαλακτώματος, οπότε μεγιστοποιείται η περιεκτικότητα των στελεχών σε ζάχαρα (9-13% του χλωρού βάρους). Ανάλογα με την ποικιλία και δευτερευόντως με την εποχή σορπής, στη χώρα μας η συνήθης εποχή συγκομιδής είναι η περίοδος από αρχές Σεπτεμβρίου έως αρχές Οκτωβρίου. Για την επίσημη καλλιέργεια η συγκομιδή μπορεί να καθυστερήσει και μέχρι τέλος Νοεμβρίου.

Αποθήκευση

Το γλυκό σόργο δεν αποθηκεύεται, παραλαμβάνεται άμεσα ο ζαχαρούχος χυμός και ακολουθεί η εργοστασιακή διαδικασία της ζύμωσης για την παραγωγή της αιθανόλης. Σε περίπτωση που η εξαγωγή του χυμού από τα στελέχη καθυστερήσει η ποσότητα και ποιότητα των ζαχάρων υποβαθμίζεται.


Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Η απόδοση σε βιομάζα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, την περιοχή, την ποικιλία, την γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές πρακτικές. Οι πειραματικές αποδόσεις σε διάφορες χώρες της Νότιας Ευρώπης κυμάνθηκαν περί τους 8-10 τον στελεχών/στρ. Στην Ελλάδα, η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμαίνεται μεταξύ 7 και 12 τον/στρ ή και μεγαλύτερη υπό ιδανικές συνθήκες με αντίστοιχη απόδοση σε ξηρή βιομάζα της τάξης των 2-3.5 τον/στρ. Μια μέση πάντως τιμή σε επίπεδο καλλιέργειας, μετά και από εκτεταμένο σχετικό πειραματισμό της ΕΒΖ ΑΕ και του ΓΠΑ, υπολογίζεται στα 850-900 χλγ ζάχαρης/στρ. Με βάση την εκτίμηση αυτή, η παραγωγή βιοαιθανόλης υπολογίζεται περί τα 500-550 λίτρα/στρ, ενώ το στρεμματικό κόστος παραγωγής αναμένεται θεωρητικά να είναι μικρότερο κατά 15-20% συγκριτικά με τον αραβόσιτο. Ταυτόχρονα, παράγεται βιομάζα για ενσίρωση περί τους 4-5 τον/στρ. Τέλος, παράγονται 100 περίπου χλγ σπόρου ανά στρέμμα. Όπως έχει αναφερθεί, η βιομάζα (βαγάση) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή θερμότητας ή αργότερα για την παραγωγή βιοαιθανόλης 2^{ης} γενεάς. Για την περίπτωση παραγωγής βιοαιθανόλης σήμερα το ενεργειακό ισοζύγιο είναι μεγαλύτερο του 2 και το ποσοστό μείωσης αερίων θερμοκηπίου είναι περί το 30-40 %. Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι μέχρι τώρα δεν έχει υπάρξει παραγωγή βιοαιθανόλης από γλυκό σόργο σε βιομηχανική κλίμακα, κυρίως για λόγους έντονης εποχικότητας της παραγωγής και δυσχέρειας χειρισμού της βιομάζας.

Φυτά βιομάζας

Γεωργικά είδη





Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 2.5-3 τόν.ξ.ο/στρ
Χρήση: Στερεά καύσιμα, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 15-17 GJ, 700-800 λίτρα/στρ βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς
Ισοζύγιο ενέργειας: 3-9.5 (καύση)
Μείωση ΑΕΘ: 80 % (καύση), 65-70% (βιοαιθανόλη)

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Καλή προσαρμοστικότητα στις συνθήκες της χώρας μας
- ✓ Υψηλή απόδοση βιομάζας
- ✓ Σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε λίπανση
- ✓ Περιορισμένες προσβολές από εχθρούς και ασθένειες
- ✗ Υψηλό κόστος εγκατάστασης
- ✗ Υψηλές απαιτήσεις σε άρδευση
- ✗ Πιθανότητα απώλειών το 1^ο έτος εγκατάστασης
- ✗ Εξειδικευμένος εξοπλισμός φύτευσης
- ✗ Έλλειψη τεχνογνωσίας της καλλιέργειας

Γενικά

Ο μίσχανθος (*Miscanthus spp.*) είναι ένα πολυετές αγρωστώδες C-4 φυτό, ανήκει στην οικογένεια των *Poaceae* και κατάγεται από περιοχές της νοτιοανατολικής Ασίας. Το γένος *Miscanthus*, που περιλαμβάνει 17 είδη, είναι συγγενές με το γένος *Saccharum* (περιέχει και το ζαχαροκάλαμο) και μερικά είδη των δύο αυτών γενών διασταυρώνονται μεταξύ τους με ευκολία. Αναφέρονται συνήθως τρία είδη μίσχανθου: *M. sacchariflorus*, *M. sinensis* και *M. floridulus*. Από αυτά, το *M. sacchariflorus* είναι καλύτερα προσαρμοσμένο σε θερμά κλίματα ενώ το *M. sinensis* αποτελεί φυτογενετικό πόρο για ψυχρότερα κλίματα.

Ο μίσχανθος πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ευρώπη το 1930 ως καλλωπιστικό φυτό, ενώ από τα τέλη του 1960 διερευνήθηκε η αξιοποίηση των ινών από την κυτταρίνη του για την παραγωγή δομικών υλικών. Με έναρξη τα μέσα-τέλη του 1980, έχει διεξαχθεί εκτεταμένος πειραματισμός στις Ευρωπαϊκές χώρες για τη χρήση του ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με καύση, ενώ σήμερα το ενδιαφέρον επικεντρώνεται επίσης και στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς. Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν την καλλιέργεια του μίσχανθου ενδιαφέρουσα για όλες τις παραπάνω χρήσεις αφορούν κυρίως στον ταχύ ρυθμό ανάπτυξης, τις χαμηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, τις περιορισμένες προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, την ευχερή εκμηχάνιση της καλλιέργειας και την υψηλή απόδοση βιομάζας που είναι πλούσια σε λιγνοκυτταρίνη.

Προσαρμοστικότητα

Ο μίσχανθος χαρακτηρίζεται γενικά από ευρεία προσαρμοστικότητα. Ως φυτό βέβαια θερμών κλιμάτων, η απόδοση της καλλιέργειας μεγιστοποιείται σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και μικρή φωτοπερίοδο. Δύναται όμως να αναπτυχθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα και σε ψυχρότερα κλίματα (όπως αυτά της Β.

Ευρώπης). Σε αντίθεση με τα ριζώματα του φυτού που αντέχουν σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες, οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι σε θερμοκρασίες μικρότερες των 6 °C και καταστρέφονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των -5 °C, ενώ θερμοκρασίες παγετού στην αρχή της άνοιξης μπορούν επίσης να καταστρέψουν τα νεαρά φύλλα. Οι συνθήκες αυτές συνεπώς αποτελούν την κυριότερη αιτία για την περιορισμένη καλλιεργητική περίοδο στις περιοχές με ψυχρό κλίμα. Η βλαστική ανάπτυξη του φυτού διακόπτεται με τους πρώτους παγετούς του φθινοπώρου και χειμώνα, οπότε πραγματοποιείται μετακίνηση των θρεπτικών συστατικών στα ριζώματα και τελικά ξήρανση του υπέργειου τμήματος. Οι ισχυροί άνεμοι πριν τον πλήρη σχηματισμό των στελεχών ευνοούν το πλάγιασμα του φυτού με συνέπεια την καταστροφή μέρους της φυλλικής επιφάνειας.

Παρά την αποτελεσματική αξιοποίηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, που οφείλεται στο ότι το ριζικό σύστημα του φυτού μπορεί να διεισδύει σε βάθος έως και 2 μέτρα, η καλλιέργεια του μίσχανθου παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις σε νερό σε σύγκριση με άλλα φυτά βιομάζας. Η διαθεσιμότητα επαρκούς υγρασίας μέσω άρδευσης ή ετήσιων βροχοπτώσεων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση της καλλιέργειας, ενώ αντίθετα περιορισμένη εδαφική υγρασία, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, δεν επιτρέπει το μέγιστο δυναμικό απόδοσης. Σε περιόδους ξηρασίας το φύλλωμα του μίσχανθου αρχίζει να ξηραίνεται προκαλώντας απώλειες στην απόδοση, αλλά η καλλιέργεια αναβιώνει την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Η απώλεια σε βιομάζα για κάθε χλυστό υδατικής ανεπάρκειας φθάνει περίπου στα 9 χλγ/στρ.

Ο μίσχανθος αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε πολλούς τύπους εδαφών. Καλά στραγγιζόμενα εδάφη με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, δίδουν ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις αλλά και σε αμμώδη ή αμμοπηλώδη εδάφη με περιεκτικότητα σε άργιλο περί το 10%, οι αποδόσεις είναι επίσης πολύ καλές. Ακόμα και σε αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη, η απόδοση της καλλιέργειας μπορεί να είναι ικανοποιητική με την προϋπόθεση ικανού ύψους βροχοπτώσεων. Υγρά, μη καλώς αεριζόμενα εδάφη, καθώς και εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα είναι ακατάλληλα για την καλλιέργεια του μίσχανθου. Όσον αφορά στο εδαφικό pH, το φυτό αποδίδει καλά σε ένα ευρύ φάσμα τιμών, με βέλτιστες τις τιμές από 5.5 έως 7.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Ο μίσχανθος είναι πολυετές φυτό με διάρκεια ζωής της καλλιέργειας περί τα 15-20 έτη και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα. Το ριζικό του σύστημα είναι πλούσιο, άριστα διακλαδωμένο στο έδαφος και φτάνει σε βάθος μεγαλύτερο του ενός μέτρου. Τα στελέχη του έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη και χαρακτηρίζονται από ευθυτενή ανάπτυξη χωρίς διακλαδώσεις. Η διάμετρός τους είναι περίπου 1 εκατ και το ύψος τους φθάνει τα 2 μ το πρώτο και τα 4 μ το δεύτερο έτος της καλλιέργειας. Τα φύλλα είναι λογχοειδή και τα άνθη του σχηματίζουν πυκνές βοτρυώδεις ταξιανθίες.

Το φυτό παράγει νέους βλαστούς ετησίως που εκπύσσονται από το έδαφος νωρίς την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία του εδάφους φθάσει τους 10-12 °C, και αποκτούν το μέγιστο ύψος τους τον Αύγουστο. Καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται, τα κατώτερα φύλλα ωριμάζουν και πέφτουν, ενώ με τα κρύα του φθινοπώρου η ωρίμανση του φυτού επιταχύνεται και τα θρεπτικά συστατικά μεταφέρονται στα ριζώματα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το φυτό χάνει όλα τα φύλλα του και τα στελέχη του

ξυλοποιούνται με το ποσοστό υγρασίας τους να μειώνεται στο 30-50%. Τα χωρίς φύλλα στελέχη είναι το μηχανικά συγκομιζόμενο προϊόν. Τα στάδια αυτά της ανάπτυξης επαναλαμβάνονται σε ετήσια βάση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της καλλιέργειας.



Καλλιέργεια μίσχανθου πριν και μετά την ανθοφορία.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Οι περισσότερες καλλιεργούμενες στην ΕΕ ποικιλίες μίσχανθου είναι κλώνοι του στείρου τριπλοειδούς υβριδίου *Miscanthus x giganteus* ($n = 57$), που έχει πιθανότατα προκύψει από διειδική διασταύρωση μεταξύ του διπλοειδούς *M. sinensis* με το τετραπλοειδές *M. sacchariflorus*. Το συγκεκριμένο υβρίδιο εισήχθη αρχικά στην Ευρώπη από την Ιαπωνία, ενώ έχει επίσης αναφερθεί στις τροπικές και υποτροπικές ζώνες της ΝΑ Ασίας και στα νησιά του Ειρηνικού.

Οι ποικιλίες του μίσχανθου διατίθενται ευχερώς στο εμπόριο. Το γεγονός ότι οι ποικιλίες είναι στείρες, έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεξέλεγκτης εξάπλωσης του μίσχανθου. Ταυτόχρονα όμως, η στενότητα γενετική βάση των καλλιεργούμενων ποικιλιών αποτελεί αδύναμο σημείο και γίνονται ήδη προσπάθειες διεύρυνσης της μέσω διειδικών και διαγενικών διασταυρώσεων.

Προετοιμασία αγρού

Με δεδομένο ότι η καλλιέργεια του μίσχανθου μπορεί να παραμείνει στον αγρό για τουλάχιστον δεκαπέντε χρόνια, απαιτείται πολύ καλή προετοιμασία του αγρού εγκατάστασης. Η κατεργασία του εδάφους περιλαμβάνει σε πρώτη φάση την καταπολέμηση των πολυετών ζιζανίων με την εφαρμογή ενός ψεκασμού με ένα μη-εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο, κατά το φθινόπωρο πριν τη φύτευση. Στη συνέχεια, κατά τα μέσα Ιανουαρίου, ακολουθεί κανονικό όργωμα ενώ σε συμπιεσμένα εδάφη θα πρέπει να προηγηθεί υπεδαφοκαλλιεργητής. Την άνοιξη, και πριν την φύτευση, απαιτείται κατάλληλη κατεργασία με επιφανειακό σβάρνισμα και ψιλοχωμάτισμα, πρακτική που συμβάλλει στην ανάπτυξη πλούσιου ριζικού συστήματος, στην εξασφάλιση καλής επαφής της ρίζας με το έδαφος, στη βελτίωση του αερισμού του εδάφους και στην καταπολέμηση τυχόν ζιζανίων.

Φύτευση

Ο μίσχανθος μπορεί να πολλαπλασιασθεί συμβατικά με ριζώματα, παραφυάδες, σπόρο καθώς και με *in vitro* τεχνικές. Για λόγους χαμηλού κόστους και ευρωστίας των παραγόμενων φυτών, η μέθοδος που εφαρμόζεται στην καλλιεργητική πρακτική είναι ο πολλαπλασιασμός δια μέσου ριζωμάτων. Τα ριζώματα λαμβάνονται κατά το τέλος του φθινοπώρου από υγιή φυτά, ηλικίας 2-3 ετών με επαρκείς βλαστικές καταβολές. Αφού τεμαχιστούν μηχανικά σε μήκος 8-10 εκατ, τα ριζώματα αποθηκεύονται σε θερμοκρασία -1 έως 1 °C.

Σημαντικός παράγων, για την επιλογή του κατάλληλου χρόνου εγκατάστασης της καλλιέργειας, είναι η θερμοκρασία εδάφους που θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10°C, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται υπόψη η εδαφική υγρασία, η κατάσταση του αγρού και η αποφυγή καταστροφής των νεαρών φυτών από παγετούς. Συνήθης εποχή φύτευσης είναι οι μήνες Απρίλιος και Μάιος.



Ριζώματα μίσχανθου.

Το βάθος φύτευσης των τεμαχισμένων ριζωμάτων, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 1000 έως 3000 στο στρέμμα, είναι 4-6 εκατ και το ποσοστό των ριζωμάτων που αναπτύσσονται σε φυτά υπερβαίνει το 80%. Συνήθεις αποστάσεις φύτευσης είναι 0.8-1 μ μεταξύ των γραμμών και 0.7-1 μ επί της γραμμής. Στην περίπτωση χρήσης φυτών ανεπτυγμένων σε φυτώριο, το ύψος τους πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 30 εκατ και το ριζικό τους σύστημα να είναι καλά ανεπτυγμένο.

Για την φύτευση των ριζωμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν μηχανές φύτευσης πατάτας, οι οποίες εξασφαλίζουν την τοποθέτηση των ριζωμάτων στο κατάλληλο βάθος. Τα ριζώματα φυτεύονται επίσης σε ζεύγη σειρών που απέχουν μεταξύ τους 0.75 μ, με απόσταση 1.75 μ μεταξύ των ζευγών. Υπάρχουν τέλος και ειδικά κατασκευασμένες αυτόματες φυτευτικές μηχανές 2 ή 4 γραμμών.



Ημιαυτόματη μηχανή φύτευσης πατάτας και αυτόματη μηχανή φύτευσης 4 γραμμών.

Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση ζιζανίων είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά την περίοδο εγκατάστασης και τα πρώτα δύο έτη της καλλιέργειας. Μετά την περίοδο αυτή, η ζιζανιοκτονία είναι δευτερεύουσας σημασίας καθώς ο μίσχανθος ως πολυετής, υψηλόκορμο φυτό παρουσιάζει μεγάλη ανταγωνιστικότητα ενώ παράλληλα το επιφανειακό στρώμα που δημιουργείται από την πτώση των φύλλων του φυτού κατά τη διάρκεια ωρίμανσης συμβάλλει επίσης στον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων. Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, όπως πχ. οι σουλφονιλουρίες και οι ατραζίνες, καταπολεμά επιτυχώς τα πλατύφυλλα ζιζάνια. Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση ζιζανιοκτόνων όταν το ύψος της καλλιέργειας είναι μεγαλύτερο του ενός μέτρου.

Λίπανση

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε λίπανση είναι σχετικά χαμηλές λόγω της αποτελεσματικής απορρόφησης και αξιοποίησης θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, καθώς και της ικανότητας μεταφοράς, κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, στοιχείων αυτών στα ριζώματα. Με τον τρόπο αυτό, δεν απομακρύνεται σημαντική ποσότητα θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος κατά τη συγκομιδή. Η εξασφάλιση ωστόσο υψηλών αποδόσεων και η διατήρηση γονιμότητας του εδάφους, απαιτεί την προσθήκη αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε ποσότητα τουλάχιστον 5, 2 και 2 χλγ/στρ, αντίστοιχα. Όσον αφορά σε μεγιστοποίηση των αποδόσεων, σύμφωνα με πολλά πειραματικά δεδομένα, η αντίδραση του μίσχανθου σε αζωτούχο λίπανση μηδενίζεται μετά τα 15 χλγ/στρ. Κατάλληλος χρόνος εφαρμογής της είναι η άνοιξη, πριν τη νέα περίοδο ανάπτυξης του φυτού.

Άρδευση

Παρά το γεγονός ότι και με σχετικά χαμηλή διαθέσιμη εδαφική υγρασία ο μίσχανθος παράγει ικανοποιητικά, η άρδευση αποτελεί ένα από τους βασικότερους παράγοντες για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Οι απαιτήσεις σε άρδευση μπορεί να φθάσουν και τα 700 κ.μ./στρ. Σε κάθε περίπτωση, η εξασφάλιση αποτελεσματικής εγκατάστασης και ανάπτυξης της καλλιέργειας τον πρώτο χρόνο απαιτεί επαρκή άρδευση.

Φυτοπροστασία

Δεδομένου ότι ο μίσχανθος έχει διαδοθεί μόνο πρόσφατα σε χώρες άλλες από τις περιοχές καταγωγής του, δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για τους εχθρούς και ασθένειες της καλλιέργειας. Οι πιθανές απειλές για την καλλιέργεια κατά τους φθινοπωρινούς ή χειμερινούς μήνες δύνανται να προέλθουν από μυκητολογικές ασθένειες όπως η σκωρίαση (*Fusarium*) και ιολογικές ασθένειες (*Barley Yellow Dwarf Luteovirus*) που είναι γνωστό ότι προσβάλλουν το φυτό.

Όσον αφορά σε εντομολογικούς εχθρούς, πιθανές προσβολές αναμένονται από τις προνύμφες των *Mesapamea secalis* και *Herpialus humuli* που τρέφονται από τις ρίζες του φυτού από το φθινόπωρο μέχρι το Μάιο.

Συγκομιδή

Αν και η απόδοση βιομάζας μεγιστοποιείται κατά το τέλος του φθινοπώρου (μέχρι και 2-3 τον/στρ ξηρού βάρους), η συγκομιδή γίνεται συννηθέστερα το Φεβρουάριο-Μάρτιο με απώλειες σε βάρος βιομάζας. Αυτές οι απώλειες όμως είναι ανεκτές επειδή αναβαθμίζεται δραστικά η ενεργειακή απόδοση και αξία της βιομάζας: η περιεκτικότητά της σε υγρασία μειώνεται μέχρι στο 15%-30% και έτσι καθίσταται ευχερέστερος ο χειρισμός της ενώ παράλληλα δεν απαιτείται σημαντική περαιτέρω

ξήρανση. Ταυτόχρονα, μειώνεται η περιεκτικότητα σε τέφρα και ανόργανα συστατικά όπως το κάλιο και το χλώριο που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την διαδικασία αξιοποίησής του ως στερεό βιοκαύσιμο. Ο μίσχανθος μπορεί να συγκομισθεί με την μορφή ψιλοτεμαχισμένου υλικού, μπάλας, δεματιών ή συσσωματωμάτων (pellets) ανάλογα με την μηχανή συγκομιδής που χρησιμοποιείται και την κατεργασία του συγκομιζόμενου υλικού.

Όταν το προϊόν προορίζεται για παραγωγή ενέργειας, η συγκομιδή πραγματοποιείται με μηχανές που δεματοποιούν το προϊόν σε μπάλες 250-600 χλγ με πυκνότητα ξηρής μάζας 120-160 χλγ/κ.μ. Για τη συγκομιδή σε δέματα θα πρέπει να έχει προηγηθεί θερισμός και αποξήρανση, γεγονός που αυξάνει τις απώλειες και το κόστος συγκομιδής. Για την επιλογή του τύπου του μηχανήματος συγκομιδής πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα συμπίεσης του εδάφους που δύναται να αποφέρει καταστροφή των ριζωμάτων του φυτού.



Συγκομιδή και δεματοποίηση μίσχανθου.

Αποθήκευση

Η αποθήκευση δεμάτων μίσχανθου υπόκειται στους χειρισμούς που ισχύουν για κάθε καλλιέργεια. Ιδιαίτερης σημασίας στην αποθήκευση της βιομάζας μίσχανθου είναι το ποσοστό υγρασίας. Για μεγάλα δεμάτια το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό υγρασίας είναι 25%, ενώ στην περίπτωση συμπαγούς δεματοποίησης το αντίστοιχο ποσοστό πρέπει να είναι μικρότερο από 18%. Η αποθήκευση των δεμάτων γίνεται συνήθως σε απλές εξωτερικές εγκαταστάσεις και συχνά απαιτείται η κάλυψη με αδιάβροχο πλαστικό υλικό για την προστασία της βιομάζας. Οι άλλες κατηγορίες είναι προτιμότερο, αλλά όχι απόλυτα αναγκαίο, να αποθηκεύονται σε υπόστεγα ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται και σιλό.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες


Οι αποδόσεις της καλλιέργειας του μίσχανθου σταθεροποιούνται σε δύο έως πέντε έτη μετά την εγκατάσταση της. Οι αποδόσεις αυτές παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στις διαφορετικές περιοχές καλλιέργειας. Οι υψηλότερες αποδόσεις έχουν σημειωθεί σε σχετικά θερμές περιοχές με επαρκή εδαφική υγρασία. Πιο συγκεκριμένα, στις νότιες χώρες όπως η Ελλάδα και η Ιταλία έχουν αναφερθεί αποδόσεις, με άρδευση, της τάξης των 2.5-3.0 τον/στρ ξηρής μάζας ενώ σε βόρειες χώρες όπως η Γερμανία και η Αγγλία οι αποδόσεις είναι σημαντικά μειωμένες.

Η καθαρή ενεργειακή αξία της βιομάζας του μίσχανθου είναι 17 GJ/τον ξηρού βάρους, με τέφρα 2.7 %. Από σχετικές αναλύσεις κύκλου ζωής, σε σύγκριση με άλλες

επιλογές ενεργειακών καλλιεργειών, ο μίσχανθος κατατάσσεται στο μέσο μεταξύ των ετήσιων φυτών (πχ. κράμβη, τεύτλο) και των πολυετών ξυλωδών (πχ. ιτιά, λεύκη), αποδίδοντας έτσι το υψηλότερο ενεργειακό ισοζύγιο συγκριτικά με τις άλλες καλλιέργειες αγρωστωδών. Το ενεργειακό αυτό ισοζύγιο, ανάλογα με τον τρόπο καύσης της βιομάζας, έχει αναφερθεί ότι κυμαίνεται από 3 έως 9.5.

Όσον αφορά στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων με την υπάρχουσα τεχνολογία ζύμωσης της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, υπολογίζεται ότι δύνανται να παραχθούν περί τα 700-800 λίτρα βιοαιθανόλης ανά στρέμμα καλλιεργούμενου μίσχανθου. Ταυτόχρονα, η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τη βενζίνη είναι σημαντική και υπολογίζεται σε 65-70%.





Η ενεργειακή ταυτότητα

Απόδοση: 1-2 τον ξ.ο./στρ
Χρήση: Στερεά καύσιμα, δυνατότητα για παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς
Ενεργειακή απόδοση: 18-36 GJ, 350-800 λίτρα/στρ βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς
Ισοζύγιο ενέργειας: > 10 (καύση)
Μείωση ΑΕΘ: 80 % (καύση), 65-70 % (βιοαιθανόλη)

Η καλλιέργεια ... με μια ματιά

- ✓ Καλή προσαρμοστικότητα στις συνθήκες της χώρας μας
- ✓ Χαμηλό κόστος εγκατάστασης
- ✓ Υψηλή απόδοση βιομάζας
- ✓ Σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε λίπανση
- ✓ Περιορισμένες προσβολές από εχθρούς και ασθένειες
- ✗ Πιθανότητα απωλειών κατά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης
- ✗ Έλλειψη τεχνογνωσίας της καλλιέργειας

Γενικά

Το switchgrass είναι ένα πολυετές, αγρωστώδες C4 φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Είναι ενδημικό φυτό της Βόρειας Αμερικής και σήμερα επεκτείνεται σε όλη την Αμερικανική ήπειρο από το Μεξικό έως τον Καναδά. Χρησιμοποιείται παραδοσιακά κυρίως κατά της διάβρωσης του εδάφους και για την παραγωγή χορτονομής και ινών. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια του φυτού έχει εστιαστεί στη χρήση του για την παραγωγή στερεών αλλά και τη δυνατότητα παραγωγής βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς. Δεδομένου ότι η καλλιέργεια χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος εγκατάστασης και υψηλή παραγωγικότητα ακόμα και σε συνθήκες χαμηλών εισροών, το switchgrass αποτελεί ελκυστική λύση για την παραγωγή λιγνιτοκυτταρινούχας βιομάζας.

Προσαρμοστικότητα

Παρά την ευρεία προσαρμοστικότητα σε πληθώρα εδαφικών τύπων που περιλαμβάνει ελαφρά, φτωχά στραγγιζόμενα, πετρώδη, αμμώδη ή εδάφη που πλημμυρίζουν εύκολα, το switchgrass προτιμά τα βαθιά εδάφη που χαρακτηρίζονται από ικανοποιητική υδατοϊκανότητα και στράγγιση. Μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα εύρος εδαφικών τιμών pH από 5 έως 7.5. Σε όξινα άγονα εδάφη, λόγω του πλούσιου ριζικού του συστήματος, παράγει περισσότερη βιομάζα συγκριτικά με άλλες αγρωστώδεις ή δενδρώδεις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αποδεκτά για την καλλιέργεια εδάφη, το switchgrass παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα σε ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Το switchgrass είναι ποώδες φυτό θερμών κλιμάτων που αναπαράγεται με σπόρο. Με την κατάλληλη διαχείριση η παραγωγική διάρκεια της καλλιέργειας μπορεί να υπερβεί τα 15 χρόνια. Το switchgrass είναι φυτό βαθύρριζο (έως 2 μ βάθος) που

παράγει ριζώματα. Το ύψος του φυτού εξαρτάται από την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες και κυμαίνεται από 0,5 έως 2.5 μ. Ως C4 φυτό χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το άζωτο και την εδαφική υγρασία, γεγονός που το καθιστά ένα από τα πλέον παραγωγικά σε βιομάζα αγρωστώδη. Σε σχέση με άλλα αγρωστώδη, το switchgrass διακρίνεται από τα αρχικά στάδια ανάπτυξης από τις καλυπτόμενες με λευκά τριχίδια περιοχές στην ζώνη τομής του φύλλου με το στέλεχος, το οποίο είναι στρογγυλό με κοκκινόχρωμο χρωματισμό. Η ταξιανθία του είναι φόβη και οι σπόροι είναι μικρού μεγέθους με σκληρό περίβλημα. Ανάλογα με την ποικιλία, ο αριθμός τους ανά γραμμάριο κυμαίνεται μεταξύ 500-1000.

Με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις περιβαλλοντικές προτιμήσεις του φυτού, το switchgrass κατατάσσεται σε δύο οικοτύπους. Ο πρώτος τύπος απαντάται σε υγρές πεδινές περιοχές (lowland) και χαρακτηρίζεται από υψηλό, λεπτό και τραχύ στέλεχος, αργότερη ωρίμανση και ανθεκτικότητα στη σκωρίαση, ενώ ο δεύτερος αναπτύσσεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο (upland) και ξηρό κλίμα και χαρακτηρίζεται από μικρότερα, λεπτά, στελέχη και μικρότερη παραγωγή βιομάζας.

Η εμφάνιση των σπορόφυτων λαμβάνει χώρα την άνοιξη, οπότε η θερμοκρασία εδάφους είναι 10 °C και άνω. Η ανάπτυξη του φυτού κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι ταχεία και κατά την περίοδο της ανθοφορίας, που συμβαίνει στο τέλος του καλοκαιριού, η παραγωγή βιομάζας φθάνει το 75% της συνολικής. Με το πέρας της ανθοφορίας τα στελέχη ξυλοποιούνται και αρχίζει η περίοδος ωρίμανσης-ξήρανσης οπότε το φυτό εισέρχεται σε λήθαργο. Σε θερμά κλίματα, όπως αυτά της νότιας Ευρώπης, ο βιολογικός κύκλος του φυτού μπορεί να ολοκληρωθεί με το τέλος της καλοκαιρινής περιόδου. Κατά την διάρκεια του ωρίμανσης τα θρεπτικά στοιχεία από τα φύλλα και τα στελέχη επανατοποθετούνται στις ρίζες και στα ριζώματα όπου και αποθηκεύονται για χρήση τους την επόμενη περίοδο. Αυτή η διαδικασία επανατοποθέτησης, αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης των θρεπτικών στοιχείων βελτιώνει την ποιότητα της παραγόμενης βιομάζας που προορίζεται για παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης.



Νεαρό στάδιο, ανθοφορία και ώριμη καλλιέργεια.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Το ενδιαφέρον για την παραγωγή βιοκαυσίμων από το switchgrass έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια. Οι έρευνες για την αποτίμηση μεγάλου εύρους ποικιλιών του switchgrass έχουν εντατικοποιηθεί τόσο για τους τύπους που μπορούν να αναπτυχθούν σε υψόμετρο όσο και για αυτούς των πεδινών περιοχών. Η παραγωγή

ετερωτικών υβριδίων για μεγιστοποίηση της βιομάζας έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χρησιμοποίηση του φυτού ως πηγή βιοκαυσίμων.

Αρκετές από τις ποικιλίες switchgrass που διατίθενται στην Βόρεια Αμερική μπορούν να εισαχθούν στην Ευρώπη, αφού προσαρμοσθούν στις συνθήκες της περιοχής όπου προορίζεται η εγκατάσταση της καλλιέργειας. Ποικιλίες που κατάγονται από νότιες περιοχές της αμερικάνικης ηπείρου παρουσιάζουν ικανοποιητική προσαρμογή στις νότιες περιοχές της Ευρώπης, αν και μπορεί να καλλιεργηθούν και σε βορειότερες περιοχές με αυξημένο όμως κίνδυνο απωλειών λόγω χειμερινού ψύχους.

Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα από πιλοτικά προγράμματα στην Ευρώπη, οι όψιμες ποικιλίες Alamo και Kanlow (lowland) καθώς και η μέσο-όψιμη Cave-in-rock (upland) προσαρμόζονται και παράγουν ικανοποιητικά στις συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές της νότιας Ευρώπης όπως στην χώρα μας. Ήδη διάφορα βελτιωτικά προγράμματα παράγουν νέες ποικιλίες που σύντομα θα δοκιμασθούν.

Προετοιμασία αγρού

Η εξόντωση των πολυετών ζιζανίων πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας καθώς και η καλλιέργεια του εδάφους πριν την σπορά, ιδιαίτερα σε συμπαγή εδάφη, θεωρούνται απαραίτητες καλλιεργητικές τεχνικές για την δημιουργία κατάλληλης σποροκλίνης. Το κυλίνδρισμα του αγρού πριν και μετά την σπορά είναι επιθυμητό, ώστε να εξασφαλισθεί η καλή επαφή του σπόρου με το έδαφος. Τέλος, πραγματοποιείται προετοιμασία της εδαφοκλίνης με ψιλοχωμάτισμα όπου κρίνεται απαραίτητο.

Σπορά

Η ημερομηνία σποράς καθορίζεται από την θερμοκρασία του εδάφους η οποία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10 °C. Η πρόωμη σπορά που συνεπάγεται βραδύ ρυθμό ανάπτυξης των σποροφύτων, ενέχει τον κίνδυνο υψηλού ανταγωνισμού από ζιζάνια. Ως οδηγός για την ημερομηνία σποράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πρακτική ακολουθείται για την σπορά του αραβοσίτου.

Η σπορά πραγματοποιείται σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 60-80 εκατ και σε βάθος 1-2 εκατ. Για τη σπορά συνιστάται η χρήση 1-2 χλγ σπόρου/στρ, ανάλογα με την βλαστικότητα και ζωτικότητα του σπόρου καθώς και την περιοχή καλλιέργειας. Πολλές φορές είναι αναγκαία η διακοπή του λήθαργου του σπόρου.

Η σπορά γίνεται με παραδοσιακές σπαρτικές μηχανές ή με σποροδιανομέα στην επιφάνεια του αγρού. Στην περίπτωση χρήσης σπαρτικής σιτηρών, προσαρμόζεται κατάλληλος κύλινδρος για μικρού μεγέθους σπόρους έτσι ώστε η ποσότητα του σπόρου να κατανέμεται ομοιόμορφα στη γραμμή σποράς.

Ζιζανιοκτονία

Η εξόντωση των ανοιξιάτικων και καλοκαιρινών ζιζανίων, κυρίως των πολυετών και εθελοντών, είναι ιδιαίτερης σημασίας κατά την προετοιμασία της σποροκλίνης καθώς εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας. Οι περιοχές όπου τα ζιζάνια αποτελούν σημαντική απειλή θα πρέπει να αποφεύγονται. Ιδιαίτερα κρίσιμος είναι ο πρώτος χρόνος της καλλιέργειας ώστε να επιβιώσει ικανοποιητικός αριθμός σποροφύτων. Η καταπολέμηση των ζιζανίων δεν θεωρείται

απαραίτητη τα επόμενα χρόνια, οπότε η καλλιέργεια δύναται να τα ανταγωνιστεί αποτελεσματικά.

Η καταπολέμηση των αγρωστωδών ζιζανίων γίνεται με οργανοφωσφορικά σκευάσματα (γλυκίνες) πριν τη σπορά ή ατραζίνες προ- ή μεταφυτρωτικά. Για τα πλατύφυλλα ζιζάνια έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σκευάσματα της οικογένειας των βενζονιτριλίων, βενζοθειαδιαζινονών και φαινοξυπροπιονικών ημιδαζολινών. Παράλληλα με τη χρήση χημικών, ο έλεγχος των ζιζανίων μπορεί να πραγματοποιηθεί και μηχανικά με θερισμό τους πάνω από το ύψος της καλλιέργειας,

Λίπανση

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε άζωτο είναι σχετικά μικρές καθώς το φυτό χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το διαθέσιμο εδαφικό άζωτο. Σε άγονα ή αρδευόμενα εδάφη συνιστάται η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης σε ποσότητα 5-10 χλγ/στρ. Η εφαρμογή υψηλής ποσότητας αζώτου εκτός της ανάπτυξης των ζιζανίων ευνοεί και το πλάγιασμα με συνέπεια τη μείωση της τελικής απόδοσης και την αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία.

Η εφαρμογή φωσφορικής και καλιούχας λίπανσης συνιστάται από τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας σε περιπτώσεις μη διαθεσιμότητας των στοιχείων αυτών στο έδαφος. Κατά τα επόμενα έτη, η εφαρμογή λίπανσης στοχεύει στην αύξηση της απόδοσης σε βιομάζα. Δεδομένου ότι τα στελέχη συγκομίζονται όταν έχουν ήδη ξεραθεί, οι απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία, εξαιτίας της συγκομιζόμενης βιομάζας, είναι χαμηλές και συνεπώς η εφαρμογή λίπανσης για την αναπλήρωσή τους συνιστάται κάθε 2-3 χρόνια.

Άρδευση

Το switchgrass είναι φυτό που εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία και συνεπώς παρουσιάζει μειωμένες απαιτήσεις άρδευσης. Όμως μια ικανοποιητική παραγωγή απαιτεί συνολικά περί τα 400 χιλ νερού, με ιδιαίτερα κατά την κρίσιμη περίοδο της ανθοφορίας (Μάιος-Ιούλιος).

Φυτοπροστασία

Η πειραματική καλλιέργεια του switchgrass στην Ευρώπη δεν αντιμετώπισε σημαντικά προβλήματα προσβολών από εχθρούς και ασθένειες. Εντομολογικοί εχθροί που μπορεί να αποτελέσουν απειλή για την καλλιέργεια περιλαμβάνουν τις ακρίδες (*Melanoplus* spp.) και το τζίτζικι (*Cicadellidae*), ενώ οι σημαντικές μυκητολογικές ασθένειες είναι οι τήξεις φυταρίων (*Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., και *Puccinia* spp.). Οι παραπάνω προσβολές αποτελούν απειλή κατά τα αρχικά στάδια της καλλιέργειας και κυρίως αμέσως μετά την εμφάνιση των σπορόφυτων.

Συγκομιδή - Αποθήκευση

Όπως και στην περίπτωση του μίσχανθου, συνιστάται η συγκομιδή αργά τον χειμώνα οπότε, παρά την μειωμένη βιομάζα, ο χειρισμός της είναι ευχερέστερος και η ποιότητά της καλύτερη λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας σε επιβλαβή ανόργανα στοιχεία. Η όψιμη συγκομιδή παράλληλα απομακρύνει μικρότερες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος ενώ αντίθετα η πρόωγη φθινοπωρινή συγκομιδή, πριν την ωρίμανση, μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες απώλειες λόγω μείωσης της πιθανότητας επιβίωσης κατά την χειμερινή περίοδο και της ικανότητας για αναγέννηση την άνοιξη.



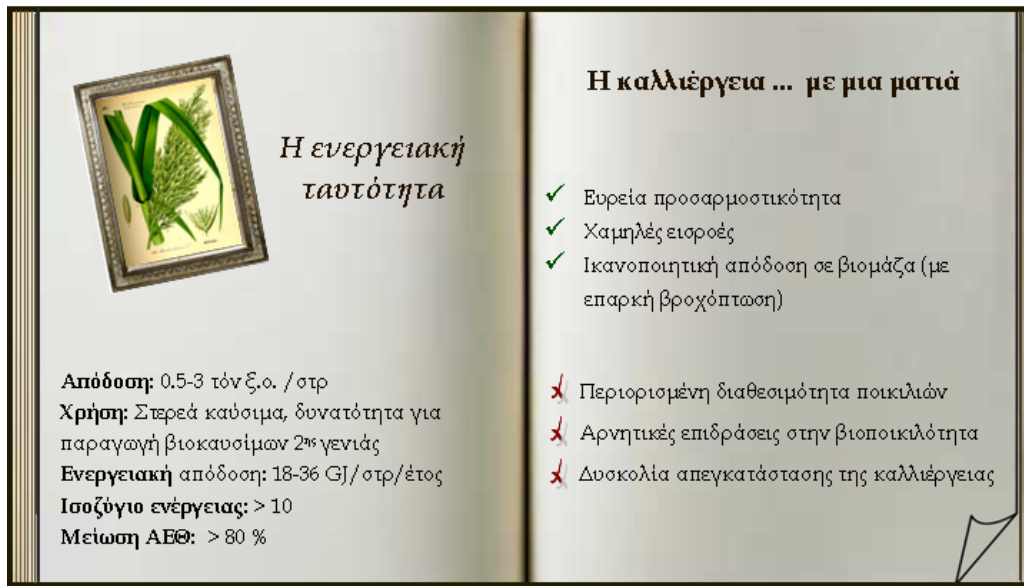
Πρώτη φθινοπωρινή, όψιμη χειμερινή συγκομιδή και αποθήκευση της δεματοποιημένης βιομάζας.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Η απόδοση κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας του switchgrass είναι χαμηλή και συχνά η συγκομιδή δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα. Το δεύτερο έτος οι αποδόσεις μπορούν να φτάσουν τους 0.8-1 τον ξηρής ουσίας/στρ. Η σταθεροποίηση της απόδοσης απαιτεί την πάροδο 3-5 ετών. Ανάλογα με τον εδαφικό τύπο, η απόδοση μεγιστοποιείται σε 2-3 και 4-5 χρόνια για τα ελαφρά και βαριά εδάφη αντίστοιχα, από την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Η τελική απόδοσή σε ξηρή βιομάζα ποικίλει, ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους, από 1.0 έως 2.0 τον/στρ.

Το switchgrass μπορεί να συγκριθεί, όσον αφορά την παραγωγή βιομάζας, με το μίσχανθο. Συγκριτικά με το μίσχανθο, οι εισροές για την εγκατάσταση της καλλιέργειας είναι σημαντικά μικρότερες και με μικρότερη πιθανότητα αποτυχημένης εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ενδείξεις ότι το switchgrass είναι πιο ανθεκτικό σε συνθήκες ξηρασίας και πιο παραγωγικό σε λιγότερο γόνιμα εδάφη.

Η απόδοση της βιομάζας του switchgrass, ως στερεού καυσίμου, σε ενέργεια κυμαίνεται από 18 έως 36 GJ/στρ/έτος, με ενεργειακό ισοζύγιο μεγαλύτερο του 10 και μείωση ΑΕΘ 80 %. Όσον αφορά στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, με την υπάρχουσα τεχνολογία ζύμωσης της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, υπολογίζεται ότι δύνανται να παραχθούν περί τα 350-800 λίτρα βιοαιθανόλης ανά στρέμμα με μείωση ΑΕΘ σε σχέση με τη βενζίνη 65-70%.



Γενικά

Το καλάμι είναι ένα πολυετές C3 φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Με πιθανή καταγωγή την Ασία, θεωρείται επίσης φυτό ενδημικό των Μεσογειακών χωρών. Το φυτό έχει επεκταθεί σε πολλές υποτροπικές και θερμές-εύκρατες περιοχές και ευρίσκεται αναπτυσσόμενο στις ΗΠΑ, στην Κίνα, στην Αυστραλία, και στη Ν. Αφρική

Τα νεαρά φύλλα του φυτού είναι κατάλληλα για ζωοτροφή, ενώ στην Ευρώπη χρησιμοποιείται και σαν καλλωπιστικό φυτό. Άλλες χρήσεις του φυτού περιλαμβάνουν την στήριξη και αντιανεμική προστασία διαφόρων καλλιεργειών, την κατασκευή πρόχειρων υποστέγων, ράβδων μετρήματος, μπαστούνιων, μουσικών οργάνων, καλαθιών και ψαθών, καθώς και την παραγωγή χαρτιού και πλαστικών. Λόγω της υψηλής του απόδοσης σε βιομάζα, το καλάμι θεωρείται κατάλληλο ως στερεό βιοκαύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

Προσαρμοστικότητα

Το καλάμι είναι προσαρμοσμένο σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών και εδαφικών τύπων αλλά πρώτιστα είναι φυτό θερμών περιοχών που αναπτύσσεται καλύτερα σε υγρά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Αν και φυτό θερμών περιοχών, μπορεί να επιβιώσει ενός παγετού. Εξαιτίας της ανθεκτικότητας στην υψηλή αλατότητα και εδαφική υγρασία το καλάμι αναπτύσσεται τόσο σε παραποτάμια και παραλίμνιες όσο και σε θινώδεις περιοχές. Παράλληλα, λόγω των ανθεκτικών ριζωμάτων του και του πλούσιου ριζικού συστήματος που εκμεταλλεύεται την εδαφική υγρασία σε μεγάλο βάθος, είναι φυτό που χαρακτηρίζεται επίσης από μεγάλη ανθεκτικότητα σε ξηρικές συνθήκες. Από οικονομικής πλευράς, κατάλληλα για την ανάπτυξή του είναι τα φτωχά αμμόδη εδάφη με ηλιοφάνεια, ενώ ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξή του απαντώνται σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση 300-400 χιλ, μέση ετήσια θερμοκρασία 10-28 °C και pH 5-8.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το καλάμι είναι φυτό που χαρακτηρίζεται από πλούσιο ριζικό σύστημα που εισχωρεί σε βάθος αρκετών μέτρων και την ύπαρξη ριζωμάτων που χρησιμεύουν ως αποταμιευτικά όργανα. Τα στελέχη του φυτού, που φθάνουν έως 7-8 μ ύψος και 1-4 εκατ διάμετρο, εκπύσσονται σταδιακά σε όλη την περίοδο ανάπτυξης από τα ριζώματα. Τα φύλλα του καλάμιού εκφύονται κατ' εναλλαγή από τους κόμβους και χαρακτηρίζονται από μεγάλο, λογχοειδές έλασμα που φέρει κάθετες δυσδιάκριτες νευρώσεις. Η ταξιανθία του φυτού είναι φόβη, που φέρει έμμοιχα στάχυα με δυσδιάκριτους συνδυασμούς από μακριά και κοντά σταχύδια, και εμφανίζεται την περίοδο Αυγούστου-Νοεμβρίου στην κορυφή του τελευταίου μεσογονάτιου. Τα σταχύδια περιέχουν 2-6 τέλεια άνθη τα οποία όμως δεν παράγουν βιώσιμους σπόρους. Για το λόγο αυτό, το φυτό αναπαράγεται μόνο αγενώς.



Στέλεχος, ταξιανθία, ώριμο φυτό, στάδιο πριν τη συγκομιδή.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Λόγω του αγενούς συστήματος αναπαραγωγής, η ιδιαίτερα στενή γενετική βάση του φυτού δεν ευνοεί την ύπαρξη πολλών επιλογών ως προς τον παράγοντα ποικιλία. Παρόλα αυτά, αναφέρονται οι ποικιλίες α) *Arundo donax* var. *variegata* (var *versicolor*, var. *picta*) ($2n = 40$) με πυκνότερη ανάπτυξη και μεγαλύτερο αριθμό αδελφιών και φύλλων ανα ριζώμα και β) *Arundo donax* var. *macrophylla* με φύλλα μεγάλου μεγέθους και γλαυκοπράσινου χρωματισμού ($2n = 40$).



Arundo donax var. *variegata* και *Arundo donax* var. *macrophylla*.

Προετοιμασία αγρού - Φύτευση

Η προετοιμασία του αγρού για την καλλιέργεια καλαμιού είναι όμοια με αυτή που πραγματοποιείται για τις εαρινές καλλιέργειες. Η εγκατάσταση είναι η κρισιμότερη περίοδος για την βιωσιμότητα της καλλιέργειας. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι το πολλαπλασιαστικό υλικό και η πυκνότητα φύτευσης. Αν και έχουν δοκιμασθεί μέθοδοι μικροπολλαπλασιασμού και μοσχευμάτων, το καλάμι αναπαράγεται αποτελεσματικότερα με την φύτευση, νωρίς την άνοιξη, μεγάλων τεμαχίων ριζωμάτων με καλά αναπτωγμένους οφθαλμούς. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο δυσχερέστερος, σε σχέση με μοσχεύματα, χειρισμός του υλικού και το υψηλό κόστος λόγω έλλειψης εκμηχάνισης που μπορεί όμως να επιλυθεί με την εφαρμογή ανάλογων πρακτικών με αυτές που αναφέρονται στο μίσχανθο. Οι συνήθεις πυκνότητες φύτευσης είναι 12.500 ή 25.000 φυτά/στρ, με την πρώτη να δίδει καλύτερα αποτελέσματα κατά τις δύο πρώτες τουλάχιστον περιόδους. Σε περίπτωση χρήσης μοσχευμάτων, συστήνεται μεγαλύτερη πυκνότητα φύτευσης. Η αναβλάστηση της καλλιέργειας, από την έκπτυξη των οφθαλμών, πραγματοποιείται την άνοιξη και το καλοκαίρι, ενώ σε γόνιμα εδάφη τα νέα στελέχη εκφύονται μέχρι και τον Αύγουστο.

Ζιζανιοκτονία

Η επιτυχής εγκατάσταση της καλλιέργειας απαιτεί την καταπολέμηση ζιζανίων μόνο κατά την πρώτη χρονιά, ενώ τα επόμενα χρόνια, λόγω της ταχείας αύξησης και μεγάλης φυλλικής επιφάνειας, η εφαρμογή ζιζανιοκτονίας δεν θεωρείται απαραίτητη.

Λίπανση

Δεδομένης της πολυετούς φύσης και εγκατάστασης της καλλιέργειας σε φτωχά συνθήτως εδάφη, συστήνεται η προφυτρωτική ενσωμάτωση 20 χλγ/στρ φωσφόρου και, όπου απαιτείται, ικανής ποσότητας καλίου. Μετά την εγκατάστασή της, η καλλιέργεια δεν απαιτεί εφαρμογή λίπανσης αλλά, ανάλογα με το έδαφος, μπορεί να εφαρμοσθεί άζωτο σε ποσότητα που κυμαίνεται μεταξύ 4 και 12 χλγ/στρ.

Άρδευση

Αν και το καλάμι είναι φυτό προσαρμοσμένο σε ημιξηρικές περιοχές, η εφαρμογή άρδευσης επιδρά θετικά στην ανάπτυξη και στην αύξηση της απόδοσης σε ποσοστό ανάλογο με το επίπεδο άρδευσης. Μέγιστη απόδοση επιτυγχάνεται με άρδευση που κυμαίνεται από 400 έως 800 χιλ.

Φυτοπροστασία

Το καλάμι είναι φυτό που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες. Οι ασθένειες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι οι προσβολές από τους μύκητες *Pythium* spp., *Leptostroma* *donacis*, *Puccinia* *coronata* και *Selenophoma* *donacis*. Παράλληλα, έχει αναφερθεί η προσβολή των νεαρών βλαστών από τη σεσάμια (*Sesamia* spp.), χωρίς όμως σημαντικές απώλειες λόγω της άμεσης αναβλάστησης από ριζώματα.

Συγκομιδή

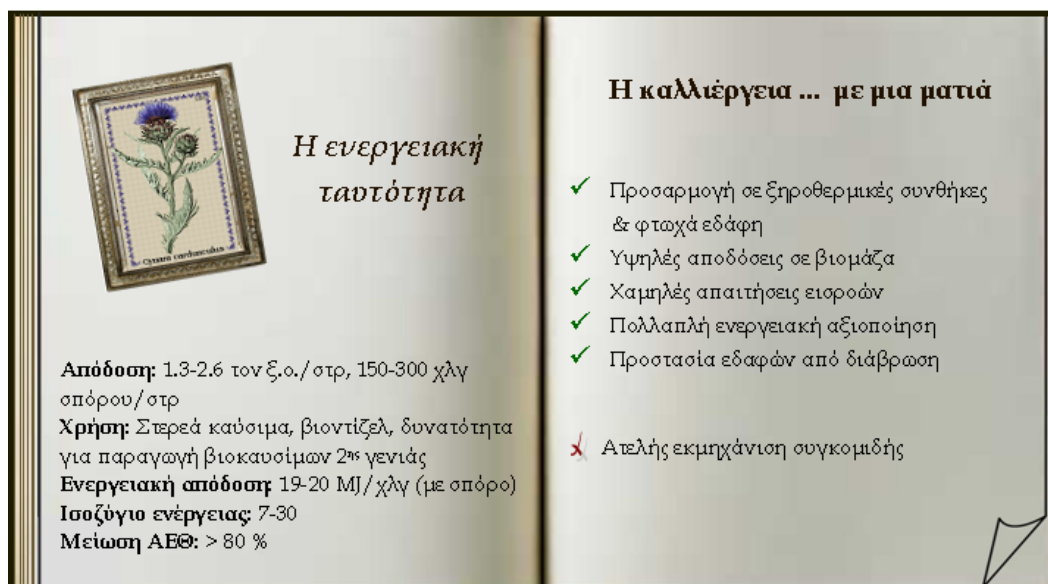
Η περίοδος συγκομιδής του καλαμιού καθορίζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας και γενικά κυμαίνεται μεταξύ Νοεμβρίου και Ιανουαρίου. Για την χώρα μας, πλέον κατάλληλη εποχή για συγκομιδή είναι το τέλος του χειμώνα οπότε έχει μειωθεί σημαντικά η περιεκτικότητα των στελεχών σε υγρασία. Εάν οι κλιματολογικές συνθήκες κατά την φθινοπωρινή περίοδο

επιτρέπουν την ασφαλή αποθήκευση του καλαμιού στον αγρό, τότε η κοπή μπορεί να γίνει και το φθινόπωρο. Η συγκομιδή του καλαμιού για παραγωγή βιομάζας πραγματοποιείται, κάθε χρόνο ή κάθε δεύτερο χρόνο, με κοινές συγκομιστικές μηχανές.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Στη χώρα μας η στρεμματική απόδοση ξηρής μάζας από φυτά δύο ετών κυμάνθηκε από 0.5 έως 3 τόνους. Οι υψηλότερες αποδόσεις, όπως είναι φυσικό, λήφθηκαν από καλλιέργειες όπου εφαρμόστηκαν υψηλά επίπεδα άρδευσης. Οι αποδόσεις αυξάνονται μέχρι τον τρίτο χρόνο της καλλιέργειας, ενώ δεν υπάρχουν σαφή δεδομένα για τη συνέχεια.

Με βάση τις μέσες αποδόσεις σε ξηρό βάρος (1-2 τον/στρ) που έχουν επιτευχθεί μέχρι σήμερα το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού κυμαίνεται μεταξύ των 18-36 GJ/στρ/έτος. Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας του καλαμιού σε ενέργεια (θερμική ή ηλεκτρική) είναι ανάλογες με αυτές της θερμοχημικής μετατροπής του αχύρου, δεδομένου ότι οι δύο τύποι βιομάζας χαρακτηρίζονται από παρόμοια επίπεδα καλίου, νατρίου και χλωρίου.



Γενικά

Η αγριαγκινάρα είναι ένα C3 πολυετές φυτό που ανήκει στην οικογένεια Compositae. Είναι φυτό ιθαγενές της Μεσογειακής ζώνης αλλά βρίσκεται αυτοφυόμενο επίσης σε πολλές χώρες όπως πχ. στη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία. Στη χώρα μας είναι ευρύτατα διαδεδομένο ως πολυετές ζιζάνιο με διάρκεια ζωής από 8 έως 12 χρόνια.

Η αγριαγκινάρα είναι κατάλληλη για χρήση ως λαχανικό (άνθος, φύλλα), ως ζωοτροφή (φύλλα) λόγω του υψηλού συντελεστή πεπτικότητας και της υψηλής περιεκτικότητας σε κυναρίνη, η οποία επιδρά θετικά στην λειτουργία της χολής και του ήπατος. Επίσης, το φυτό χρησιμοποιείται ως καλλωπιστικό, καθώς και για την παραγωγή χαρτοπολτού και φωτοδραστικών ουσιών με μυκητοκτόνες ιδιότητες (στέλεχος), την παρασκευή υλών βαφής και την εξαγωγή ελαίου (σπόροι). Εξαιτίας της υψηλής παραγωγής της σε βιομάζα, η αγριαγκινάρα είναι ένα υποσχόμενο ενεργειακό φυτό για παραγωγή στερεών κυρίως βιοκαυσίμων για ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Η καλλιέργειά της μπορεί να αξιοποιήσει φτωχά και ξηρά εδάφη και να προστατεύσει από τη διάβρωση και τη νιτρορύπανση.

Προσαρμοστικότητα

Η αγριαγκινάρα είναι φυτό προσαρμοσμένο στις κλιματικές συνθήκες της Μεσογείου και εκμεταλλεύεται τις συνθήκες βροχοπτώσεις από το φθινόπωρο έως και την άνοιξη. Οι χειμωνιάτικοι παγετοί μπορούν να καταστρέψουν τα φύλλα και τη ροζέτα αλλά ακολουθεί αναβλάστηση με την άνοδο των θερμοκρασιών. Επίσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν επικρατεί παρατεταμένη ξηρασία, το φυτό επιβιώνει αποξηραίνοντας το υπέργειο μέρος του. Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας μπορεί να αναπτυχθεί και σε ανεμόπληκτες περιοχές.

Η αγριαγκινάρα παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα σε πληθώρα εδαφικών τύπων, που περιλαμβάνει αμμώδη, αμμοπηλώδη, πετρώδη και αργιλώδη εδάφη. Παρότι αναπτύσσεται σε φτωχά και άγονα εδάφη, τόσο όξινης όσο και αλκαλικής αντίδρασης, αποδίδει καλύτερα σε βαθιά αργιλώδη εδάφη.

Περιγραφή του φυτού – Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα της αγριαγκινάρας είναι πασσαλώδες και σε πλήρη ανάπτυξη φθάνει έως και τα 2 μ. Το στέλεχος του ώριμου φυτού είναι ευθυτενές, με ύψος που φθάνει έως και τα 2-2.5 μ, με έμμοιχα εναλλασσόμενα φύλλα μήκους έως 75 και πλάτους έως 30 εκατ. Η ταξιανθία του φυτού είναι επάκρια κεφαλή με χαρακτηριστικό κυανέρυθρο-πράσινο χρωματισμό και αποτελείται από μεγάλο αριθμό μπλε ανθέων. Ο καρπός είναι αχάινιο κωνικού σχήματος.



Νεαρό σπορόφυτο, στάδιο ροζέτας, άνθιση, στάδιο πλήρους ωρίμανσης.

Η βλάστηση κάθε χρόνο ξεκινά, με τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, από υπόγειους οφθαλμούς των ριζών και στη συνέχεια παράγεται η χαρακτηριστική ροζέτα με την οποία και το φυτό διαχειμάζει. Την άνοιξη, το στέλεχος αναπτύσσεται και στην αρχή του καλοκαιριού, εμφανίζεται η ταξιανθία. Κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου το στέλεχος ξηραίνεται και συγκομίζεται. Εάν δεν συγκομισθεί, οι σπόροι διασπείρονται με φυσικό τρόπο τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Ο καλλιεργητικός κύκλος της αγριαγκινάρας συνεπώς διαρκεί από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο-Ιούλιο.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Ο περισσότερο διαδεδομένες ποικιλίες-πληθυσμοί της αγριαγκινάρας είναι η Plein Blanc Inerme και η Large Smooth, με στελέχη ύψους 1.2 και 1.8 μ, αντίστοιχα. Επίσης, αρκετά διαδεδομένη είναι η ποικιλία Gigante d'Ingegnoli που χαρακτηρίζεται από λεπτά και χωρίς αγκάθια στελέχη, καθώς και ανθεκτικότητα στην ξηρασία.

Προετοιμασία αγρού

Ακολουθούνται οι ίδιες διαδικασίες με εκείνες των σιτηρών.

Σπορά

Η σπορά της αγριαγκινάρας πραγματοποιείται με πνευματική μηχανή ακριβείας το φθινόπωρο ή την άνοιξη ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Η φθινοπωρινή σπορά γίνεται αμέσως μετά τις βροχοπτώσεις, ώστε να

αποφευχθεί η καταστροφή των νεαρών φυτών από τους πρώτους παγετούς, ενώ η ανοιξιάτικη σπορά συνιστάται σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από φθινοπωρινούς παγετούς. Η πυκνότητα σποράς εξαρτάται από τη γονιμότητα του εδάφους και το ύψος των βροχοπτώσεων. Σε υποβαθμισμένα εδάφη με μειωμένη βροχόπτωση, οι συνήθεις αποστάσεις σποράς είναι 0,75-1 και 0,35-0,50 μ μεταξύ και επί της γραμμής αντίστοιχα, οπότε εξασφαλίζεται πυκνότητα της τάξης των 1.000-2000 φυτών/στρ. Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου υπολογίζεται σε 0,2 χλγ/στρ. Σε γόνιμα και με επαρκείς βροχοπτώσεις εδάφη, οι αποδόσεις της βιομάζας μεγιστοποιούνται με διπλάσια πυκνότητα σποράς.

Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση των ζιζανίων καθίσταται απαραίτητη μόνο κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας και πραγματοποιείται με ένα ή δύο σκαλίσματα. Δεδομένης της φύσης της αγριαγκινάρας που καθιστά την ίδια ισχυρό ζιζάνιο-εισβολέα, η εφαρμογή ζιζανιοκτονίας δεν αποτελεί απαραίτητη πρακτική κατά τα επόμενα χρόνια.

Λίπανση - Άρδευση

Από δεδομένα στην Ισπανία, σε φτωχά εδάφη απαιτείται ως βασική λίπανση 10, 18 και 25 μονάδες αζώτου, φωσφόρου και καλίου αντίστοιχα. Τα επόμενα χρόνια συνιστάται λίπανση για αναπλήρωση των απορροφώμενων από το έδαφος θρεπτικών στοιχείων (τουλάχιστον 10, 2 και 12 χλγ/στρ αζώτου, φωσφόρου και καλίου, αντίστοιχα). Άρδευση απαιτείται κατά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης της καλλιέργειας, και ιδιαίτερα εάν η σπορά γίνεται την άνοιξη, ενώ τα επόμενα χρόνια η καλλιέργεια μπορεί να συνεχίσει ως ξηρική εάν οι βροχοπτώσεις φθάνουν τα 400 χιλ. Παρότι οι απαιτήσεις της καλλιέργειας αγριαγκινάρας για μια σχετικά ικανοποιητική απόδοση είναι μικρές, η εφαρμογή άρδευσης και λίπανσης κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ευνοούν τις υψηλές αποδόσεις.

Φυτοπροστασία

Από την μέχρι τώρα πειραματική αλλά και εμπορική καλλιέργεια της αγριαγκινάρας, δεν έχουν προκύψει ενδείξεις σημαντικών προσβολών από παθογόνα που θα απαιτούσαν δράσεις φυτοπροστασίας. Όμως στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετές εντομολογικές προσβολές.

Συγκομιδή - αποθήκευση

Η συγκομιδή της αγριαγκινάρας, όταν αυτή προορίζεται για την παραγωγή βιοκαυσίμων, γίνεται από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο, όταν το φυτό έχει ήδη ξηραθεί (περιεκτικότητα υγρασίας περί το 15%) αλλά οι σπόροι δεν έχουν "τινάξει". Για τον τρόπο συγκομιδής και αποθήκευσης ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί για τον μίσχανθο.



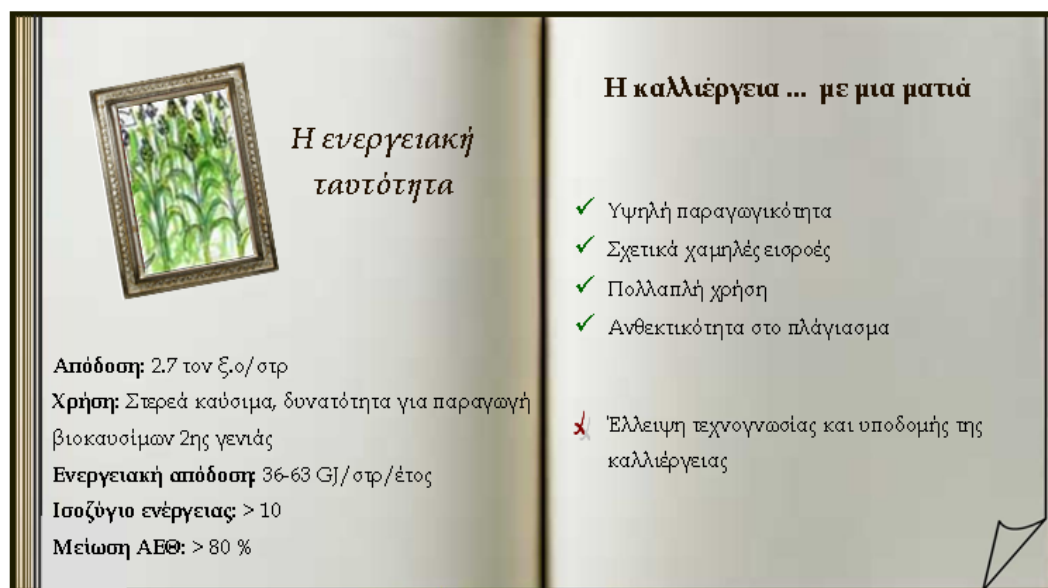
Συγκομιδή αγριαγκινάρας, μπάλα και συσσωματώματα βιομάζας.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Με βάση μακροχρόνιο πειραματισμό στη χώρα μας, η παραγόμενη ξηρή βιομάζα μπορεί να φθάσει τους 1.3-1.6 τον/στρ σε ξηρικές συνθήκες και τους 2.6 τον/στρ με δύο έως τρεις αρδεύσεις τον Απρίλιο-Μάιο. Η βιομάζα αυτή αξιοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς με την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων υπό τη μορφή συμπυκνωμάτων. Αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικό ή οικιακό επίπεδο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

Παράλληλα με τη βιομάζα, παράγεται ποσότητα σπόρου περί τα 150-300 χλγ/στρ από όπου εξάγονται με πίεση 35-75 χλγ λαδιού που περιέχει κυρίως λινολενικό (60%), ελαϊκό (26%) και παλμιτικό (12%) οξύ. Το λάδι αυτό έχει το κατάλληλο ποιοτικό προφίλ ώστε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντίζελ.

Η θερμιδική αξία της βιομάζας της αγριαγκινάρας, συμπεριλαμβανομένου του σπόρου, είναι υψηλή (19-20 MJ/χλγ). Ως στερεό καύσιμο, το ενεργειακό της ισοζύγιο είναι μεγάλο (7-30) σε σχέση με άλλα φυτά βιομάζας και η μείωση των ΑΕΘ μεγαλύτερη από 80 %.



Γενικά

Το ινώδες ή κυτταρινούχο σόργο είναι ένα ετήσιο C4 φυτό και ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Είναι υβρίδιο μεταξύ του καρποδοτικού και του σόργου σαρωθροποιίας και χαρακτηρίζεται από υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Καλλιεργείται συστηματικά στην Κίνα ως κτηνοτροφικό και για την παραγωγή αιθανόλης. Λόγω της υψηλής παραγωγής βιομάζας που χαρακτηρίζεται μάλιστα από μεγάλους ημερήσιους ρυθμούς, το φυτό παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον για ενεργειακή αξιοποίηση τόσο σαν στερεό καύσιμο όσο και για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς.

Προσαρμοστικότητα

Το ινώδες σόργο προσαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα εδαφών με pH που κυμαίνεται από 5-8. Επίσης είναι σχετικά ανθεκτικό σε συνθήκες αλατότητας. Όξινα εδάφη και εδάφη με κακή στράγγιση δεν ενδείκνυνται για την εγκατάσταση της καλλιέργειάς του. Από άποψη κλίματος αναπτύσσεται καλά τόσο σε τροπικές όσο και σε εύκρατες περιοχές όπως αυτές τη Μεσογείου. Το ινώδες, σε αντίθεση με το γλυκό, σόργο χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα.

Περιγραφή

Το φυτό δεν διαφέρει στη μορφολογία του από το γλυκό και τα άλλα χορτοδοτικά σόργα. Σχηματίζει διακλαδιζόμενο θυссανώδες ριζικό σύστημα εξαιτίας του οποίου το φυτό παρουσιάζει σχετική ανθεκτικότητα σε συνθήκες μειωμένης εδαφικής υγρασίας και αποτελεσματική απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων. Το ύψος του κυμαίνεται από 3.5-4 μ.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Ποικιλίες που έχουν δοκιμασθεί σε μεσογειακές συνθήκες (Ιταλία, Γαλλία, Ελλάδα) είναι οι πρώιμες (H 133 και H 128), η όψιμη H 132 και οι H 130, H 16 και H 202.

Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία αγρού πραγματοποιείται όπως περιγράφηκε στην αντίστοιχη ενότητα του καρποδοτικού σόργου.

Σπορά

Η σπορά του ινώδους σόργου γίνεται την άνοιξη όταν η θερμοκρασία εδάφους φθάσει τους 15 °C. Ο πληθυσμός φυτών κυμαίνεται από 7.000 έως 25.000 φυτά/στρ, ανάλογα με τη χρήση του προϊόντος. Στην περίπτωση αξιοποίησης του για βιοαιθανόλη, η σπορά είναι όμοια με αυτή του γλυκού σόργου με αποστάσεις 70 εκατ και 10-20 εκατ μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής αντίστοιχα.

Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση των ζιζανίων ομοιάζει με αυτήν που περιγράφηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο του καρποδοτικού σόργου.

Λίπανση

Το ινώδες σόργο έχει μικρές απαιτήσεις σε άζωτο (5-10 μονάδες αζώτου/στρ). Οι απαιτήσεις του σε φώσφορο και κάλιο δεν διαφέρουν από αυτές του γλυκού σόργου.

Άρδευση

Παρά το γεγονός ότι το φυτό διακρίνεται για την υψηλή αποτελεσματικότητα αξιοποίησης εδαφικού νερού και την αντοχή στην ξηρασία, η επίτευξη υψηλών αποδόσεων σε βιομάζα απαιτεί άρδευση μεταξύ 300-700 χιλ κατά τους θερινούς μήνες.

Φυτοπροστασία

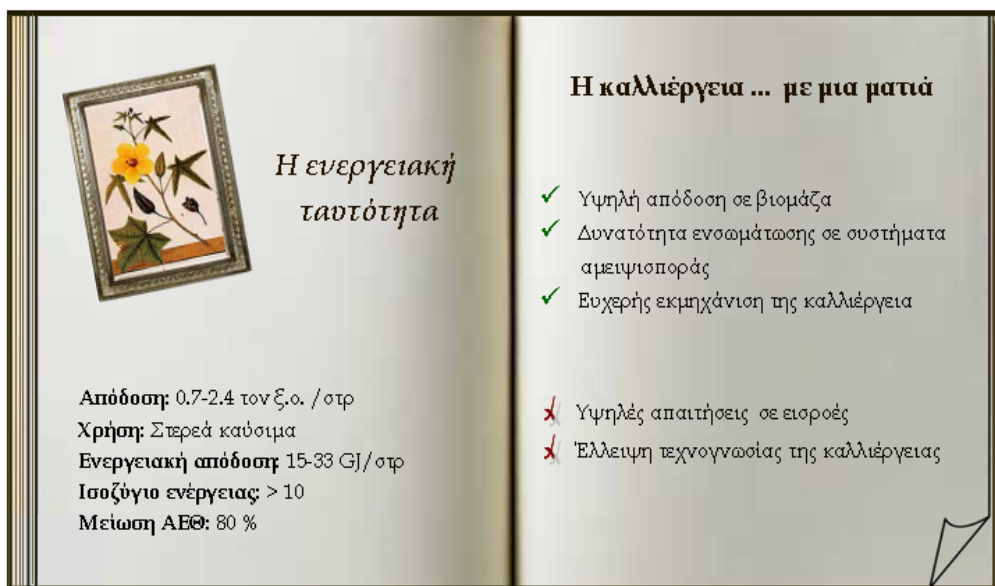
Ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο για το καρποδοτικό σόργο.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου με τρόπο όμοιο με αυτόν που περιγράφηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο για το γλυκό σόργο.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα της χώρας μας, οι κατά μέσο όρο στρεμματικές αποδόσεις του ινώδους σόργου φθάνουν τους 9 και 2.7 τον χλωρής και ξηρής βιομάζας αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε ζάχαρα ποικίλει από 9-12 % επί του ξηρού βάρους, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου είναι λιγνοκυτταρίνη (περίπου 2 τον/στρ). Με βάση τις παραπάνω αποδόσεις το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας κυμαίνεται μεταξύ 36 και 63 GJ/στρ/έτος. Το ενεργειακό ισοζύγιο του ινώδους σόργου είναι μεγαλύτερο του 10 ενώ η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα είναι μεγαλύτερη του 80 %.



Γενικά

Το κενάφ είναι ένα ετήσιο, ανοιξιάτικο, C3 φυτό που ανήκει στο γένος *Hibiscus* της οικογένειας *Malvaceae*. Τα περισσότερα από τα 400 γνωστά είδη του *Hibiscus* είναι καταναμημένα στην τροπική και υποτροπική ζώνη των δύο ημισφαιρίων με κύρια κέντρα κατανομής αυτά της Αφρικής και της Νοτίου Αμερικής. Τα περισσότερα διαδεδομένα είδη είναι τα *Hibiscus cannabinus* (κενάφ) και *Hibiscus sabdariffa*, ενώ στην Αφρική σημαντικές εκτάσεις καταλαμβάνουν τα συγγενή με το κενάφ είδη *H. Greenwayi*, *H. mastersianus*, *H. mechowii*, *H. radiatus*, *H. rostellatus* και *H. surattensis*. Το κενάφ πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ευρώπη στις αρχές του 1900 για τις ίνες του που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή σάκων.

Λόγω των ιδιοτήτων και της χημικής σύστασης των στελεχών του, το κενάφ χρησιμοποιείται για την παραγωγή πληθώρας προϊόντων. Οι βασικές χρήσεις του φυτού περιλαμβάνουν την παραγωγή ινών, χαρτοπολτού και μοριοσανίδων, την παρασκευή χαλιών, μονωτικών υλικών, πλαστικών και τη διατροφή ζώων. Δεδομένου των χαρακτηριστικών που αφορούν κυρίως στην υψηλή απόδοση σε βιομάζα και στη δυνατότητα ενσωμάτωσης της καλλιέργειας σε αμειψισπορά, το κενάφ αποτελεί πλέον μία ενδιαφέρουσα λύση για χρήση ως ενεργειακή πρώτη ύλη. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η αξιοποίηση της καλλιέργειας για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων.

Προσαρμοστικότητα

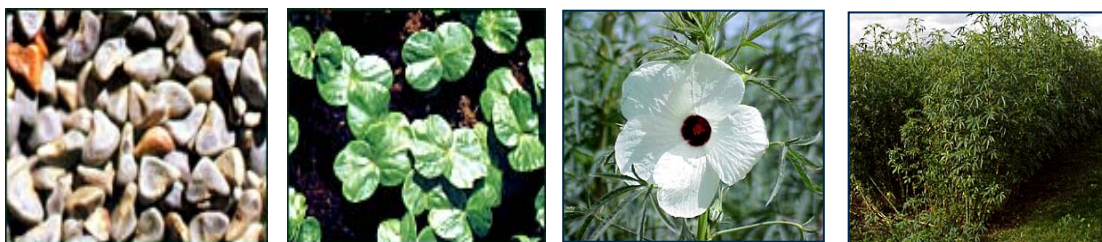
Το φυτό παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες, αλλά προτιμά τα υποτροπικά και τροπικά κλίματα. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού κυμαίνεται από 15 έως 27 °C. Κατάλληλα για την καλλιέργεια εδάφη είναι τα καλά στραγγιζόμενα, αμμοπηλώδη, με ουδέτερη αντίδραση και υψηλή περιεκτικότητα σε χούμο. Το φυτό παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα στη

χώρα μας ενώ η υψηλή συχνότητα άρδευσης και η γονιμότητα του εδάφους είναι σημαντικοί παράγοντες για την παραγωγή υψηλών αποδόσεων σε βιομάζα.

Περιγραφή – Βιολογικός κύκλος

Το κενάφ είναι ετήσιο, αυτογονιμοποιούμενο, ποώδες φυτό με πασσαλώδες ριζικό σύστημα που εισχωρεί σε αρκετά μέτρα βάθος. Το ύψος του κυμαίνεται από 1.5 έως και 4.2 μ. Τα στελέχη του είναι ακανθώδη, με υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη και λιγνίνη και χαρακτηρίζονται από ευθυτενή ανάπτυξη χωρίς διακλαδώσεις. Τα φύλλα είναι έμμισχα, εκφυόμενα κατ' εναλλαγή και φέρουν λοβούς. Τα άνθη είναι μασχαλιαία, μονήρη και φέρουν 5 σέπαλα, 5 πέταλα και στήμονες ενωμένους στη βάση τους. Η ωοθήκη του φυτού είναι επιφυής. Ο καρπός του φυτού είναι κάψα και φέρει μεγάλο αριθμό σπόρων (20-25). Το βάρος 1000 κόκκων είναι περί τα 25 γραμ.

Είναι φυτό μικρής φωτοπερίοδου και ταχυσυζέ σε όλη την περίοδο μέχρι την άνθιση. Περισσότερο ευαίσθητη είναι η περίοδος μετά τη σπορά, οπότε λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Η βλάστηση των σπόρων πραγματοποιείται σε τρεις έως έξι ημέρες μετά τη σπορά. Η ανάπτυξη του φυτού ολοκληρώνεται με το σχηματισμό του καρπού.



Σπόροι, νεαρά σπορόφυτα, άνθος ώριμο και φυτό

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός διαθέσιμων ποικιλιών κενάφ στο εμπόριο. Η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας εξαρτάται από την περιοχή καλλιέργειας και την τελική χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Ποικιλίες που γενικά ενδείκνυνται για καλλιέργεια σε περιοχές της Νότιας Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας, είναι οι PI 3234923, PI 318723, PI 3234923 για πρώιμη και οι Everglades 71, JT1 για όψιμη σπορά. Επίσης, οι Guatemala 4, Tainung-1, C-108, 15-2, RS-10, 111-2 και Cubano είναι ποικιλίες αρκετά υποσχόμενες για υψηλές αποδόσεις. Από το μέχρι τώρα πειραματισμό (ΚΑΠΕ, ΠΘ) οι πλέον κατάλληλες για παραγωγή βιομάζας στη χώρα μας είναι οι ποικιλίες Tainung 2 και Everglades 41.

Αμειψισπορά

Η εναλλαγή της καλλιέργειας του κενάφ με ψυχανθή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως στρατηγική διαχείρισης καθώς μπορεί να συμβάλλει τόσο στην καταπολέμηση εχθρών (π.χ. νηματώδεις) όσο και στη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Επίσης, δεδομένων των υψηλών απαιτήσεων του κενάφ σε άζωτο, η αζωτοδέσμευση που πραγματοποιείται μέσω της αμειψισποράς με ψυχανθή δύναται να συμβάλλει στη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε βιομάζα.

Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία της σποροκλίνης για την καλλιέργεια του κενάφ περιλαμβάνει την καταστροφή ζιζανίων και εντόμων, τη βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους, καθώς και την εξασφάλιση καλού αερισμού και επαρκούς εδαφικής υγρασίας. Η βασική καλλιεργητική πρακτική αφορά στο φθινοπωρινό όργωμα και στο προ της σποράς, ανάλογα με την κατάσταση του εδάφους, απαιτούμενο φρεζάρισμα, κυλίνδρισμα και σβάρνισμα.

Σπορά

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας του κενάφ γίνεται με σπόρο. Η σπορά πραγματοποιείται με κοινές σπαρτικές μηχανές, σε βάθος 2-4 εκατ και σε πυκνότητες που ποικίλουν από 18.500-40.000 φυτά/στρ χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η τελική απόδοση σε βιομάζα. Για λόγους κυρίως απρόσκοπτης διέλευσης των γεωργικών μηχανημάτων, η σπορά γίνεται συνηθέστερα σε γραμμές που απέχουν 75 εκατ και επιδιώκεται ένας πληθυσμός 25.000-30.000 φυτά/στρ. Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας, κατάλληλη εποχή είναι η περίοδος από τέλος Απριλίου έως και τέλος Μαΐου για πρώιμη και τέλη Μαΐου έως αρχές Ιουνίου για όψιμη σπορά, αντίστοιχα. Η ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία εδάφους κατά την περίοδο σποράς είναι 15 °C. Γενικά, συνιστάται πρώιμη σπορά καθώς επιτρέπει την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού και εξασφαλίζει υψηλότερες αποδόσεις συγκριτικά με την όψιμη. Το φύτερωμα πραγματοποιείται σε 3-6 ημέρες μετά τη σπορά και τα σπορόφυτα αποκτούν ύψος 30-40 εκατ σε τρεις περίπου εβδομάδες.

Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι απόλυτα απαραίτητος κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας και μέχρι τα φυτά να αποκτήσουν ύψος 30 εκατ. Δεδομένης της γρήγορης ανάπτυξης του αλλά και των αλληλοπαθητικών του ιδιοτήτων, το κενάφ ανταγωνίζεται ικανοποιητικά τα ζιζάνια στα επόμενα στάδια. Η καταπολέμηση ζιζανίων πραγματοποιείται με την εφαρμογή των κατάλληλων προφυτρωτικών ή/και μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων. Λόγω της φυτοτοξικότητας που προκαλείται από τη χρήση σκευασμάτων που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των πλατύφυλλων κυρίως ζιζανίων, συνιστώνται αποστάσεις φύτευσης που επιτρέπουν την κατευθυνόμενη εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου.

Λίπανση

Η καλλιέργεια του κενάφ έχει αρκετά υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο, κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Λόγω της μεγάλης παραγόμενης βιομάζας, καθίσταται απαραίτητη η λίπανση για την αναπλήρωσή των απορροφώμενων από το έδαφος σημαντικών ποσοτήτων θρεπτικών στοιχείων. Με βάση την περιορισμένη εμπειρία από την πειραματική καλλιέργεια στη χώρα μας, αλλά και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, συνιστάται η εφαρμογή αζωτούχου, φωσφορικής και καλιούχου λίπανσης σε ποσότητες 6-12, 2-5 και 5 χλγ/στρ, αντίστοιχα.

Άρδευση

Ως φυτό ταχείας ανάπτυξης με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, το κενάφ απαιτεί υψηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Η εφαρμογή άρδευσης είναι απαραίτητη, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις είναι χαμηλότερες των 500-700 χιλ. Σε μεσογειακά κλίματα, συνιστάται η εφαρμογή 250-400 χιλ νερού για την επίτευξη υψηλής απόδοσης σε βιομάζα.

Φυτοπροστασία

Μία από τις σοβαρότερες μυκητολογικές ασθένειες για την καλλιέργεια του κενάφ είναι η ριζοκτονίαση (*Rhizoctonia solani*). Σημαντική απειλή για την καλλιέργεια επίσης αποτελεί η προσβολή από τους μύκητες *Botrytis cinerea* που προσβάλλει τα στελέχη και *Pythium* spp. που προκαλεί σηψιριζίες, ιδιαίτερα σε εδάφη που κατακρατούν νερό. Η καταπολέμηση μπορεί να γίνει με επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών, καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και αμειψισπορά. Στις χώρες καλλιέργειας του κενάφ έχουν αναφερθεί επίσης προσβολές από διάφορα βακτήρια όπως του γένους *Pseudomonas*, *Xanthomonas* και *Erwinia*.

Οι βασικότεροι εντομολογικοί εχθροί της καλλιέργειας είναι οι σιδηροσκώληκες (τρέφονται από το σπόρο και τους νεαρούς βλαστούς), οι αγροτίδες, οι θρίπες (προσβάλλουν τα νεαρά φύλλα), οι αφίδες (δημιουργούν υπερπλασίες στα όργανα), το πράσινο σκουλήκι (τρέφεται από όλα τα μέρη του φυτού) και οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* (προσβάλλουν κυρίως τη ρίζα). Η καταπολέμηση τους πραγματοποιείται είτε χημικά με την εφαρμογή οργανοφωσφορικών και την απολύμανση εδάφους, είτε με αμειψισπορά και χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.

Συγκομιδή

Η επιλογή της εποχής συγκομιδής του κενάφ είναι ιδιαίτερα σημαντική και καθορίζεται από παράγοντες που αφορούν κυρίως στα χαρακτηριστικά της ίνας και στην απόδοση σε βιομάζα. Για την παραδοσιακή παραγωγή ινών, η ποιότητα βελτιστοποιείται με συγκομιδή κατά την έναρξη της ανθοφορίας. Όταν το φυτό καλλιεργείται για ενεργειακή χρήση, επιδιώκεται η συγκομιδή βιομάζας με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανόργανες ύλες. Με τον ταχύ ρυθμό ανάπτυξης του φυτού, η συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάστημα 3-4 μηνών από την σπορά. Στην Ελλάδα ως κατάλληλη εποχή συγκομιδής, ανάλογα με την περιοχή και την ημερομηνία σποράς, θεωρείται η περίοδος Νοεμβρίου-Ιανουαρίου. Η εποχή συγκομιδής συμπίπτει με την περίοδο αποφύλλωσης, οπότε το ξηρό βάρος της βιομάζας μεγιστοποιείται.

Η συγκομιδή του κενάφ που γίνεται με συμβατικές στελεχοκοπτικές και χορτοδετικές μηχανές περιλαμβάνει τρεις εναλλακτικούς τρόπους: α) θερισμό των στελεχών, αποξήρανση στον αγρό και συλλογή μετά την ξήρανσή τους β) απευθείας συγκομιδή της χλωρής βιομάζας γ) απευθείας συγκομιδή της ξηρής βιομάζας, χωρίς να προηγηθεί θερισμός.



Συγκομιδή χλωρής βιομάζας και ξηρής βιομάζας.

Αποθήκευση

Η αποθήκευση του κενάφ μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους και καθορίζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας και την τελική χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Γενικά, η χλωρή βιομάζα αποθηκεύεται σε σιλό, ενώ το αποξηραμένο προϊόν μπορεί να αποθηκευθεί σε μορφή μπάλας, στοίβας, δεματιών ή συσσωματωμάτων. Για τη χρήση της ξηρής βιομάζας στην παραγωγή στερεών καυσίμων, επιδιώκεται διατήρηση της υγρασίας σε χαμηλό ποσοστό.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Το κενάφ χρησιμοποιείται για τα στελέχη, τα φύλλα και τους σπόρους του, ανάλογα με τη χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της τελικής απόδοσης εξαρτώνται από την περιοχή καλλιέργειας, την ποικιλία, την ημερομηνία σποράς, την πυκνότητα της καλλιέργειας και τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το περιεχόμενο των χλωρών στελεχών σε ίνες είναι 5-6%, ποσοστό ισοδύναμο του 18-22% του ξηρού βάρους. Η μέση απόδοση σε ίνες ανέρχεται περίπου σε 100-200 χλγ/στρ και σε ευνοϊκές συνθήκες φθάνει μέχρι και 300-350 χλγ/στρ.

Όσον αφορά στην παραγωγή ξηρής βιομάζας που ενδιαφέρει ως βιοκαύσιμο, από πειράματα του ΚΑΠΕ στη χώρα μας, και με πυκνότητες περί τα 25.000 φυτά/στρ, η καλύτερη πρώιμη και όψιμη ποικιλία έδωσαν 0.7 και 2.4 τον/στρ αντίστοιχα. Έτσι, με βάση ότι η μέση θερμογόνος δύναμη του κενάφ είναι 18.6 MJ/χλγ ξηρής βιομάζας, η στρεμματική απόδοση σε ενέργεια κυμαίνεται από 15 έως 33 GJ. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι υψηλές αποδόσεις επιτεύχθηκαν σε συνθήκες ικανοποιητικής άρδευσης και καλλιέργειας σε γόνιμα εδάφη.

Φυτά βιομάζας

Δασικά είδη

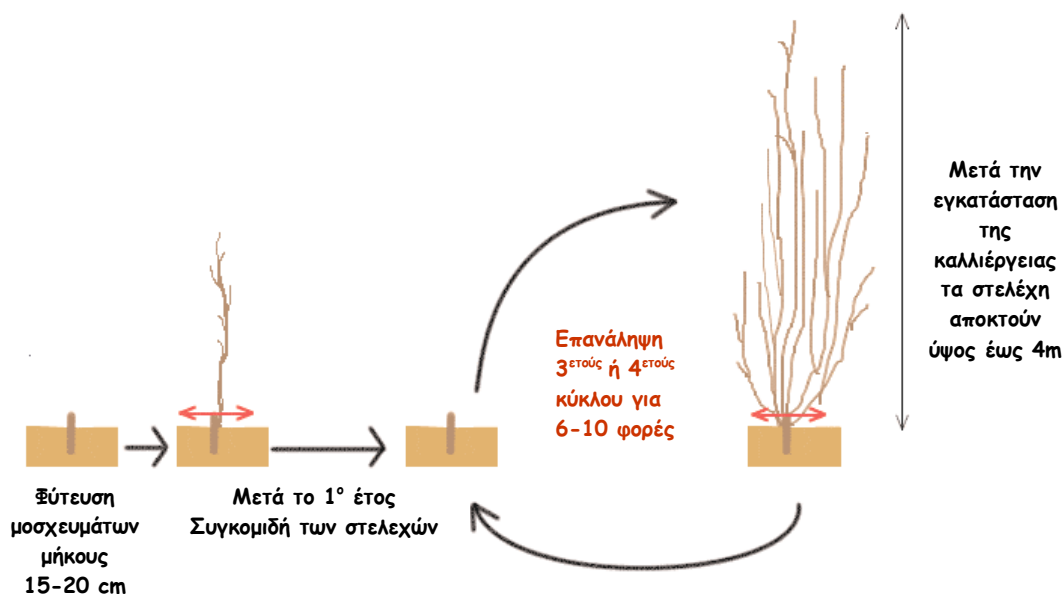


Δασικές καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου (SRICS)

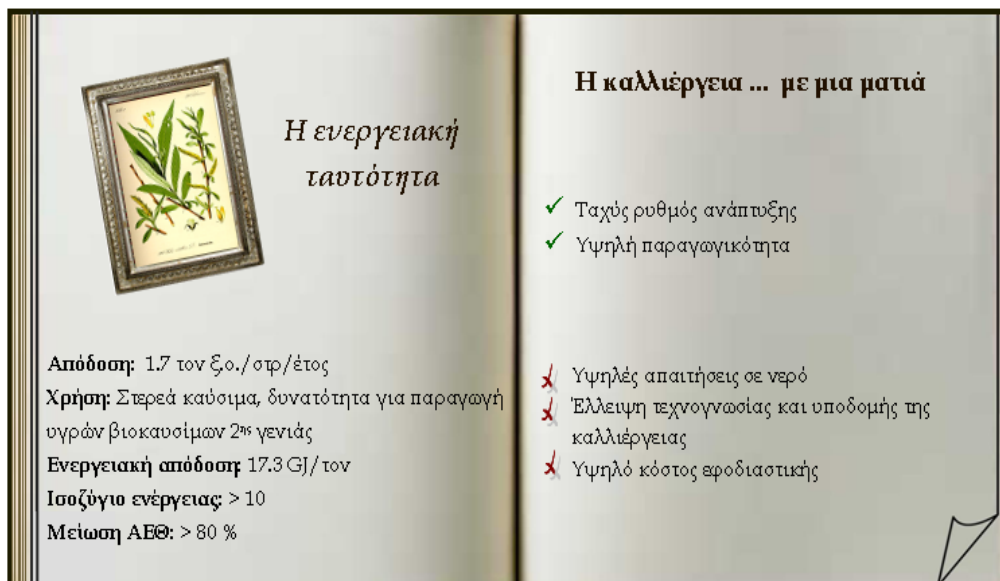
Παρά το γεγονός ότι η βιομάζα παραδοσιακά αποτελούσε το πιο σημαντικό καύσιμο στον κόσμο, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, το ενδιαφέρον για την χρήση της ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη στις ανεπτυγμένες χώρες ξεκίνησε στις αρχές του 1970. Η δυνατότητα των καλλιεργειών μικρού περιόδου χρόνου για την παραγωγή ενέργειας αναγνωρίστηκε τα τελευταία 20 χρόνια εξαιτίας του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξής τους, της υψηλής παραγωγικότητας, της σύντομης σχετικά περιόδου συγκομιδής και της ευκολίας πολλαπλασιασμού.

Οι καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου εγκαθίστανται συνήθως από πυκνοφυτεμένες, υψηλής απόδοσης ποικιλίες ιτιάς ή λεύκης, οι οποίες συγκομίζονται περιοδικά κάθε 2-5 έτη αν και ο συνήθης καλλιεργητικός κύκλος είναι τριετής. Η θαμνώδης ιτιά (*Salix viminalis* ή *S. purpurea*), αποτελεί το μητρικό πολλαπλασιαστικό υλικό για την πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ποικιλιών ιτιάς σε καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου που προορίζονται για την παραγωγή ενέργειας. Το ρίζωμα που παραμένει στο έδαφος, μετά την συγκομιδή, παράγει νέους βλαστούς την επόμενη χρονιά οι οποίοι αποτελούν το συγκομιζόμενο προϊόν του επόμενου καλλιεργητικού κύκλου. Η περίτροπη καλλιέργεια είναι οικονομικά βιώσιμη έως και 30 έτη πριν η απεγκατάσταση της θεωρηθεί απαραίτητη.

Οι καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου για την παραγωγή βιομάζας που εφαρμόζονται με επιτυχία στην Βόρεια Ευρώπη (κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία και Ιρλανδία) αξιοποιούν ως πρότυπη την καλλιέργεια της ιτιάς (*Salix* spp.) ενώ η λεύκη (*Populus* spp.) έχει αρχίσει να καλλιεργείται τα τελευταία χρόνια, σε μικρής κλίμακας φυτείες. Άλλα είδη που μπορούν να συμπεριληφθούν σε καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου για την παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη και Βόρεια Αμερική είναι η ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*) και ο ευκάλυπτος (*Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh).



Παράδειγμα διαχείρισης καλλιέργειας μικρού περιόδου χρόνου.



Γενικά

Η ιτιά (*Salix spp.*) ανήκει στην οικογένεια των σαλικιδών (*Salicaceae*). Οι χρήσεις της καλλιέργειας της ιτιάς περιλαμβάνουν τον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους, τη βιοαποκατάσταση, την παραγωγή αυξινών για μοσχεύματα, την κατασκευή φραχτών και επίπλων και την παρασκευή χαρτοπολτού και ινών.

Προσαρμοστικότητα

Η οικογένεια των σαλικιδών περιλαμβάνει περίπου 500 είδη δένδρων και θάμνων. Η ιτιά απαντάται κυρίως σε περιοχές με υψηλό ποσοστό υγρασίας (παραλίμνιες, παραποτάμιες ή κοντά σε ρέματα και ρυάκια), ενώ τα μικρά δένδρα και θάμνοι της οικογένειας των σαλικιδών απαντώνται συχνά σε ορεινές περιοχές ή βραχώδη εδάφη. Η ιτιά είναι δένδρο απαιτητικό σε υγρασία και ηλιοφάνεια και χαρακτηρίζεται από ευαισθησία στη σκίαση και στους παγετούς. Είναι δένδρο ιδιαίτερα ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες και δυνατούς ανέμους.

Αναπτύσσεται σε ευρεία κλίμακα εδαφών από βαριά αργιλώδη μέχρι αμμώδη αλλά προτιμά τα αργιλώδη ή αμμώδη εδάφη με ικανότητα συγκράτησης της εδαφικής υγρασίας και ικανοποιητικό αερισμό. Ανέχεται προσωρινή αλλά όχι μόνιμη κάλυψη των ριζών της από νερό. Ιδανικές τιμές pH είναι μεταξύ 5.5 και 7.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Το ριζικό σύστημα της ιτιάς είναι θυσοανώδες και εισχωρεί σε αρκετά μεγάλο βάθος. Είναι δένδρο φυλλοβόλο με ύψος που κυμαίνεται από 7 έως 25 μ και πλάτος που μπορεί να φθάσει μέχρι και 10 μ. Τα φύλλα είναι λογχοειδή, με οξεία κορυφή, εναλλασσόμενα και καλυμμένα με ελαφρά προσωρινά τριχίδια που σχηματίζονται κατά τους πρώτους μήνες μετά την έκπτυξη των φύλλων και στη συνέχεια εξαλείφονται. Η ιτιά είναι φυτό δίοικο με τα θηλυκά και αρσενικά άνθη να

εκφύονται σε κυλινδρικούς ιούλους που σχηματίζονται στη βάση των φύλλων. Η επικονίαση πραγματοποιείται συνήθως με μέλισσες. Η ανθοφορία και ωρίμανση των σπόρων συμβαίνουν κατά την περίοδο Απριλίου-Μαΐου και Ιουνίου, αντίστοιχα. Ο καρπός είναι κάψα, με μακριές μεταξωτές ίνες.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Τα κύρια κριτήρια για την επιλογή κατάλληλων ποικιλιών για την αξιοποίηση της ιτιάς ως καλλιέργεια μικρού περιόδου χρόνου περιλαμβάνουν την υψηλή απόδοση σε βιομάζα και την ανθεκτικότητα στη σκωρίαση που προκαλείται από τον μύκητα *Melampsora* spp.

Στο εμπόριο, κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπάρχει διαθεσιμότητα πληθώρας ποικιλιών ιτιάς με τα επιθυμητά για παραγωγή ενέργειας χαρακτηριστικά. Μερικές από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες για το σκοπό αυτό ποικιλίες είναι οι Jorunn, Germany και Q83. Οι αποδόσεις ξηρού βάρους κυμαίνονται από 0.95 έως και 3.5 τον /στρ, ανάλογα με τον χρόνο συγκομιδής (για καλλιέργειες με διάρκεια κύκλου τρία έτη). Στην Ελλάδα, απαντώνται 8 είδη ιτιάς που μπορούν να εισαχθούν σε συστήματα καλλιεργειών μικρού περιόδου χρόνου και περιλαμβάνουν τις *Salix alba*, *S. fragilis*, *S. pentandra*, *S. purpurea*, *S. triandra*, *S. caprea*, *S. cinerea* και *S. viminalis*. Το πιο κατάλληλο είδος για τις ελληνικές συνθήκες φαίνεται να είναι η *S. viminalis*, ενώ τα είδη *S. alba*, *S. caprea*, *S. Cinerea* και *S. fragilis* συμμετέχουν ήδη σε προγράμματα για παραγωγή διειδικών υβριδίων που θα δοκιμασθούν περαιτέρω.



Salix viminalis και *Salix alba* 'Vitellina' (Golden Willow)

Προετοιμασία αγρού

Η διάρκεια ζωής της ιτιάς είναι περίπου 30 έτη. Δεδομένης της πολυετούς φύσης της καλλιέργειας, ιδιαίτερης σημασίας είναι η επιλογή της κατάλληλης περιοχής σε σχέση με την τοπογραφία, οικολογία και προσβασιμότητα. Λόγω της αραιής φύτευσης, η εφαρμογή καλλιεργητικών πρακτικών ενέχει τον κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους ιδιαίτερα σε επικλινείς περιοχές με ελαφρά, αμμώδη εδάφη. Για την διεκπεραίωση των καλλιεργητικών εργασιών και της συγκομιδής ο αγρός συνιστάται να είναι επίπεδος ή με κλίση εδάφους που δεν υπερβαίνει το 12-15%, με καλή στράγγιση και όσο το δυνατόν πιο κοντά σε αποθηκευτικούς χώρους.

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι η σπουδαιότερη καλλιεργητική τεχνική για την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας. Συνήθως χρησιμοποιείται η εφαρμογή οργανοφωσφορικών σκευασμάτων (γλυκίνες) σε μία ή δύο δόσεις κατά την περίοδο από τέλη καλοκαιριού έως αρχές ή μέσα φθινοπώρου. Σε μερικές περιπτώσεις, ανάλογα με τον πληθυσμό των ζιζανίων, εφαρμόζεται μία επιπλέον εφαρμογή ζιζανιοκτόνου λίγο πριν την σπορά. Σε συμπιεσμένα εδάφη συστήνεται καλλιέργεια του εδάφους με υπεδαφοκαλλιεργητή σε βάθος 40 εκατ και στη συνέχεια άροση σε βάθος 25 εκατ. Αντίθετα, σε ελαφρά εδάφη συστήνεται ανοιξιάτικο όργωμα και ενσωμάτωση κοπριάς με κατάλληλη περιεκτικότητα σε άζωτο πριν την άροση. Πριν την φύτευση συνιστάται ανοιξιάτικο σβάρνισμα για την καταπολέμηση των ζιζανίων και την ισοπέδωση του εδάφους.

Φύτευση

Η φύτευση της ιτιάς πραγματοποιείται νωρίς την άνοιξη με μοσχεύματα. Σε παγετόπληκτες περιοχές μπορεί να πραγματοποιηθεί όψιμη σπορά για την αποφυγή καταστροφής των δενδρυλλίων από τις χαμηλές θερμοκρασίες.

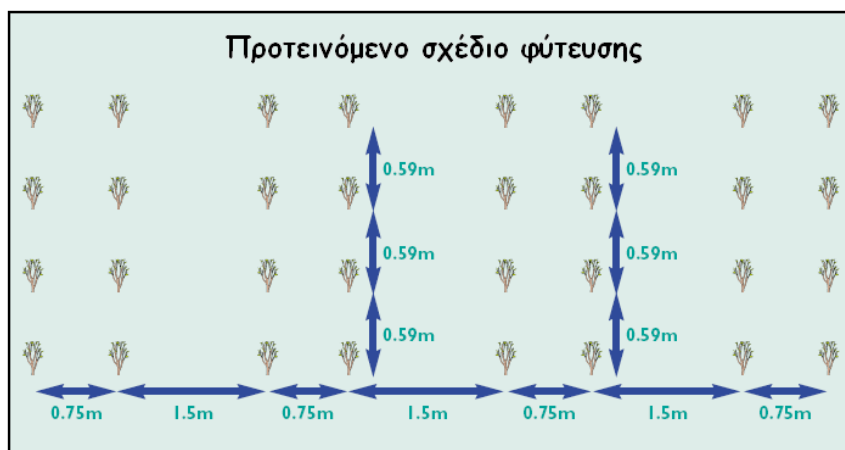
Τα μοσχεύματα λαμβάνονται από δένδρα ηλικίας ενός έτους κατά την περίοδο μεταξύ Δεκεμβρίου-Μαρτίου. Μπορούν να φυτευτούν άμεσα ή να αποθηκευτούν σε θερμοκρασία 2-4 °C όπου παραμένουν βιώσιμα μέχρι και τρεις μήνες.

Για τη φύτευση συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανές φύτευσης μοσχευμάτων κατάλληλα σχεδιασμένων να κόβουν το μόσχευμα (μήκους 1.5-2.5 μ) σε τεμάχια 20 εκατ. Μετά τον τεμαχισμό του η μηχανή φύτευσης τοποθετεί το μόσχευμα αυτόματα στο έδαφος και συμπίεζει το έδαφος τριγύρω του έτσι ώστε να εξασφαλιστεί καλή επαφή εδάφους-μοσχεύματος. Για φυτείες μικρής έκτασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και φυτευτικές μηχανές λάχανου, αφού προηγηθούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις.



Φύτευση μοσχευμάτων ιτιάς.

Η συνήθης πυκνότητα φύτευσης εξαρτάται από το τρόπο συγκομιδής και κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1200 και 1500 μοσχεύματα/στρ. Η φύτευση πραγματοποιείται σε διπλές γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 75 εκατ ενώ η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διπλών γραμμών είναι 1.5 μ. Η απόσταση επί της γραμμής είναι συνήθως 59 εκατ. Οι παραπάνω αποστάσεις εξασφαλίζουν πυκνότητα φύτευσης 1500 φυτά/στρ.



Σχέδιο εγκατάστασης φυτείας μικρού περιτροπικού χρόνου (SRIC).

Διαχείριση της φυτείας το πρώτο έτος εγκατάστασης

Από κάθε μόσχευμα αναπτύσσονται 1-3 παραφυάδες που φτάνουν σε ύψος έως και 4 μ. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που έπεται της φύτευσης, η νέα βλάστηση (παραφυάδες) πρέπει να κόβεται έτσι ώστε να ενισχυθεί η βλάστηση περισσότερων πλευρικών βλαστών (5-20 παραφυάδες) κατά τα επόμενα έτη της καλλιέργειας. Το κόψιμο συστήνεται περί τα τέλη Φεβρουαρίου, πριν το άνοιγμα των οφθαλμών. Συνήθως πραγματοποιείται εφαρμογή ζιζανιοκτόνου επαφής μετά το κόψιμο των παραφυάδων αλλά πριν το άνοιγμα των οφθαλμών για τον έλεγχο των ζιζανίων. Κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας δε συστήνεται εφαρμογή λίπανσης.

Ζιζανιοκτονία

Γενικά, η καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεί απαραίτητη καλλιεργητική φροντίδα το πρώτο έτος της καλλιέργειας. Η ζιζανιοκτονία στις καλλιέργειες μικρού περιτροπικού χρόνου μπορεί να χωριστεί σε τρεις φάσεις, πριν την εγκατάσταση, μετά την φύτευση και μετά το κόψιμο των παραφυάδων κατά το πρώτο έτος. Τα πολυετή ζιζάνια καταπολεμούνται αποτελεσματικά με την χρήση κατάλληλων διασυστηματικών ζιζανιοκτόνων επαφής όπως αυτά της οικογένειας των οργανοφωσφορικών γλυκινών. Η ταχεία ανάπτυξη των ζιζανίων, σε γόνιμα κυρίως εδάφη, με το πέρας των καλλιεργητικών πρακτικών είναι αναμενόμενη και γι' αυτό συνιστάται η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου με μεγάλη υπολειμματική δράση (π.χ. ατραζίνες). Κατάλληλα σκευάσματα για τον έλεγχο των αγρωστωδών ζιζανίων μετά την εγκατάσταση της φυτείας είναι αυτά της οικογένειας των κυκλοεξανοδίων και αρυλοξυφαινοξυπροπινικών.

Λίπανση

Οι απαιτήσεις της ιτιάς σε άζωτο είναι σχετικά χαμηλές. Οι συνιστώμενες δόσεις αζώτου είναι 4, 6 και 10 χλγ αζώτου/στρ/έτος για το πρώτο (μετά το κόψιμο των παραφυάδων) δεύτερο και τρίτο έτος, αντίστοιχα και για κύκλο καλλιέργειας διάρκειας 3 ετών. Δεν συνιστάται η εφαρμογή λίπανσης κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας και πριν το κόψιμο των παραφυάδων. Έχει αναφερθεί ότι η βραχείας περιτροπής καλλιέργεια της ιτιάς απομακρύνει ετησίως περίπου 1.6 και 8.5 χλγ φωσφόρου και καλίου, αντίστοιχα.

Άρδευση

Η διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας είτε από βροχοπτώσεις είτε με εφαρμογή άρδευσης θεωρείται απαραίτητη για την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας και την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Η ποσότητα νερού που απαιτείται για την καλλιέργεια της ιτιάς υπολογίζεται στα 600-1000 χιλ ετησίως.

Φυτοπροστασία

Οι σοβαρότερες απώλειες της καλλιέργειας ιτιάς προκαλούνται από διάφορα είδη σκωρίασης. Το παθογόνο αίτιο της σκωρίασης είναι τα είδη του μύκητα *Melampsora* spp. και η καταπολέμηση συνήθως πραγματοποιείται με την ταυτόχρονη φύτευση διαφορετικών ποικιλιών (mix types) ιτιάς που παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα ανθεκτικότητας στον μύκητα. Η χρήση μυκητοκτόνων για οικονομικούς κυρίως λόγους δεν συνιστάται.

Από τους εντομολογικούς εχθρούς της ιτιάς, σοβαρότερο είναι το κολεόπτερο *Phratora vulgatissima*, που τρέφεται από τα φύλλα του φυτού και λόγω της ταχύτατης αύξησης του πληθυσμού του δύνανται να προκαλέσει μεγάλες απώλειες στην τελική παραγωγή. Η χρήση κατάλληλων εντομοκτόνων με κατευθυνόμενο ψεκασμό όταν ο πληθυσμός του εντόμου είναι μεγαλύτερος από 100 τέλεια έντομα/τμ αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο καταπολέμησης. Επίσης, σημαντικές απώλειες, κυρίως κατά το πρώτο έτος της εγκατάστασης της καλλιέργειας, μπορεί να προκληθούν από διάφορα θηλαστικά.

Συγκομιδή

Η πρώτη συγκομιδή πραγματοποιείται 3 χρόνια μετά το κόψιμο των παραφυάδων και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται κάθε τρία χρόνια. Η εποχή συγκομιδής συμπίπτει με την χειμερινή περίοδο (μέσα Οκτωβρίου αρχές Μαρτίου) οπότε η καλλιέργεια έχει χάσει τα φύλλα της και πριν το άνοιγμα των οφθαλμών. Η υγρασία του φυτού την περίοδο αυτή κυμαίνεται μεταξύ 45 και 60%.

Η συγκομιδή ιτιάς, και γενικά των καλλιεργειών μικρού περιόδου χρόνου, μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος περιλαμβάνει τη συγκομιδή με συγκομιστικές μηχανές μοσχευμάτων, οπότε τα στελέχη κόβονται και δεματοποιούνται χειρωνακτικά στον αγρό όπου και αφήνονται να ξηραθούν. Ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει τη συγκομιδή με συγκομιστικές μηχανές που κόβουν το στέλεχος, και στη συνέχεια το κονιορτοποιούν και το εναποθέτουν σε πλατφόρμα που συνοδεύει το μηχάνημα συγκομιδής. Περισσότερο διαδεδομένος είναι ο δεύτερος τρόπος συγκομιδής αλλά ενέχει τον κίνδυνο υποβάθμισης του συγκομιζόμενου προϊόντος λόγω υπερθέρμανσης (φθάνει τους 60 °C σε 24 ώρες) που οδηγεί σε απώλεια της ενεργειακής του αξίας. Τα τελευταία χρόνια, στις χώρες όπου οι καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις, ερευνάται η χρήση ανεμιστήρων ή ξηραντηρίων που όμως αυξάνει το κόστος αποθήκευσης.



Συγκομιδή με κονιορτοποίηση των στελεχών και αποθήκευση στελεχών ιτιάς.

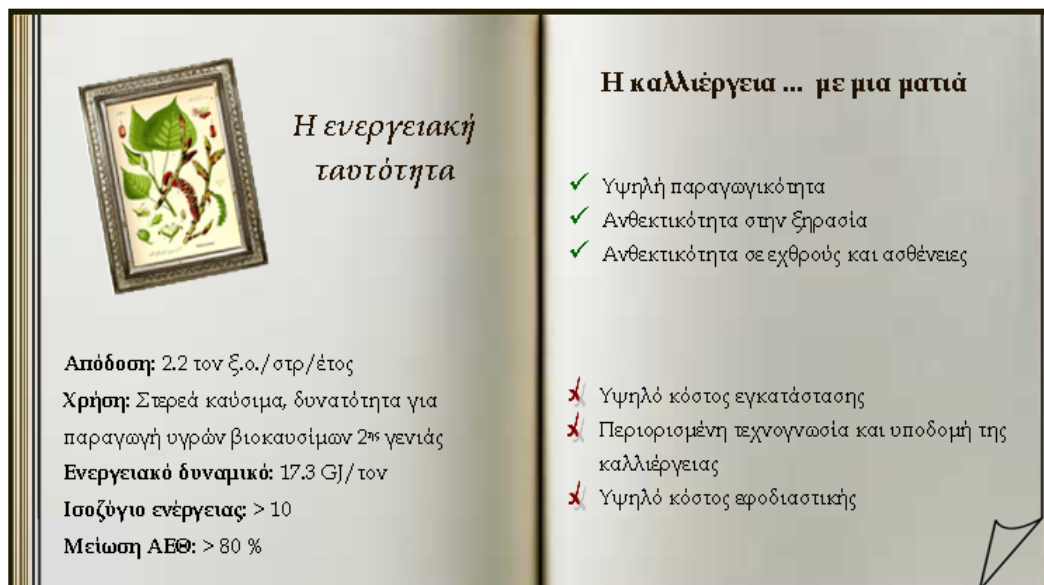
Απόδοση - Ενεργειακές δυνατότητες

Οι αποδόσεις της καλλιέργειας της ιτιάς όπως έχουν καταγραφεί στο Ηνωμένο Βασίλειο κυμαίνονται μεταξύ 0.7, 1.2 και 3 τον ξηρής μάζας/έτος για τον πρώτο, δεύτερο και τρίτο κύκλο, αντίστοιχα (καλλιέργεια τριετούς κύκλου με πυκνότητα φύτευσης 1200 φυτά/στρ). Το ύψος των αποδόσεων παραλλάσσει σημαντικά ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή καλλιέργειας. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση είναι ο εδαφικός τύπος, η καταπολέμηση των ζιζανίων, ασθενειών και εχθρών και η διαθεσιμότητα νερού. Το ενεργειακό δυναμικό ενός τόνου ξηρού βάρους ξύλου υπολογίζεται περί το 17.3 GJ. Το ενεργειακό ισοζύγιο της χρήσης ιτιάς ως στερεό βιοκαύσιμο είναι μεγαλύτερο του 10 και η μείωση των αερίων θερμοκηπίου συγκριτικά με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα είναι μεγαλύτερη του 80 %.

Απεγκατάσταση

Μετά την τελευταία συγκομιδή, στο τέλος της οικονομικής ζωής της καλλιέργειας και πριν την απεγκατάσταση, πρέπει να επιτραπεί στην καλλιέργεια να αναπτύξει νέους βλαστούς την άνοιξη. Όταν αυτοί φτάσουν σε ύψος 15 εκατ η καλλιέργεια ψεκάζεται με διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο επαφής όπως αυτά της οικογένειας των οργανοφωσφορικών γλυκινών. Με την χρήση κατάλληλων μηχανημάτων (π.χ. υπεδαφοκαλλιεργητή ή δισκοσβάρνας μεγάλης διαμέτρου) οι ρίζες που απομένουν καταστρέφονται και ενσωματώνονται στο έδαφος σε βάθος 5-10 εκατ.





Γενικά

Η λεύκη (*Populus spp.*) είναι δένδρο που ανήκει στην οικογένεια των σαλικιδών (*Salicaceae*). Η καλλιέργεια της χρησιμοποιείται για χαμηλής ποιότητας ξυλοκατασκευές, για την παραγωγή αυξητικής ορμόνης για μοσχεύματα, στην ιατρική και ως φυσικός ανεμοφράχτης. Μέχρι σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε μικρή κλίμακα ως καλλιέργεια μικρού περιόδου χρόνου για την παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα της, συνήθως κοντά σε καλλιέργειες ιτιάς για την εξασφάλιση βιοποικιλότητας.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Η λεύκη είναι φυλλοβόλο δένδρο που φθάνει μέχρι και 30 μ ύψος και 20 μ διάμετρο. Τα φύλλα της είναι τριγωνικού ή ρομβοειδούς σχήματος με οδοντωτές παρυφές. Είναι δίοικο είδος, ανθίζει τον Μάρτιο-Απρίλιο και τα αρσενικά και θηλυκά άνθη δημιουργούν μεγάλοςχημους κρεμαστούς ίουλους. Ο καρπός είναι κάψα και ωριμάζει Απρίλιο με Μάιο.



Μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεύκης, *Populus alba* (white poplar)

Προσαρμοστικότητα

Η λεύκη είναι φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία και τον άνεμο και ευαίσθητο στη σκίαση. Αναπτύσσεται σε μέτρια έως βαριά εδάφη με καλή στράγγιση. Μπορεί να αναπτυχθεί σε εδάφη με όξινη, ουδέτερη ή ελαφρώς αλκαλική αντίδραση. Το βέλτιστο φάσμα τιμών pH για την ανάπτυξη της κυμαίνεται μεταξύ 5.5 και 7.5.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Οι περισσότερες ποικιλίες της λεύκης είναι υψηλών αποδόσεων και μερικώς ανθεκτικές στη σκωρίαση. Ωστόσο διάφορα προγράμματα βελτίωσης αποσκοπούν στη δημιουργία αποδοτικών ποικιλιών, προσαρμοσμένων για καλλιέργεια μικρού περιτρώπου χρόνου. Στο εμπόριο, κυρίως στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης (Αγγλία, Ιρλανδία, Σουηδία), διατίθενται διάφορες ποικιλίες λεύκης με τα επιθυμητά για παραγωγή ενέργειας χαρακτηριστικά.

Στη χώρα μας ευδοκιμούν τα είδη *Populus nigra* και *P. alba*. Η έρευνα στην Ελλάδα για την δυνατότητα της λεύκης για παραγωγή βιομάζας ξεκίνησε από το 1980 αλλά δεν έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλη κλίμακα. Σήμερα διατίθενται 8 κλώνοι, αποτέλεσμα εγχώριων βελτιωτικών προγραμμάτων από διεδικές διασταυρώσεις διαφόρων ειδών λεύκης όπως *Populus nigra* var. *thevestina*, *P. nigra* var. *italica*, *P. alba*, *P. tremula* και *P. deltoides* var. *Missouriensis*, με εμπορική αξία.

Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία του αγρού για την εγκατάσταση της φυτείας είναι όμοια με αυτή που πραγματοποιείται στην ιτιά. Γενικά, συστήνεται καλλιέργεια του εδάφους σε μεγάλο βάθος (> 25 εκατ) και εφαρμογή ζιζανιοκτονίας. Όταν το έδαφος είναι συμπιεσμένο απαιτείται η χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή σε βάθος 40 εκατ.

Φύτευση

Η φύτευση γίνεται νωρίς την άνοιξη. Η πυκνότητα φύτευσης είναι μικρότερη συγκριτικά με την καλλιέργεια ιτιάς και κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 1200 μοσχεύματα/στρ. Τα μοσχεύματα είναι μήκους 20-25 εκατ, διαμέτρου 1 εκατ και φέρουν ακραίο οφθαλμό. Η χρήση μηχανών φύτευσης για λαχανικά με τις απαραίτητες ρυθμίσεις έχει δοκιμασθεί με επιτυχία στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Διαχείριση καλλιέργειας

Η καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεί την πιο σημαντική καλλιεργητική εργασία κατά την περίοδο εγκατάστασης της φυτείας. Συνήθως 3-5 ημέρες μετά την φύτευση πραγματοποιείται η εφαρμογή κατάλληλου ζιζανιοκτόνου. Η καταπολέμηση της σκωρίας (*Melampyris* spp.) αποτελεί επίσης απαραίτητη καλλιεργητική πρακτική. Όπως και στην καλλιέργεια ιτιάς, συστήνεται η φύτευση διαφορετικών ποικιλιών λεύκης διαφόρων επιπέδων και πηγών ανθεκτικότητας στη σκωρίαση. Η καταπολέμηση του σκαθαριού της ιτιάς, που είναι από τους σπουδαιότερους εχθρούς της λεύκης, πραγματοποιείται με κατευθυνόμενους ψεκασμούς όπου ο πληθυσμός του εντόμου ξεπερνά τα 100 τέλεια έντομα/τμ. Το κόψιμο των παραφυάδων που παράγονται το πρώτο έτος της καλλιέργειας πραγματοποιείται το χειμώνα αμέσως μετά την φύτευση.

Συγκομιδή

Η λεύκη παράγει λιγότερα σε αριθμό αλλά μεγαλύτερου βάρους στελέχη συγκριτικά με την ιτιά και για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση μηχανημάτων συγκομιδής κατάλληλων να διαχειριστούν αποτελεσματικά μεγάλου όγκου βλαστούς.



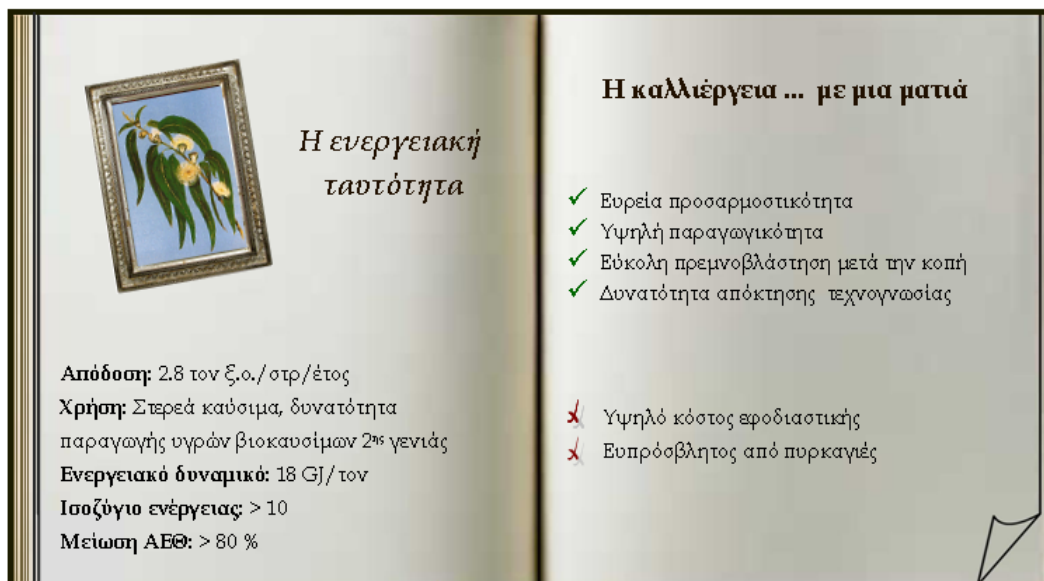
Φύτευση μοσχευμάτων, 1^ο έτος, συγκομιδή στο τέλος του 1^{ου} κύκλου (3^ο έτος), 1^ο έτος του 2^{ου} κύκλου (4^ο έτος).

Απόδοση

Ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή καλλιέργειας, η απόδοση της λεύκης είναι παρόμοια ή μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτή της ιτιάς. Η επίτευξη υψηλής απόδοσης στη λεύκη, σε αντίθεση με την ιτιά, εξασφαλίζεται με την εφαρμογή τετραετούς ή μεγαλύτερου κύκλου της καλλιέργειας. Δεδομένα από πειραματικές καλλιέργειες λεύκης στο Ηνωμένο Βασίλειο αναφέρουν αποδόσεις της τάξης των 0.6, 2.3 και 3.5 τον ξηρής μάζας για τον πρώτο, δεύτερο και τρίτο κύκλο της καλλιέργειας αντίστοιχα (τριετής κύκλος καλλιέργειας). Το ενεργειακό περιεχόμενο ενός τόνου ξηρού βάρους ξύλου είναι περίπου 17.3 GJ. Το ισοζύγιο ενέργειας είναι μεγαλύτερο του 10 και η μείωση των ΑΕΘ είναι μεγαλύτερη του 80 %.

Απεγκατάσταση

Η απεγκατάσταση στο τέλος της οικονομικής ζωής της καλλιέργειας είναι δυσχερέστερη από αυτή της ιτιάς. Λόγω της μεγάλης, τόσο σε επιφάνεια όσο και σε βάθος, έκτασης που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα της λεύκης, απαιτείται η χρήση εκσκαφέα μεγάλου κυβισμού.



Γενικά

Ο ευκάλυπτος είναι καλλωπιστικό δένδρο που ανήκει στην οικογένεια *Myrtaceae* και κατάγεται από την Αυστραλία. Τα δύο κύρια είδη ευκάλυπτου είναι τα *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Είναι φυτό που απαντάται κυρίως στις υποτροπικές περιοχές, με την Πορτογαλία και την Ισπανία να καλύπτουν τη μισή περίπου παγκόσμια παραγωγή ευκάλυπτου. Σημαντικές επίσης καλλιεργούμενες εκτάσεις ευρίσκονται στις ΗΠΑ, και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια, Αριζόνα και Χαβάη.

Το ξύλο που παράγεται από τον ευκάλυπτο χρησιμοποιείται για την παραγωγή οικοδομικών υλικών και χαρτοπολτού. Τα φύλλα έχουν αντιβιοτικές ιδιότητες και το απόσταγμα τους χρησιμοποιείται ως εντομοαπωθητικό και αντιπαρασιτικό. Το αιθέριο έλαιο που παράγεται από τον ευκάλυπτο χρησιμοποιείται ως αντιβηχικό, αντισηπτικό και για την παρασκευή καλλυντικών σκευασμάτων. Δεδομένης της προσαρμοστικότητας στις κλιματικές συνθήκες της νότιας Ευρώπης, ο ευκάλυπτος μπορεί να αποτελέσει μια συμφέρουσα καλλιέργεια για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων.

Προσαρμοστικότητα

Είναι φυτό ευρείας προσαρμοστικότητας σε ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες και εκτείνεται από τις κρύες υγρές περιοχές των εύκρατων ζωνών έως και τις υποτροπικές ξηρές και υγρές δασικές ζώνες. Συνήθως απαντάται σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία 800-1600 χιλ και 16-20°C αντίστοιχα, ενώ ιδανικές για την καλλιέργεια είναι οι συνθήκες που επικρατούν στα ήπια εύκρατα κλίματα όπως επίσης και σε ορεινές περιοχές.

Ο ευκάλυπτος μπορεί να αναπτυχθεί σε υποβαθμισμένα, άγονα εδάφη, χωρίς εφαρμογή άρδευσης και φυτοπροστασίας. Εξαιτίας της μεγάλης απορρόφησης της

διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, η καλλιέργεια ευκάλυπτου σε επικλινείς περιοχές μπορεί να προκαλέσει ακόμα και διάβρωση του εδάφους. Το είδος *E. camaldulensis* χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα σε εδαφικούς τύπους και ανθεκτικότητα στην αλατότητα και σε παγετούς, ενώ αντίθετα το *E. globulus* προτιμά τα καλά στραγγιζόμενα αργιλλώδη ή αργιλλοπηλώδη εδάφη. Ο ευκάλυπτος γενικά προτιμά εδάφη με σχετικά χαμηλό pH.

Αποτελέσματα από πειράματα προσαρμοστικότητας που έγιναν στη χώρα μας υποδεικνύουν ότι και τα δύο είδη ευκαλύπτου παρουσιάζουν υψηλή παραγωγικότητα και ευρωστία, αλλά το καταλληλότερο είδος για χρήση ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη είναι το *E. camaldulensis*, δεδομένης της ευρείας προσαρμοστικότητάς σε ποικιλία μικροκλιμάτων, της εύκολης πρεμνοβλάστησης μετά την κοπή και της υψηλής απόδοσης σε βιομάζα.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Ο ευκάλυπτος είναι αειθαλές δένδρο με διάρκεια ζωής της καλλιέργειας περί τα 15 έτη. Το ριζικό σύστημα του φυτού είναι βαθύ και εκτεταμένο. Το ύψος του φθάνει τα 70 μ, ενώ ο κορμός έχει διάμετρο 0.6-2 μ και είναι ευθυτενής με στενή, ακαθόριστη κορυφή και μεγάλες διακλαδώσεις. Τα φύλλα, είναι έμμοιχα, λογχοειδή με ευδιάκριτες λεπτές νευρώσεις και εκφύονται κατ' εναλλαγή. Τα άνθη φέρουν λευκούς στήμονες και εκφύονται σε πλευρικούς οφθαλμούς. Ο καρπός είναι κάψα απλή, πλατιά με στρογγυλεμένη κορυφή και εκφύεται στη βάση του φύλλου. Οι σπόροι είναι ακανόνιστου ελλειπτικού σχήματος, μαύρου χρώματος.



Δένδρο, φύλλα, ταξιανθία και καρπός ευκαλύπτου.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Έχουν αναπτυχθεί, στην Αυστραλία κυρίως, διάφορες ποικιλίες και υβρίδια ανθεκτικά σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και εδαφικούς τύπους.

Σπορά - Φύτευση

Ο ευκάλυπτος πολλαπλασιάζεται με σπόρους και με μοσχεύματα ηλικίας περίπου 6 μηνών. Δεδομένου ότι οι σπόροι που συλλέγονται από το ίδιο φυτό σε διάστημα τριάντα ημερών παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση βλαστικής ικανότητας (2-80%), ο έλεγχος της καθίσταται απαραίτητος. Τα σπορόφυτα όπως και τα ώριμα φυτά είναι ευαίσθητα στην ξηρασία και στο ψύχος. Το σχήμα και η πυκνότητα φύτευσης είναι ανάλογα με αυτά που περιγράφηκαν για τη λεύκη.

Ζιζανιοκτονία

Η καταπολέμηση, κυρίως των αγρωστωδών ζιζανίων, είναι αναγκαία για την επιτυχημένη εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Λίπανση – Άρδευση

Η ανταπόκριση του φυτού τόσο στην άρδευση όσο και στην λίπανση αναφορικά με την παραγωγή ξηρής βιομάζας είναι θετική αλλά δεν αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα πρακτική. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα η λίπανση συμβάλλει στην ταχύτερη παραγωγή βιομάζας, αφού παραγωγή 30 τόνων βιομάζας απαιτεί 4 και 9.5 έτη με και χωρίς εφαρμογή λίπανσης, αντίστοιχα.

Φυτοπροστασία

Τα κυριότερα παθογόνα που προκαλούν σημαντικές απώλειες στην καλλιέργεια είναι οι μύκητες: *Armillaria mellea*, *Cercospora* spp., *Cryptosporium eucalypti*, *Diplodia australiae*, *Fomes* spp., *Fusarium oxysporum* var. *Aurantiacum*, *Macrophoma* spp., *Mycosphaerella molleriana*, *Polyporus* spp., *Sclerotinia fuckeliana*, *Septonema multiplex* και *Septosporium scyphophorum*. Οι περισσότεροι επιβλαβείς εντομολογικοί εχθροί για την καλλιέργεια ευκάλυπτου είναι τα έντομα της τάξης των Κολεόπτερων, Ημίπτερων, Υμενόπτερων και Λεπιδόπτερων.

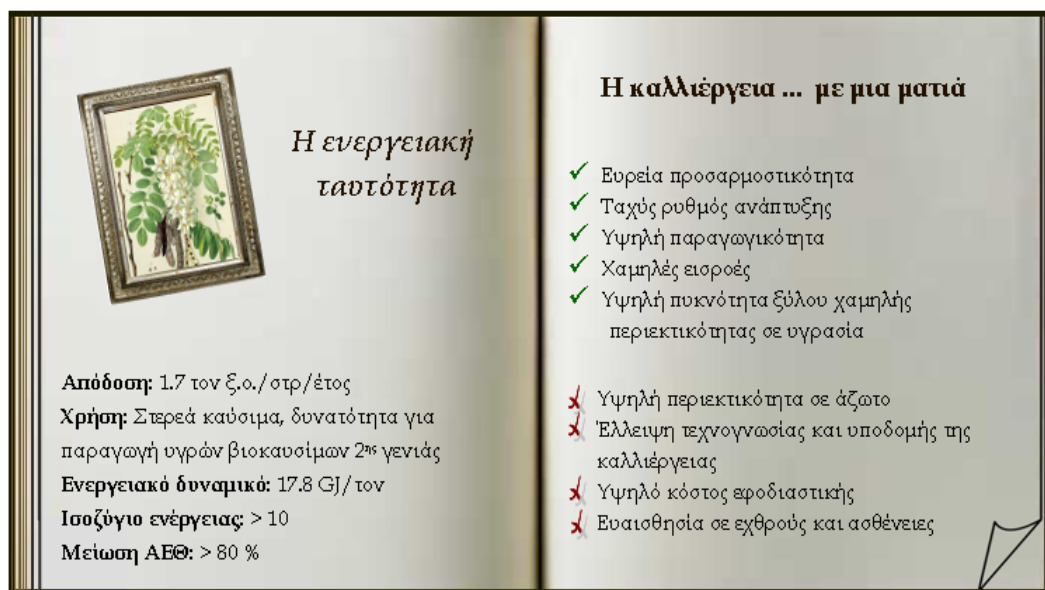
Συγκομιδή

Η εποχή συγκομιδής του ευκάλυπτου, όπως και άλλων δένδρων, για τη χρήση της βιομάζας του καθορίζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας. Σε περιοχές με μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων η εποχή συγκομιδής δεν είναι τόσο καθοριστικής σημασίας ενώ σε παγετόπληκτες περιοχές η συγκομιδή πραγματοποιείται στα τέλη του χειμώνα ή αρχές της άνοιξης για την αποφυγή καταστροφής του κορμού. Αντίθετα, συγκομιδή κατά την ξηροθερμική περίοδο του καλοκαιριού καθυστερεί την έκπτυξη παραφυάδων και ενέχει τον κίνδυνο καταστροφής ή αποφλοιώσης του κορμού.

Αποδόσεις - Ενεργειακές δυνατότητες

Η κατά μέσο όρο παραγωγή βιομάζας ευκάλυπτου είναι περί τους 2.6 τον/στρ που συνοδεύεται από σε αποδόσεις της τάξης των 0.6-0.8 και 0.3-0.4 τον/στρ χλωρού φυλλώματος και ξηρού βάρους, αντίστοιχα και 4-4.5 χλγ/στρ ελαίου. Σε πειραματικές αρδευόμενες καλλιέργειες της ρυγχωτής ευκαλύπτου, που διεξήχθησαν στη χώρα μας, με διετή περίτροπο χρόνο καταγράφηκαν αποδόσεις της τάξης των 6.4 και 2.8 τον/στρ/έτος χλωρής και ξηρής μάζας, αντίστοιχα. Η αύξηση της παραγωγής της ξηρής βιομάζας από τον δεύτερο στον τρίτο περίτροπο χρόνο ήταν της τάξης του 46%.

Η καύση του ξύλου παράγει κάρβουνο υψηλής ποιότητας με παράλληλη παραγωγή μικρής ποσότητας τέφρας. Η ενεργειακή αξία του ξύλου είναι περίπου 4.800 kcal/χλγ. Σύμφωνα με τις αποδόσεις των πειραματικών καλλιεργειών που προαναφέρθηκαν το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό του της φυτείας κυμαίνεται μεταξύ 35 και 58 GJ/στρ/έτος.



Γενικά

Η ψευδακακία είναι φυλλοβόλο δέντρο μέτριου μεγέθους, ανήκει στην οικογένεια *Fabaceae* και κατάγεται από τη Βόρεια Αμερική. Η καλλιέργεια της ψευδακακίας εισήχθη στην Ευρώπη στα μέσα του 17ου αιώνα και εξαπλώθηκε στις εύκρατες χώρες της Ασίας, όπου καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις.

Οι χρήσεις της καλλιέργειας της ψευδακακίας περιλαμβάνουν κυρίως τη διατροφή ζώων, την ανάπλαση εδαφών, την παραγωγή ξυλείας και την παρασκευή χαρτιού. Επίσης καλλιεργείται ως καλλωπιστικό δένδρο, ενώ τελευταία γίνεται χρήση και των φαρμακευτικών ιδιοτήτων των φύλλων και ανθέων της. Τα τελευταία χρόνια επίσης, το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια εστιάζεται στη χρήση της για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων. Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν την ψευδακακία ελκυστική ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη, αφορούν κυρίως στον ταχύτατο ρυθμό ανάπτυξης, στην υψηλή πυκνότητα ξύλου και στη χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία συγκριτικά με άλλα είδη.

Προσαρμοστικότητα

Η ψευδακακία χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα τόσο σε εδαφικούς όσο και κλιματικούς τύπους. Είναι φυτό που απαντάται τόσο σε εύκρατα όσο και υποτροπικά κλίματα με ευρύ φάσμα τιμών θερμοκρασίας και ετήσιας βροχόπτωσης (600-1900 χιλ).

Η ανάπτυξη της ψευδακακίας μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμα και σε πολύ φτωχά και ξηρά εδάφη, αλλά προτιμά βαθιά, χαλαρά, μέτρια νωπά εδάφη. Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας αφορούν στον καλό αερισμό, φωτισμό και στην ύπαρξη ικανοποιητικής εδαφικής υγρασίας ενώ προσαρμόζεται σε ευρύ φάσμα τιμών pH που κυμαίνεται μεταξύ 4.6 και 8.2.

Περιγραφή - Βιολογικός κύκλος

Είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές με διάρκεια ζωής που ξεπερνά τα 40 χρόνια και χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ριζικό σύστημα της είναι πασσαλώδες που αναπτύσσεται από τα πρώτα χρόνια ζωής του φυτού. Στη συνέχεια εκφύονται πυκνές, ριζικές διακλαδώσεις που μπορεί να εκτείνονται σε πλάτος 10 μ από την κεντρική ρίζα. Το ύψος του φυτού φθάνει τα 20-35 μ και ο κορμός είναι ευθυτενής, διαμέτρου μεγαλύτερου του 1 μ και χαρακτηρίζεται από βαθιές αυλακώσεις. Τα κλαδιά είναι λεία, συνήθως αγκαθωτά και φέρουν μικρού μεγέθους οφθαλμούς. Τα φύλλα είναι σύνθετα με έμμοχα, λεία φυλλάρια. Η ταξιανθία είναι βότρυς, αποτελούμενος από λευκά άνθη και λοβούς λείους που φέρουν από 4 έως 7 σπέρματα.



Καρπός, λοβοί, ταξιανθία και φύλλα ψευδακακίας.

Καλλιεργητική τεχνική

Ποικιλίες

Η ψευδακακία είναι διπλοειδές είδος ($2n = 22$). Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες (κυρίως στις ΗΠΑ) που είναι ανθεκτικές στην ξηρασία, στο ψύχος, σε ευρύ φάσμα τιμών pH, σε φτωχά και επικλινή εδάφη. Αναφέρεται ιδιαίτερα η ποικιλία *Rectissima* για την μεγάλη της ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση όπως επίσης και σε εντομολογικούς εχθρούς.

Προετοιμασία αγρού

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας ψευδακακίας δεν απαιτεί ιδιαίτερες καλλιεργητικές φροντίδες για την προετοιμασία του αγρού, αν και συνιστάται η εφαρμογή ζιζανιοκτονίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση πολυετών ζιζανίων.

Σπορά - Φύτευση

Ο πολλαπλασιασμός της ψευδακακίας επιτυγχάνεται με ριζώματα, με μοσχεύματα καθώς και με σπόρο. Ο πολλαπλασιασμός με ριζώματα έχουν μήκος 8-10 εκατ και διάμετρο 2-5 εκατ τον Απρίλιο. Τα μοσχεύματα εμβαπτίζονται σε φυτοορμόνη, τοποθετούνται σε ειδικό εδαφικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του φυτού και αναπτύσσονται στο θερμοκήπιο, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Στην περίπτωση πολλαπλασιασμού με σπόρο, τα νεαρά σπορόφυτα αρχικά αναπτύσσονται στο σπορείο και μετά από ένα χρόνο μεταφυτεύονται στην περιοχή εγκατάστασης την άνοιξη ή το φθινόπωρο. Για την καλλιέργεια της ψευδακακίας ως είδος μικρού περιτρόπου χρόνου ο πληθυσμός των φυτών είναι 1000-1200 φυτά ανά στρέμμα.

Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ιδιαίτερα σημαντικός μετά τη φύτευση και κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας της ψευδακακίας. Για τα επόμενα χρόνια δεν απαιτείται εφαρμογή ζιζανιοκτονίας, εφόσον ο αριθμός φυτών που έχει αρχικά επιλεγεί εξασφαλίζει πυκνή καλλιέργεια και συνεπώς αποτελεσματική ανταγωνιστική ικανότητα έναντι των ζιζανίων.

Λίπανση

Η καλλιέργεια της ψευδακακίας δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε λίπανση. Η εφαρμογή φωσφορικής και καλιούχας λίπανσης πραγματοποιείται μόνο σε εδάφη που παρουσιάζουν έλλειψη των συγκεκριμένων στοιχείων. Ως ψυχανθές, οπότε δεσμεύει και αξιοποιεί αποτελεσματικά το διαθέσιμο άζωτο, η λίπανση με άζωτο δε συνιστάται.

Άρδευση

Η ψευδακακία, λόγω του πλούσιου ριζικού της συστήματος, αξιοποιεί αποτελεσματικά τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Η καλλιέργεια είναι συνήθως ξηρική, ενώ άρδευση εφαρμόζεται μόνο σε συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας.

Φυτοπροστασία

Στις χώρες της Ευρώπης, η καλλιέργεια της ψευδακακίας δέχεται πληθώρα προσβολών από ασθένειες και έντομα. Σημαντική απειλή για την καλλιέργεια αποτελούν οι ασθένειες: αρμιλλάρια (*Armillaria mellea*), ωίδιο (*Erysiphe polygoni*), φόμα (*Fomes* spp.), φυτόφθορα (*Phytophthora* spp.) και βερτισίλλιο (*Verticillium alboatrum*).

Οι κυριότεροι εχθροί είναι τα ακάρεα (*Tetranychus telarius*), τα κολεόπτερα (πχ. *Cerambyx cerdo*, *Dereodus pollinosus*, *Odontota dorsal*), τα ημίπτερα (πχ. *Parthenolecanium corni*, *Quadraspidiotus perniciosus*), τα υμενόπτερα (*Nematus tibialis*), τα λεπιδόπτερα (πχ. *Alsophila pometaria*, *Datana integerrima*, *Epargyreus clarus*, *Halysidota* sp., *Prionoxystus robiniae*) και οι νηματώδεις (*Longidorus maximus*, *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus penetrans*).

Συγκομιδή

Η ψευδακακία συγκομίζεται κάθε δύο ή τρία χρόνια. Η συγκομιδή ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας γίνεται από το Νοέμβριο μέχρι το Μάρτιο.

Αποδόσεις – Ενεργειακές δυνατότητες

Η απόδοση σε ξηρό βάρος κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 1.8 τον/στρ/έτος. Το θερμικό περιεχόμενο του ξύλου της ψευδακακίας είναι 17.8 MJ/χλγ και η ετήσια ενεργειακή απόδοση της καλλιέργειας δύναται να κυμανθεί από 15 έως 23 GJ/στρ. Όπως σε όλα τα στερεά βιοκαύσιμα το ενεργειακό ισοζύγιο είναι μεγαλύτερο του 10 και το ποσοστό μείωσης αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με ορυκτά καύσιμα είναι μεγαλύτερο του 80 %.

7. Κριτήρια επιλογής & χωροθέτησης ενεργειακών καλλιεργειών

Η αποτελεσματική αξιοποίηση της πληθώρας πληροφοριών σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά για την εγκατάσταση της κατάλληλης καλλιέργειας στην κατάλληλη περιοχή με τρόπο που να την καθιστά βιώσιμη. Η χρησιμοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών, εκτός της συμβολής τους για μερική απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, θα συμβάλλει και στην μείωση εκπομπής ρύπων. Το περιβάλλον θα ωφεληθεί επίσης από την δυνατότητα εγκατάστασης καλλιεργειών με χαμηλότερες απαιτήσεις εισροών.

Εκτός από το βασικότατο κριτήριο του εισοδήματος, το είδος της σκοπούμενης ενεργειακής χρήσης, το τελικό προϊόν προς αξιοποίηση, ο κύκλος παραγωγής καθώς και η ύπαρξη σχετικής τεχνογνωσίας αποτελούν βασικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου π.χ. είναι κατάλληλες σήμερα για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν αξιοποιείται μόνο ο καρπός, π.χ. για παραγωγή βιοντίζελ, τότε η ενεργειακή καλλιέργεια συνιστάται να είναι υψηλών αποδόσεων σε καρπό. Όταν στόχος είναι η καύση ή η παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρίνη, τότε λαμβάνεται υπόψη η συνολική παραγωγή της βιομάζας. Επιπλέον, η περίπτωση χρήσης ετήσιων καλλιεργειών για παραγωγή βιομάζας είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς ο κίνδυνος αποτυχίας ικανοποιητικής απόδοσης για ετήσιες καλλιέργειες είναι σαφώς μικρότερος σε σχέση με αυτόν μιας πολυετούς καλλιέργειας. Αντίθετα, οι πολυετείς καλλιέργειες μειώνουν τον κίνδυνο της διάβρωσης του εδάφους, της έκπλυσης των νιτρικών και της ελάττωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους. Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη η υπάρχουσα τεχνογνωσία παραγωγής της καλλιέργειας (ευνοούνται καλλιέργειες γνωστές στους παραγωγούς π.χ. ζαχαρότευτλο, καλαμπόκι, σιτάρι κ.α.), όπως επίσης και η ευχέρεια προσαρμογής των καλλιεργειών στις εκάστοτε οικονομικές συνθήκες (π.χ. μονοετείς *vs* πολυετείς καλλιέργειες).

Προσαρμοστικότητα στις κλιματικές συνθήκες

Η προσαρμοστικότητα της προς εγκατάσταση καλλιέργειας στις κλιματικές συνθήκες είναι από τους σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η αγριοαγκινάρα π.χ. είναι καλά προσαρμοσμένη σε ξηροθερμικές συνθήκες χωρών όπου οι βροχοπτώσεις συμβαίνουν κυρίως κατά την διάρκεια του χειμώνα με αποτέλεσμα η υπάρχουσα εδαφική υγρασία να χρησιμοποιείται από τον φυτό κατά την διάρκεια της άνοιξης χωρίς να χρειάζεται άρδευση τους καλοκαιρινούς μήνες όταν ωριμάζει ενωρίς και συγκομίζεται. Επιπλέον, οι παγετοί μπορεί να είναι απαγορευτικός παράγοντας όπως π.χ. για τον ευκάλυπτο ή για το μίσχανθο που δεν επιβιώνει επίσης εύκολα σε ψυχρούς χειμώνες και η απόδοσή του μειώνεται σημαντικά από όψιμους παγετούς.

Προσαρμοστικότητα στις εδαφικές συνθήκες

Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα της καλλιέργειας να αναπτύσσεται σε ευρείας κλίμακας εδαφικούς τύπους καθώς και οι καταλληλότεροι τύποι για αύξηση της απόδοσης. Επίσης η δυνατότητα υψηλών αποδόσεων μόνο σε ένα εδαφικό τύπο (π.χ. σιτάρι σε γόνιμα εδάφη), η γνώση του pH του εδάφους, η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας σε αλατότητα και ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους κυρίως σε

επικλινείς επιφάνειες (π.χ. πολυετείς καλλιέργειες προστατεύουν από διάβρωση ελαφρώς επικλινή εδάφη).

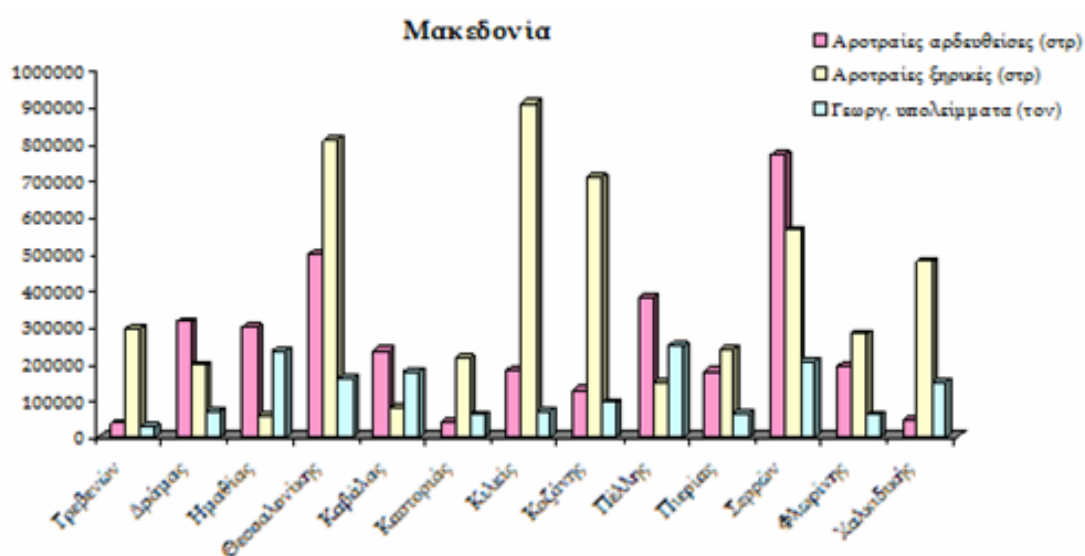
Προσαρμοστικότητα στην διαθεσιμότητα νερού

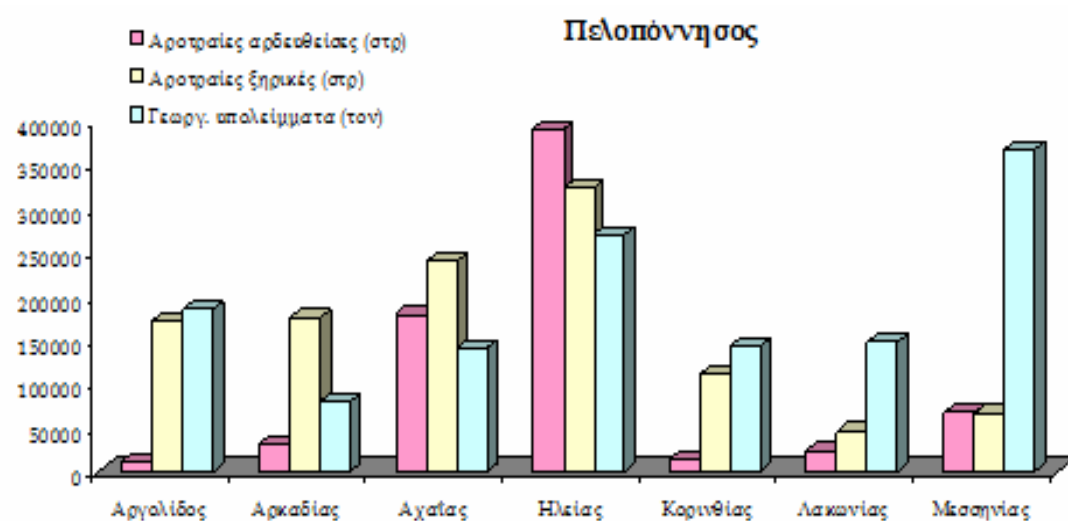
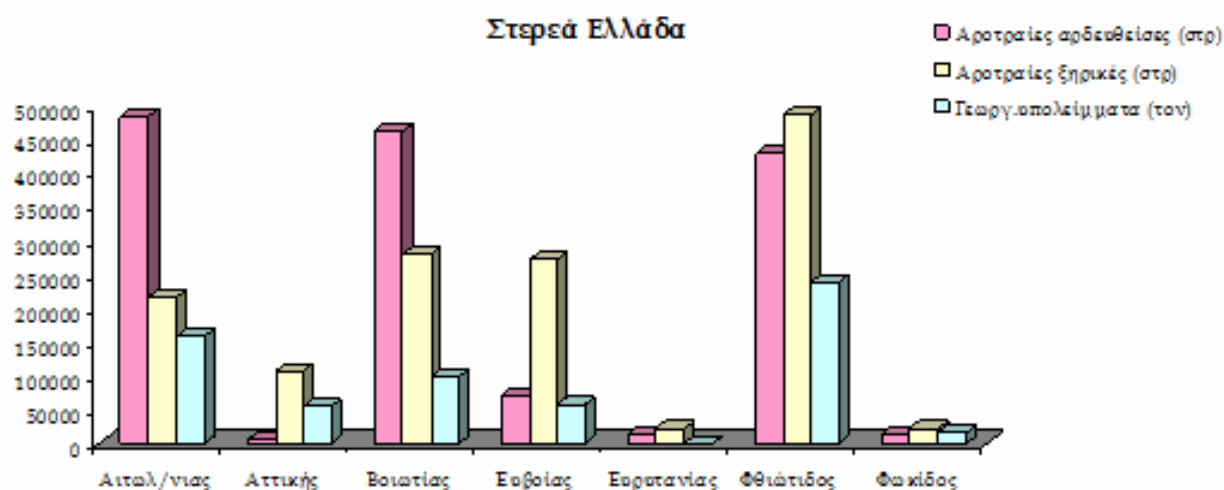
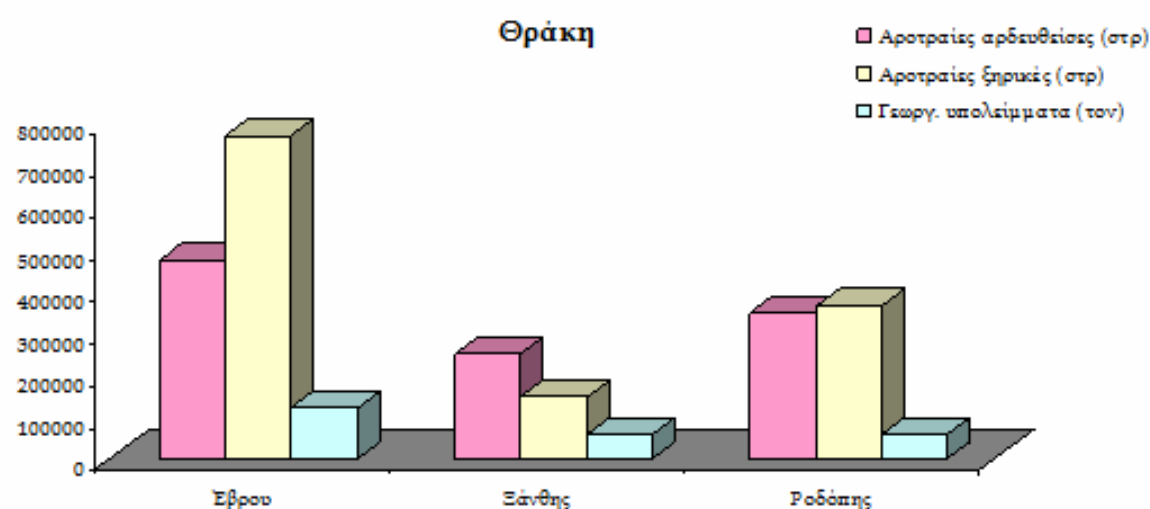
Η διαθεσιμότητα νερού είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών. Επομένως θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό και η δυνατότητα της καλλιέργειας να αναπτυχθεί με την υπάρχουσα ετήσια ποσότητα νερού. Για παράδειγμα, οι πολυετείς καλλιέργειες με μεγάλη περίοδο ανάπτυξης κάνουν την μεγαλύτερη αξιοποίηση νερού. Το σόργο υπερτερεί του αραβοσίτου ως προς τη δυνατότητα οικονομικά βιώσιμης ανάπτυξης της καλλιέργειας με περιορισμένο διαθέσιμο νερό στην περιοχή. Θα πρέπει επίσης να εξετάζεται η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας σε μικρές σχετικά περιόδους ξηρασίας (π.χ. ηλιάνθος), καθώς και η επίδραση της ξηρασίας στην τελική απόδοση (π.χ. οι αποδόσεις στο μίσχανθο μειώνονται), η ανθεκτικότητα της καλλιέργειας σε πλημμύρες και η πιθανότητα χρησιμοποίησης ανακυκλωμένου νερού από απόβλητα.

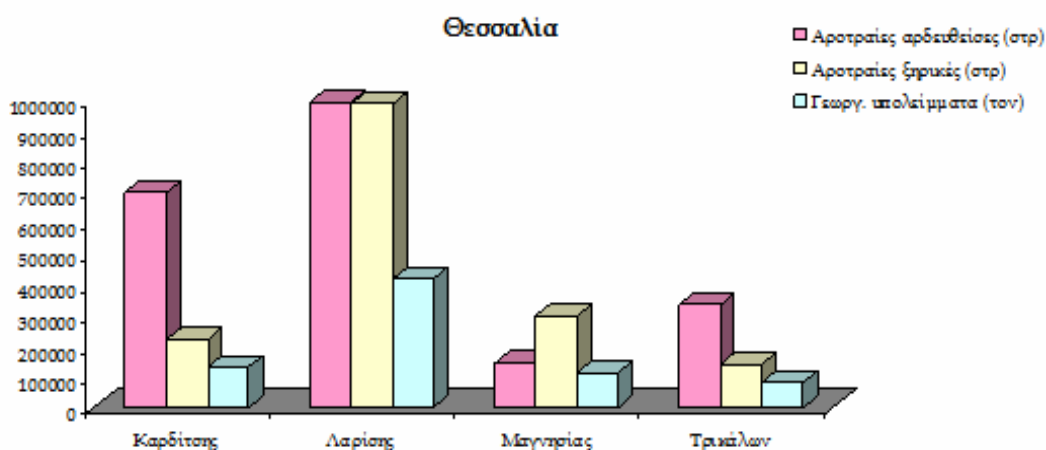
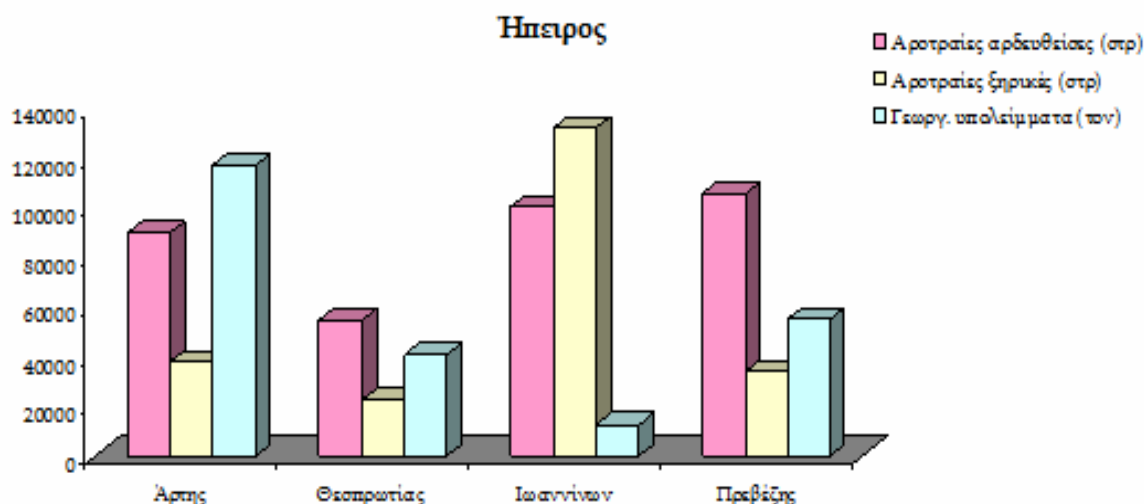
Μέγεθος καλλιεργούμενων εκτάσεων

Για τη χωροταξική κατανομή νέων ενεργειακών καλλιεργειών, εκτός από το κλίμα και τη διαθεσιμότητα νερού (βροχοπτώσεις, δυνατότητα άρδευσης), βασικότατο κριτήριο αποτελεί το μέγεθος των ήδη καλλιεργούμενων εκτάσεων. Με δεδομένο δε ότι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας καθώς και για τη μελλοντική παραγωγή βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς χρησιμοποιούνται γεωργικά υπολείμματα, απαιτείται η μελέτη της διαθεσιμότητάς τους κατά περιοχή.

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα στοιχεία για τις πλέον δυναμικές γεωργικές περιφέρειες όπου θα μπορούσαν να εγκατασταθούν ενεργειακές καλλιέργειες. (προσωρινά στοιχεία ΕΣΥΕ, 2006). Οι ποσότητες των γεωργικών υπολειμμάτων υπολογίστηκαν από τις τελικές αποδόσεις του κυρίου προϊόντος των στρεμμάτων αυτών, με βάση συγκεκριμένους ανά φυτό συντελεστές από την σχετική βιβλιογραφία (Eubionet, 2003).







Τεχνογνωσία

Η εμπειρία και διαθέσιμη τεχνογνωσία για την προς εγκατάσταση καλλιέργεια είναι ιδιαίτερα σημαντική όπως και το επίπεδο της τωρινής παραγωγής για μια καλλιέργεια. Προηγούμενη καλλιέργεια πχ. της λεύκης για παραγωγή χαρτοπολτού αποτελεί πλεονέκτημα καθώς η παραγωγή, συγκομιδή και μεταφορά μπορούν να εφαρμοστούν και για την χρήση της καλλιέργειας ως ενεργειακής. Ταυτόχρονα, η καλλιέργεια πχ. των ζαχαροτεύτλων σε χώρες όπως και η Ελλάδα για παραγωγή ζάχαρης ευνοεί και την χρήση της για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Εγκατάσταση καλλιέργειας

Κύριοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι η ευκολία και το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Για καλλιέργειες που εγκαθίστανται από σπόρο, όπως πχ. το σόργο, το κόστος είναι χαμηλότερο αλλά και η εγκατάσταση της καλλιέργειας ευκολότερη. Για τα πολυετή φυτά, το κόστος της εγκατάστασης (συνήθως με μοσχεύματα ή ριζώματα) πρέπει να αποσβεσθεί σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Η πυκνότητα των πολυετών επίσης πρέπει να επιλέγεται με γνώμονα τη βέλτιστη απόδοση όταν τα φυτά θα φθάσουν στην πλήρη παραγωγή.

Φιλοπεριβαλλοντικές καλλιεργητικές τεχνικές και αμειψιοπορά

Η δυνατότητα φιλοπεριβαλλοντικών καλλιεργητικών τεχνικών, στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης, είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Λαμβάνεται υπόψη η αναγκαιότητα καταπολέμησης των ζιζανίων στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας (π.χ. μίσχανθος, καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου, αγριοαγκινάρα), η δυνατότητα μηχανικής καταπολέμησης των ζιζανίων, η πιθανότητα ανταγωνισμού των ζιζανίων με την καλλιέργεια μετά την εγκατάσταση της (π.χ. η αγριοαγκινάρα ή το switchgrass δεν κινδυνεύουν από τον ανταγωνισμό των ζιζανίων μετά την εγκατάστασή τους), η ύπαρξη υψηλού κινδύνου για την καλλιέργεια από εχθρούς και ασθένειες (κάποιες ενεργειακές καλλιέργειες είναι περισσότερο ανθεκτικές σε εχθρούς και ασθένειες όπως π.χ. η λεύκη), η πιθανότητα έκπλυσης των νιτρικών που εξαρτάται κυρίως από έδαφος, τις κλιματικές συνθήκες και το είδος (π.χ. ο μίσχανθος ή ο ηλιάνθος λόγω του βαθύς ριζικού τους συστήματος συμβάλλουν στη μείωση της έκπλυσης των νιτρικών), και η δυνατότητα της καλλιέργειας να συμπεριληφθεί σε συστήματα αμειψιοποράς (π.χ. ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, σόργο, σιτάρι κα.).

Εισροές

Παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι το ύψος των εισροών της καλλιέργειας (π.χ. ο αραβόσιτος είναι καλλιέργεια με υψηλές εισροές), η απαίτηση της καλλιέργειας σε λίπανση (π.χ. το σόργο είναι φυτό με σχετικά μικρές απαιτήσεις σε λίπανση), και η σχέση λίπανσης και τελικής απόδοσης (π.χ. οι ικανοποιητικές αποδόσεις της αγριοαγκινάρας σε σχετικά μικρές ποσότητες λίπανσης).

Χρόνος συγκομιδής

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ο κατάλληλος χρόνος συγκομιδής καθώς ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. Ο μίσχανθος π.χ. συγκομίζεται αργά το φθινόπωρο στις πολλές νότιες περιοχές της Ευρώπης σε σύγκριση με τις βορειότερες που συγκομίζεται τέλη χειμώνα-νωρίς την άνοιξη με απώλειες στην συγκομιζόμενη βιομάζα αλλά μικρότερα επίπεδα σε υγρασία και καλύτερη ποιότητα. Η διάρκεια επίσης της περιόδου συγκομιδής είναι ιδιαίτερα σημαντική: μικρή περίοδος συγκομιδής, όπως π.χ. της ελαιοκράμβης, αποτελεί γενικά ένα σοβαρό περιοριστικό παράγοντα.

Αναμενόμενη απόδοση

Η αναμενόμενη απόδοση από πιλοτικές ή εμπορικές καλλιέργειες με ή χωρίς άρδευση, ο εδαφικός τύπος, η σχέση απόδοσης και εισροών (το ισοζύγιο π.χ. για τον ηλιάνθο παρουσιάζεται θετικό ενώ για το σόργο η εφαρμογή άρδευσης αποτελεί βασικό παράγοντα για υψηλές αποδόσεις), ο χρόνος βιωσιμότητας της καλλιέργειας (π.χ. σε μικρού περιόδου χρόνου καλλιέργειες ο χρόνος βιωσιμότητας είναι έως και 30 έτη) και η πιθανότητα αύξησης της απόδοσης σε βάθος χρόνου (π.χ. στο ζαχαρότευτλο οι αποδόσεις ως ενεργειακή καλλιέργεια δεν αναμένονται διαφορετικές από αυτές για παραγωγή ζάχαρης) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες σχεδιασμού και επιλογής της καλλιέργειας.

Εισόδημα καλλιεργητή-Κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων

Όσον αφορά τις παραδοσιακές καλλιέργειες που αξιοποιούνται για ενεργειακούς σκοπούς, το κόστος παραγωγής θα είναι γνωστό και ο παραγωγός θα έχει απλώς να επιλέξει την καλύτερη προσφορά για διάθεση του προϊόντος του για βιοκαύσιμα ή διατροφική χρήση. Καμιά όμως νέα ενεργειακή καλλιέργεια δεν πρόκειται να εγκατασταθεί εάν α) δεν υπάρξει κίνητρο εισοδήματος για τον αγρότη, που θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίδιο με το εισόδημα από την καλλιέργεια που πρόκειται

να αντικαταστήσει και β) δεν εξασφαλισθεί η διάθεση του προϊόντος του. Η πρακτική της συμβολαιακής γεωργίας είναι απαραίτητη για το όλο εγχείρημα. Ταυτόχρονα, η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοκαυσίμων πρέπει να είναι ανταγωνιστική. Ωστόσο, σε πολλές χώρες η φορολόγηση των βιοκαυσίμων και οι χαμηλές ενισχύσεις είναι παράγοντες που δεν προωθούν τις ενεργειακές καλλιέργειες. Η επίτευξη υψηλών αποδόσεων με σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής αποτελούν, για τις ενεργειακές καλλιέργειες, ένα από τους σημαντικότερους στόχους. Παράλληλα, το κόστος συγκομιδής, μεταφοράς και αποθήκευσης της βιομάζας θα πρέπει να παραμένει το ελάχιστο δυνατό.

Εκμηχάνιση της καλλιέργειας

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η διαθεσιμότητα αγροτικών μηχανημάτων για την εκτέλεση των διαφόρων καλλιεργητικών πρακτικών (όπως π.χ. στην περίπτωση της συγκομιδής του σόργου που χρησιμοποιούνται ήδη υπάρχουσες χορτοκοπτικές ή θεριζοαλωνιστικές μηχανές). Η ανάγκη για ειδικά μηχανήματα (π.χ. φύτευση ριζωμάτων στον μίσχανθο ή στο καλάμι) ενδεχομένως να λειτουργήσει ως ανασταλτικός παράγοντας.

Αποθήκευση και ιδιότητες βιοκαυσίμου

Η επάρκεια και καταλληλότητα των αποθηκευτικών χώρων εξασφαλίζουν και διασφαλίζουν την παράδοση του τελικού προϊόντος ιδιαίτερα εάν μεσολαβεί ικανός χρόνος μεταξύ της συγκομιδής και επεξεργασίας του προϊόντος. Αντίθετα, η αποθήκευση δεν επηρεάζει στην περίπτωση που ο χρόνος από την συγκομιδή της βιομάζας έως την επεξεργασία της είναι βραχύς όπως π.χ. στο γλυκό σόργο ή το ζαχαρότευτλο. Το κόστος αποθήκευσης αποτελεί επίσης περιοριστικό παράγοντα. Οι απαιτήσεις της βιομηχανίας σχετικά με την ποιότητα του καυσίμου από μια συγκεκριμένη καλλιέργεια (πχ υγρασία, χαμηλή περιεκτικότητα σε χλώριο και άζωτο ή χαμηλό δείκτη ιωδίου) αποτελούν επίσης σημαντικούς παράγοντες σχετικά με την διάθεση του προϊόντος.

Ενεργειακό ισοδύναμο

Το θετικό ενεργειακό ισοδύναμο καθώς και η πιθανότητα βελτίωσής του (π.χ. με χρησιμοποίηση όλου του φυτού για την παραγωγή βιοκαυσίμου από την ελαιοκράμβη ή τη χρήση των στελεχών του γλυκού σόργου για καύση), θεωρείται σημαντικός παράγοντας για την επιτυχημένη υιοθέτηση μιας ενεργειακής καλλιέργειας.

Μείωση αερίων του Θερμοκηπίου

Η παράμετρος αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, εφόσον ο βασικός στόχος χρήσης των βιοκαυσίμων ήταν η προστασία από τις δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν οι αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα ορυκτά καύσιμα. Όμως τώρα, με βάση την νέα Οδηγία για τα βιοκαύσιμα, το ποσοστό μείωσης των ΑΕΘ θα αποτελέσει τον πλέον καθοριστικό παράγοντα για τη αποδοχή ή όχι ενός βιοκαυσίμου. Η επίτευξη της θεσμοθετούμενης υποχρεωτικής ελάχιστης μείωσης κατά 35% (και από το 2015 κατά 50%) εξαρτάται από το είδος της ενεργειακής καλλιέργειας και τις καλλιεργητικές συνθήκες και, φυσικά, από τη βιομηχανική διεργασία μετατροπής της πρώτης ύλης σε βιοκαύσιμο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται ενδεικτικές τιμές μείωσης των ΑΕΘ για διάφορες πρώτες ύλες και είδος ενεργειακής κάλυψης των μονάδων μετατροπής όπως δίδονται στην νέα πρόταση Οδηγίας για τις ΑΕΘ (2008).

Ενδεικτικές τιμές μείωσης ΑΕΘ (Πηγή : Πρόταση νέας Οδηγίας COM (2008))

Ενεργειακή κάλυψη των μονάδων	Μείωση ΑΕΘ (%)
Βιοαιθανόλη	
Ζαχαρότευτλο	48
Σίτος (λιγνίτης-ΣΠΗΘ)	21
Σίτος (φυσικό αέριο-ΣΠΗΘ)	54
Αραβόσιτος (φυσικό αέριο-ΣΠΗΘ)	56
Βιοντίζελ	
Ελαιοκράμβη	44
Ηλίανθος	58
Φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη	83
Αυτούσιο κραμβέλαιο	57
Βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς	
Βιοαιθανόλη (άχυρο σίτου)	87
Βιοαιθανόλη (δασικά κατάλοιπα)	80
Βιοαιθανόλη (δασική ξυλεία)	76
FT - βιοντίζελ (δασικά κατάλοιπα)	95
FT - βιοντίζελ (δασική ξυλεία)	93



8. Προοπτικές αξιοποίησης ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα

Όπως όλα τα κράτη-μέλη έτσι και η χώρα μας καταβάλλει σοβαρή προσπάθεια ώστε να επιτύχει τους στόχους που έχει θέσει η ΕΕ. Οι στόχοι αυτοί φαίνονται καταρχάς, από άποψη στρεμματικών απαιτήσεων, δύσκολοι για τη συνολική καλλιεργήσιμη έκταση και διάρθρωση των καλλιεργειών της χώρας μας. Πιστεύεται όμως ότι ένας ορθολογικός προγραμματισμός μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη μεγάλου μέρους των στόχων αυτών με παράλληλη στήριξη του αγροτικού τομέα.

Με την αυτονόητη παραδοχή ότι **η σκοπιμότητα εγκατάστασης ενεργειακών καλλιεργειών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ύπαρξη αντίστοιχων μονάδων αξιοποίησης**, βασική προϋπόθεση επιτυχίας του όλου εγχειρήματος είναι η σωστή επιλογή των καλλιεργειών αυτών και ο σαφής προσδιορισμός των συντελεστών της παραγωγής τους. Εκτός από τις γνωστού παραγωγικού δυναμικού καλλιέργειες σίτου, ηλιανθου, αραβοσίτου και ζαχαροτεύλων, την τελευταία 15ετία έχουν εγκατασταθεί από διάφορους φορείς στη χώρα μας (κυριώτατα από το ΚΑΠΕ, αλλά και από ΑΕΙ και το ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε) αρκετοί πειραματικοί και αποδεικτικοί αγροί για την διερεύνηση της προσαρμοστικότητας και παραγωγικότητας των λιγότερο ή καθόλου γνωστών υποψηφίων ενεργειακών καλλιεργειών όπως πχ. των ετήσιων: ελαιοκράμβης, ζαχαρούχου και ινώδους σόργου, κενάφ και των πολυετών: αγριαγκινάρας, μίσχανθου, καλαμιού καθώς και των δασικών ευκαλύπτου και ψευδακακίας. Αν και τα δεδομένα από τα καλά σχεδιασμένα και εκτελεσμένα αυτά πειράματα, όπως παρουσιάστηκαν στο σχετικό κεφάλαιο, δίδουν σημαντικές γενικές πληροφορίες, πιστεύεται ότι θα ήταν χρήσιμα περαιτέρω στοιχεία από μεγάλης κλίμακας πιλοτικές εφαρμογές που να τεκμηριώνουν την οικονομικότητα των νέων καλλιεργειών (ROI) για ενδεχόμενη ενεργειακή χρήση. Οι εφαρμογές αυτές είναι ιδιαίτερα αναγκαίες για την αξιόπιστη εκτίμηση των δαπανών παραγωγής και ιδιαίτερα των δαπανών συγκομιδής, μεταφοράς και αποθήκευσης που είναι αυξημένες λόγω του όγκου της προς διαχείριση βιομάζας.

Με βάση α) τις απαιτήσεις και την παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών, β) το δυναμικό παραγωγής των κατ' εξοχήν γεωργικών περιοχών της χώρας και γ) των λοιπών τεχνικών κριτηρίων επιλογής, όπως περιγράφηκαν αναλυτικά στα αντίστοιχα κεφάλαια, μπορούν να διαμορφωθούν οι παρακάτω προτάσεις αξιοποίησης των ενεργειακών καλλιεργειών.

Στερεά βιοκαύσιμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν οργανωμένες καλλιέργειες φυτών βιομάζας και, συμπληρωματικά, υπολείμματα συμβατικών καλλιεργειών. Σύμφωνα με σχετική μελέτη του Ινστιτούτου Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας (ΙΝΑΣΟ-2007), ελάχιστο μέγεθος βιώσιμης μονάδας ηλεκτροπαραγωγής είναι τα 12-15 MWe. Επομένως, η απαιτούμενη με βάση τις προβλέψεις του ΥΠΙΑΝ ελάχιστη ποσότητα ηλεκτροπαραγωγής, θα μπορούσε να επιτευχθεί με 3 μονάδες αξιοποίησης πχ. ινώδους σόργου ή κενάφ που θα απαιτήσουν συνολικά περί τα **200.000 στρ** (για την τροφοδοσία κάθε μονάδας, θα απαιτηθεί η καλλιέργεια 60-70.000 στρ των φυτών αυτών αντίστοιχα). Οι μονάδες αυτές μπορούν να εγκατασταθούν ευχερώς σε όλες σχεδόν τις γεωργικά δυναμικές

περιοχές πχ. Κ. Μακεδονία, Θεσσαλία, Αιτωλοακαρνανία. Φυσικά, υφίσταται η δυνατότητα μονάδων για παραγωγή διπλάσιας ή και τριπλάσιας ποσότητας ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα εφόσον αυτό κριθεί αναγκαίο, όπως προτείνεται και στην προαναφερθείσα μελέτη.

Οι πολυετείς γεωργικές καλλιέργειες, αν και έχουν πολλά πλεονεκτήματα από άποψη οικονομικότητας, είναι εξαιρετικά αμφίβολο ότι θα προτιμηθούν από τους παραγωγούς. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο εάν υπάρξει μακροχρόνια εξασφάλιση (15-20 χρόνια) διάθεσης του προϊόντος τους σε συμφέρουσες τιμές. Το ίδιο ισχύει και για τις δασικές καλλιέργειες μικρού περιτροπικού χρόνου, που θα αποτελέσουν όμως στο μέλλον βασική πρώτη ύλη για ενεργειακή χρήση και ιδιαίτερα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς.

Η διαθεσιμότητα υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών, με βάση πρόδρομα στοιχεία της ΕΣΥΕ για το 2006, εμφανίζεται στα σχετικά διαγράμματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Οι ποσότητες που εμφανίζονται, αντιστοιχούν στο 30% του συνόλου των υπολειμμάτων σιτηρών (ποσοστό που θεωρήθηκε ασφαλές για απομάκρυνση από τον αγρό των αχύρων και των στελεχών, χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στη γονιμότητα και τη δομή του εδάφους), και στο 100% των υπολειμμάτων των άλλων καλλιεργειών. Λαμβάνοντας υπόψη τις παράλληλες χρήσεις καθώς και της απώλειες κατά τη διακίνηση, η **πραγματική διαθέσιμη ποσότητα γεωργικών υπολειμμάτων** ανέρχεται στους **3.5 εκατ τόνους** ξηρού βάρους περίπου ετησίως και κατανέμεται ως εξής: σιτηρά 680.000, βιομηχανικά (βαμβάκι, ηλιάνθος) 315.000, δένδρα 2.180.000 (από τα οποία 1.150.000 ελιά) και αμπέλια 190.000).

Μέρος των αρκετά μεγάλων αυτών ποσοτήτων μπορεί να αξιοποιηθεί, μετά από την κατάλληλη μορφοποίησή (πχ. πελέττες, μπρικέτες κλπ.), από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και από μικρές μονάδες θέρμανσης σε οικιακό ή και κεντρικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, ένας ορθολογικός σχεδιασμός αξιοποίησής τους για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας θα πρέπει να αξιολογήσει διεξοδικά τόσο τις δυσκολίες όσο και το κόστος της εφοδιαστικής (συλλογή-μεταφορά-αποθήκευση) των υπολειμμάτων αυτών, ιδιαίτερα λόγω του μικρού κλήρου και της σημαντικής διασποράς στο χώρο. Το ίδιο φυσικά ισχύει και για την αξιοποίησή τους μελλοντικά στην παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς.

Παραγωγή βιοντίζελ

Ο ηλιάνθος αποτελεί την βασικότερη επιλογή πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοντίζελ στη χώρα μας, εφόσον παρουσιάζει σαφώς μεγάλες δυνατότητες άμεσης ανάπτυξης σε περιοχές που έχουν σχετική παράδοση όπως η Θράκη, ενώ μπορεί να καλλιεργηθεί επιτυχώς και σε πολλές άλλες ζώνες με ελευθερούμενες (πχ. από καπνό) εκτάσεις. Με γνωστά πλέον τα καλλιεργητικά της προβλήματα, εκτιμάται ότι η ελαιοκράμβη θα μπορούσε να αναπτυχθεί άμεσα μόνο σε πολύ συγκεκριμένες περιοχές όπως πχ. σε αυτές χαμηλής απόδοσης σίτου ή σε αγρούς με δυνατότητα άρδευσης, συμμετέχοντας σε συστήματα διπλής καλλιέργειας (πχ. ακολουθούμενη από επίσπορο καλαμπόκι ή σόργο) και με την προϋπόθεση ύπαρξης συγκεντρωμένων εκτάσεων για λόγους έγκαιρης συγκομιδής και μεταφοράς. Η συμμετοχή της επομένως, με τα σημερινά τουλάχιστον δεδομένα, αναμένεται μόνο ως συμπληρωματική. Το **βαμβακέλαιο**, που παράγεται σε ποσότητα **50-55.000 τόνων**

ετησίως, μπορεί επίσης να αποτελέσει σημαντική πρώτη ύλη. Εάν, όπως φαίνεται εφικτό και σκόπιμο, αξιοποιηθεί η αγριαγγινάρα ως ξηρική καλλιέργεια σε υποβαθμισμένες περιοχές (επικλινή και μικρής γονιμότητας εδάφη με περιορισμένη δυνατότητα εντατικής καλλιέργειας), το λάδι της θα μπορούσε να αξιοποιηθεί επίσης για παραγωγή βιοντίζελ. Τέλος, τα χρησιμοποιημένα λάδια ζωικής και φυτικής προέλευσης θα πρέπει να διαδραματίσουν σοβαρό επικουρικό ρόλο, ιδιαίτερα λόγω του γεγονότος ότι το παραγόμενο βιοντίζελ χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές ισοζυγίου ενέργειας και μείωσης των ΑΕΘ.

Πέραν των τιμών των σιτηρών, και οι τιμές των ελαιούχων σπόρων έχουν αυξηθεί διεθνώς σημαντικά, αύξηση που ποσοστιαία αναμένεται να υπερβεί μεσοπρόθεσμα (σύμφωνα με μελέτη της ΕΕ και με τιμές βάσης αυτές του 2006) την αντίστοιχη των σιτηρών. Η μικρή μέχρι πρόσφατα προσφορά εκτάσεων για καλλιέργεια ηλίανθου και ελαιοκράμβης, οφείλονταν στο γεγονός ότι οι παραγωγοί ανέμεναν καλύτερη τιμή για το προϊόν τους: το 2007 πληρώθηκαν με 250 €/τον ενώ η διεθνής τιμή που διαμορφώθηκε αργότερα ήταν 280-300 €/τον με τιμές μάλιστα σε ορισμένες χώρες που ανήλθαν και 400-450 €/τον. Συγκεκριμένες μονάδες παραγωγής βιοντίζελ προσέφεραν πρόσφατα τιμές 390-400 €/τον, ενέργεια που είχε ως αποτέλεσμα την άμεση υπογραφή συμβάσεων για 100.000 στρ περίπου. Η έκταση αυτή θα μπορούσε ευχερώς να ήταν 3-4 πλάσια εάν είχε θεσμοθετηθεί από την Πολιτεία πλαφόν ελάχιστης παραγωγής για την είσπραξη της συνδεδεμένης ενίσχυσης στο βαμβάκι. Με βάση και τις εξελίξεις αυτές, θα πρέπει επίσης να τονιστεί η σημασία που έχει η κατανομή από το ΥΠΑΝ των ποσοτήτων (που υποχρεωτικά αποροφώνται από τα διυλιστήρια) βιοκαυσίμων κατά απόλυτη προτεραιότητα στις μονάδες που έχουν συνάψει συμβόλαια με τους αγρότες για εγχώρια παραγωγή της πρώτης ύλης.

Σε σχετική συμφωνία και με μελέτη που εκπόνησε επιτροπή εμπειρογνομόνων για το ΥΠΑΑΤ (2006), εκτιμάται ότι με τις σημερινές τιμές των ελαιούχων σπόρων, την υφιστάμενη κατά περιοχή κατάσταση και με την υιοθέτηση του πλαφόν που προαναφέρθηκε για το βαμβάκι, θα μπορούσαν για τα επόμενα δύο έως τρία χρόνια να καλλιεργηθούν περί τα **500.000 στρ ηλίανθου** ως εξής: 200.000 στον Έβρο, 30.000 στη Ροδόπη, 20.000 στην Ξάνθη, 80.000 στην Ηλεία, 60.000 στην Αιτωλοακαρνανία, 60.000 στην Άρτα και 50.000 στην Κοζάνη. Στη φάση αυτή τουλάχιστον, λόγω των υψηλών αρδευτικών αναγκών του, ο ηλίανθος είναι λογικό να μην προτιμηθεί από τους παραγωγούς. Παράλληλα, θα μπορούσε να καλλιεργηθούν και **20-30.000 στρ με ελαιοκράμβη**, κυρίως σε Έβρο, Ροδόπη και Κιλκίς. Για την μετά το 2011 περίοδο, και με το τέλος των ενισχύσεων, προβλέπεται ότι είναι δυνατόν να προστεθούν **άλλα 300.000 περίπου στρ ηλίανθου** κυρίως σε Αιτωλοακαρνανία (80.000), Κιλκίς (50.000), Φλώρινα (50.000), Βοιωτία (40.000), Κοζάνη (30.000), Θεσσαλονίκη-Χαλκιδική (30.000) και Φθιώτιδα (20.000). Από τις παραπάνω εκτιμώμενες εκτάσεις, αρδευόμενες και ξηρικές, υπολογίζεται ότι θα παράγονται περί τους **90.000-100.000 τον βιοντίζελ ετησίως**. Εάν αξιοποιηθεί επιπρόσθετα το 50% του βαμβακελαίου, τότε η συνολική παραγωγή βιοντίζελ από εγχώριες πρώτες ύλες μπορούσε να προσεγγίσει σημαντικά τον στόχο του 2010.

Παραγωγή Βιοαιθανόλης

Σε αντίθεση με το βιοντίζελ, οι ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή της βιοαιθανόλης, δηλαδή τα σιτηρά και τα ζαχαρότευτλα, είναι ευρύτατα διαδεδομένες

παραδοσιακές καλλιέργειες. Δεν υφίσταται έτσι θέμα τεχνογνωσίας και ενδεχομένως μικρής διαθεσιμότητας των αμυλούχων και ζαχαρούχων αυτών πρώτων υλών στη χώρα μας. Με δεδομένη την υψηλή σημερινή τιμή τους, το πρόβλημα που είναι πιθανόν να προκύψει με τα σιτηρά δεν αφορά στο εισόδημα των παραγωγών αλλά στην οικονομικότητα χρήσης τους από τις μονάδες παραγωγής των βιοκαυσίμων. Πάντως, σύμφωνα με σχετικές μελέτες επιπτώσεων της ΕΕ, αναμένεται οι τιμές αυτές να ισορροπήσουν μεσοπρόθεσμα σε χαμηλότερα επίπεδα λόγω της αυξημένης παραγωγής που θα υπάρξει σε πολλές χώρες τα επόμενα χρόνια.

Είναι προφανές ότι το ενδιαφέρον για την παραγωγή της βιοαιθανόλης από τις δύο μονάδες της ΕΒΖ στη Λάρισα και στην Ξάνθη, θα επικεντρωθεί σε πρώτη φάση στις γνωστές στη χώρα μας και διεθνώς αξιοποιούμενες σε ευρεία κλίμακα καλλιέργειες του αραβόσιτου και των ζαχαροτεύτλων. Ειδικά για τον αραβόσιτο, η παραγωγή του οποίου έχει περιθώρια περαιτέρω ανάπτυξης ακόμα και στα 2-2.5 εκατ στρέμματα σε περιοχές με επάρκεια αρδευτικού νερού, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις δυνατότητες που ενδέχεται να δώσει και η επίσημη καλλιέργειά του. Η πρακτική αυτή όμως είναι εφικτή μόνο με τη χρήση βιοτεχνολογικά εμπλουτισμένων ποικιλιών με τα γνωρίσματα της ανθεκτικότητας στη σεζάμια και την πυραλίδα.

Τα ζαχαρότευτλα επίσης, με βάση την τιμή που πληρώνει η ΕΒΖ σήμερα στους τευτλοκαλλιεργητές για τροφοδοσία των ζαχαρουργείων της καθώς και τη στρεμματική απόδοση σε ζυμώσιμα ζάχαρα, θα μπορούσαν να αποτελέσουν βασική πρώτη ύλη όπως συμβαίνει και στη Β. Ευρώπη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Εάν η χρησιμοποίησή τους κριθεί οικονομικά εφικτή από τις βιομηχανικές μονάδες, η επανακαλλιέργεια των **200-250.000 στρ ζαχαροτεύτλων** στις περιοχές που εγκαταλείφθηκαν (Θεσσαλία, Θράκη) με την αναθεώρηση της ΚΑΠ θα μπορούσε να καλύψει την παραγωγή 95-120.000 κ.μ. βιοαιθανόλης, δηλαδή το 30-35% της δυναμικότητας των δύο μονάδων. Τα υπόλοιπα 210-235.000 κ.μ. βιοαιθανόλης, μέχρι τον στόχο των 330.000 κ.μ., θα απαιτήσουν την αξιοποίηση της παραγωγής **600.000 στρ αραβόσιτου** περίπου.

Το γλυκό σόργο έχει επίσης ένα μεγάλο δυναμικό παραγωγής ζυμώσιμων ζαχάρων. Το επιπρόσθετο πλεονέκτημα του είναι η υψηλή απόδοση σε κυτταρινούχο βιομάζα που μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη μεγάλου μέρους των ενεργειακών αναγκών της μονάδας παραγωγής της βιοαιθανόλης. Ο λόγος για τον οποίο δεν έχει αξιοποιηθεί μέχρι σήμερα στη πράξη σε καμία αναπτυγμένη χώρα, αφορά στη έντονη εποχικότητα της παραγωγής του και στην ανάγκη άμεσης επεξεργασίας που απαιτεί μεγάλες και δαπανηρές εγκαταστάσεις. Η παραγωγή συμπυκνωμένου χυμού επίσης για σταδιακή ζύμωση είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και αντικοινωνική διαδικασία. Μετά από σχετική πιλοτική αξιολόγηση όλων των παραμέτρων της παραγωγής του, θα μπορούσε να τροφοδοτήσει με πρώτη ύλη κάθε μια μονάδα βιοαιθανόλης για ένα διάστημα 2-3 μηνών. Για την υλοποίησή του σχεδιασμού αυτού θα απαιτηθούν περί τα **150.000 στρ γλυκού σόργου** (75.000 για κάθε μονάδα). Στην περίπτωση αυτή, για λόγους οικονομικότητας της εφοδιαστικής, η ζώνη καλλιέργειας δεν θα πρέπει να απέχει πλέον των 50 χλμ από τη μονάδα παραγωγής του βιοκαυσίμου. Πρέπει να τονιστεί η δυνατότητα καλλιέργειας επίσημου σόργου (μετά από σιτάρι ή ελαιοκράμβη), πρακτική που θα επέκτεινε την περίοδο συγκομιδής κατά 1-2 μήνες με τα αυτονόητα οφέλη για την διαδικασία μετατροπής. Όμως, και εδώ απαραίτητη προϋπόθεση είναι η προστασία της καλλιέργειας από τη σεζάμια και την πυραμίδα, όχι μόνο για την αποφυγή απωλειών ζυμώσιμων ζαχάρων αλλά και διότι οι τοξίνες από τα λεπιδόπτερα αυτά έχουν δηλητηριώδη επίδραση στους μικροοργανισμούς της

ζύμωσης. Εάν μαζί με τα ζαχαρότευτλα προκριθεί και η παραπάνω χρήση του γλυκού σόργου για τις δύο μονάδες, τότε θα μειωθεί αντίστοιχα η απαιτούμενη έκταση του **αραβόσιτου στα 420.000 στρ** περίπου.

Τέλος, σε περιοχές παρόμοιες με αυτές που καλλιεργείται ο αραβόσιτος αλλά με περιορισμένη διαθεσιμότητα αρδευτικού νερού καθώς και με υψηλότερες θερμοκρασίες, μια καλή εναλλακτική καλλιέργεια μπορεί να είναι (όπως και στις ΗΠΑ) το καρποδοτικό σόργο που δεν απαιτεί καμία ιδιαίτερη προσαρμογή των καλλιεργητικών τεχνικών. Τα δύο επόμενα χρόνια θα έχει ολοκληρωθεί η αξιολόγησή των νέων εμπορικών υβριδίων σε πιλοτικό επίπεδο στη χώρα μας και θα υπάρξει σαφής εικόνα για την οικονομικότητα της καλλιέργειας. Η καλλιέργεια αυτή θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και εκτάσεις στον Θεσσαλικό κάμπο που αναμένεται να κατακλυσθεί από σιτηρά τα αμέσως επόμενα χρόνια.

Η επίτευξη του στόχου για το 2010 (490.00 κ.μ. βιοαιθανόλης), που αποτελεί και τον στόχο για βιοαιθανόλη πρώτης γενιάς του 2020, θα απαιτούσε και την λειτουργία τρίτης μονάδας παρόμοιας δυναμικότητας με την κάθε μονάδα της EBZ. Προς το παρόν, και σε αναμονή των εξελίξεων σε θέματα τόσο τεχνολογίας όσο και πολιτικής, δεν θεωρείται ιδιαίτερα πιθανόν να εκφραστεί σύντομα ενδιαφέρον για τη μονάδα αυτή. Χωρίς αυτό να σημαίνει ότι θα εγκαταλειφθεί βράχυ-, και μεσοπρόθεσμα η βιοαιθανόλη από συμβατικές καλλιέργειες, η προσοχή πλέον θα εστιασθεί στη βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς. Είναι προφανές ότι οι μονάδες παραγωγής που θα εγκατασταθούν από τώρα και στο εξής θα πρέπει να ενσωματώνουν την δυνατότητα αξιοποίησης των νέων αυτών τεχνολογιών και των σχετικών πρώτων υλών. Σε κάθε περίπτωση πάντως, εάν δεν προχωρήσει το σχέδιο της EBZ, είναι πολύ πιθανόν να μην υπάρξει στη χώρα μας μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς.

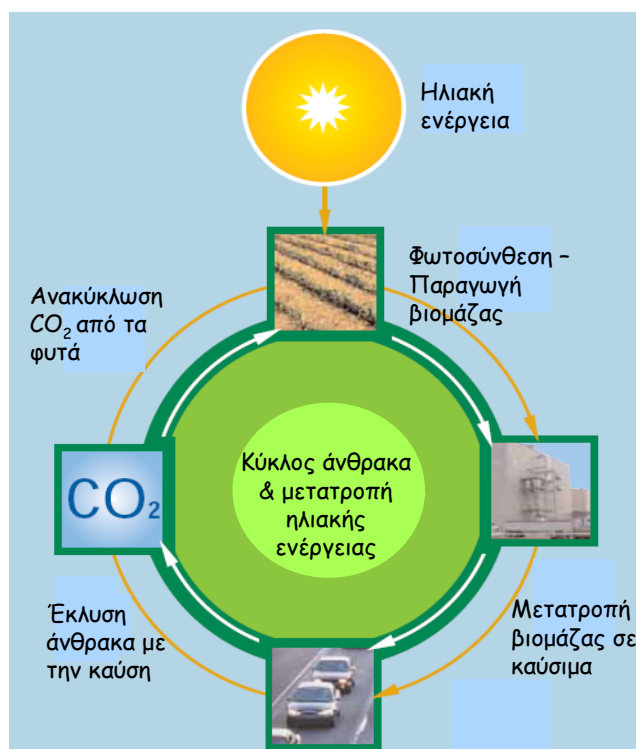
Με την έλευση των τεχνολογιών δεύτερης γενιάς, η δυνατότητα αξιοποίησης όχι μόνο αμιγώς ενεργειακών καλλιεργειών αλλά και μιας ποικιλίας τοπικών πρώτων υλών-υπολειμμάτων συμβατικών καλλιεργειών, θα αποβεί σημαντική τόσο για τους παραγωγούς όσον και για μονάδες παραγωγής των βιοκαυσίμων. Στους πρώτους, αποφέροντας συμπληρωματικό ή/και καλύτερο εισόδημα και στις δεύτερες παρέχοντας φθηνότερη πρώτη ύλη και επιτρέποντας ευχερέστερη συμμόρφωση προς τα κριτήρια αειφόρου παραγωγής των βιοκαυσίμων. Η εξέλιξη αυτή, για λόγους οικονομίας της εφοδιαστικής, θα προσανατολίσει την παραγωγή της βιοαιθανόλης από μικρές μονάδες σε διάφορες περιοχές της χώρας, με προφανείς τις ευεργετικές επιπτώσεις για την περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη.

Όσον αφορά στη μελλοντική αυτή παραγωγή βιοαιθανόλης (όπως φυσικά και του βιοντίζελ) δεύτερης γενιάς, πολλές καλλιέργειες βιομάζας που έχουν μελετηθεί παρουσιάζουν ενδιαφέρον και μπορούν να αναπτυχθούν σε διάφορες περιοχές της χώρας. Η επιλογή της συγκεκριμένης μονοετούς ή πολυετούς καλλιέργειας θα πρέπει να βασιστεί σε εξαντλητική μελέτη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε μιας με βάση τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν στο σχετικό κεφάλαιο. Πέραν της διερεύνησης της οικονομικότητάς τους και μάλιστα με κριτήρια ανταγωνιστικού κόστους του παραγόμενου βιοκαυσίμου, θα πρέπει να υπάρξει ενδελεχής ανάλυση του κύκλου ζωής ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις των κριτηρίων αειφορίας κατά περίπτωση καλλιέργειας και διαδικασίας μετατροπής. Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα φαίνεται ότι μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες για παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς για τη χώρα μας, θα μπορούσε να είναι το γλυκό σόργο που, με βάση και τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, είναι ικανό μετά από

ολική αξιοποίηση να φθάσει την απόδοση των 1000 λίτρων/στρέμμα. Οι περιοχές όπου θα μπορούσε να καλλιεργηθεί, συμπίπτουν με τη ζώνη του αραβοσίτου και ακόμα νοτιότερα.

Ένα σημαντικό επίσης τμήμα βιομάζας για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς, θα μπορούσε να προέλθει, όπως προαναφέρθηκε, από τα γεωργικά υπολείμματα με τις προϋποθέσεις τοπικής διαθεσιμότητας και οικονομικότητας που αναφέρθηκαν και για τα στερεά βιοκαύσιμα. Και εδώ δεδομένα αναλύσεων κύκλου ζωής για την ανάλυση ισοζυγίων ενέργειας και μείωσης αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν σε όλες τις περιπτώσεις.

Τέλος, όπως συμβαίνει και σε πολλές χώρες της ΕΕ, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη βαρύτητα στη αξιολόγηση του ρόλου που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν οι δασικές καλλιέργειες μικρού περιτροπού χρόνου και ιδιαίτερα για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς. Για το σκοπό αυτό, θα απαιτηθούν εκτεταμένες εφαρμογές σε πιλοτική κλίμακα και πάντοτε υπό την προϋπόθεση θετικών αποτελεσμάτων από τις σχετικές αναλύσεις κύκλου ζωής.



Επίλογος

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η χρονική αυτή στιγμή αποτελεί μια ιδιαίτερα δύσκολη συγκυρία για θέματα που αφορούν στην αξιοποίηση καλλιεργήσιμων εκτάσεων για παραγωγή, ιδιαίτερα, υγρών βιοκαυσίμων για τις μεταφορές. Όμως, παρά την σχετικά περιορισμένη αποτελεσματικότητά τους όσον αφορά στο ισοζύγιο ενέργειας και στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, τα σημερινά βιοκαύσιμα των μεταφορών κρίνονται μεσοπρόθεσμα ως αναγκαία για όλους τους λόγους που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή.

Η κατηγορία που απευθύνεται στα βιοκαύσιμα για την έλλειψη τροφίμων και την αύξηση των τιμών των σιτηρών είναι σαφώς υπερβολική, εφόσον είναι κοινά παραδεκτό ότι την μεγαλύτερη ευθύνη για τις εξελίξεις αυτές έχουν η κερδοσκοπία, η αλλαγή διατροφικών συνηθειών στην Ασία και οι παρατεταμένες συνθήκες ξηρασίας σε βασικές χώρες-παραγωγούς των προϊόντων αυτών. Σε κάθε περίπτωση, με τα υψηλά επίπεδα της τιμής του πετρελαίου που πλήττουν την παγκόσμια οικονομία (με τα πλέον αισιόδοξα σενάρια να προβλέπουν σταθεροποίηση στα 80% της σημερινής τιμής μεσοπρόθεσμα) και ιδιαίτερα με την αύξηση των εκπομπών ΑΕΘ με πρωταγωνιστές τα μεταφορικά μέσα, η ΕΕ εξακολουθεί (μέχρι σήμερα τουλάχιστον) να στηρίζει τους φιλόδοξους στόχους της στα πλαίσια της στρατηγικής για συμμόρφωση προς τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κyoto. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τις ανησυχίες για παράπλευρες αρνητικές συνέπειες στην ασφάλεια των τροφίμων και στο περιβάλλον, οι νέοι αυξημένοι ποσοτικοί στόχοι συνοδεύονται από αυστηρά κριτήρια αειφορίας για την παραγωγή των πρώτων υλών και των τελικών βιοκαυσίμων. Με τον τρόπο αυτό, και παρά το ότι και οι αμιγείς καλλιέργειες βιομάζας δεν εξαιρούνται της κριτικής για ατελέσφορη χρήση καλλιεργήσιμων εκτάσεων, η ΕΕ προσανατολίζει πλέον την παραγωγή των βιοκαυσίμων σε τεχνολογίες δεύτερης γενιάς και από τις καλλιέργειες αυτές,

Η μετάβαση αυτή που ουσιαστικά ξεκινά τα αμέσως επόμενα χρόνια και αναμένεται να έχει υλοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό περί το 2020, θα αλλάξει σημαντικά τον τρόπο οργάνωσης της αγροτικής παραγωγής και εφοδιαστικής για την παραγωγή και διακίνηση της απαραίτητης βιομάζας. Ενώ σήμερα το κόστος των γεωργικών πρώτων υλών αποτελεί το 60-70 % του τελικού κόστους των βιοκαυσίμων, στα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς, που θα παράγονται από φθηνότερες πρώτες ύλες, το μεγαλύτερο μέρος του κόστους θα προέρχεται από τη δαπάνη των διεργασιών μετατροπής. Στο νέο αυτό περιβάλλον, θα πρέπει και η χώρα μας να αξιολογήσει τις πραγματικές δυνατότητες και ευκαιρίες, ώστε να ενσωματώσει τις νέες τεχνολογίες που θα της επιτρέψουν να αξιοποιήσει ορθολογικά τον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών αλλά και να συμμετάσχει γενικότερα στην επερχόμενη ανάπτυξη της βιο-οικονομίας

Πέραν των όποιων επι μέρους πολιτικών, απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη των παραπάνω, αποτελεί η επένδυση στην εγχώρια έρευνα και ανάπτυξη πιλοτικών δραστηριοτήτων τόσο στον τομέα της πρωτογενούς παραγωγής όσο και στον δευτερογενή τομέα της παραγωγής των βιοκαυσίμων. Όπως έχει καταστεί σαφές από τα προηγούμενα, βασικό τμήμα των δραστηριοτήτων αυτών θά πρέπει να είναι και ο ακριβής προσδιορισμός του ισοζυγίου ενέργειας και της ωφέλειας ως προς τα ΑΕΘ με σχετικές μελέτες ανάλυσης του κύκλου ζωής των κατα περίπτωση βιοκαυσίμων.



Deja vu

Τα βιοκαύσιμα δεν είναι καινοφανή προϊόντα. Ο άνθρωπος θερμαίνεται από την καύση των ξύλων για χιλιάδες χρόνια. Ακόμα και οι πρώτοι κατασκευαστές αυτοκινήτων, όπως ο Henry Ford, τα σχεδίασαν να χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα.

Βιβλιογραφία

Γενικά Κεφάλαια (1-5 & 7-8)

Διεθνείς πηγές

Agrofuels - Towards a reality check in nine key areas, June 2007.

(www.econexus.info/pdf/Agrofuels.pdf)

Biofuel Cities Quartely:.Nº1 July 2007, Nº2. October 2007 & Nº3 January 2008.

Biofuels International, 2007. Volume 1, Issues 1, 3, 4.

Biofuels Technology Platform, 2008. Strategic Research Agenda & Strategy Development Document. Publ. CPL Scientific Publishing Services Ltd

EurObserve' ER, Biofuels Barometer , May 2007.& January 2008

Commission of the European Communities, 2008. Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. SEC(2008) 85, VOL. II.

Communication from the Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. COM (2008) 19 (23/1/2008).

Communication from the Commission. Biofuels Progress Report-Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the EU. COM (2006) 845 (19/1/2007).

Communication from the Commission. Biomass action plan. COM (2005) 628 (7/12/2005).

Communication from the Commission. Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply. Green Paper. COM (2000) 769 (11/2000).

Communication from the Commission. Energy for the future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM (97) 599 final (26/11/1997).

Council Directive 2006/34/EC of the European Parliament and of the Council of 8 February 2006 on the EU Strategy for Biofuels.

Council Directive 2003/96/EC of 27 October 2003 restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity.

Council Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.

Council Directive 2003/17/EC of 3 March 2003 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels.

Council Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.

Council Regulation (EC) No 1782/2003. Common Agricultural Policy (CAP) Reform. Reference: Action Plan Publication 26/2003.

Edwards R., Szekeres S., Neuwahl F. & Mahieu V., 2007. Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties. JRC 43285. G. De Santi (ed). Pub. Joint Research Centre-European Commission. (www.jrc.ec.europa.eu)

Energy Research Centre of the Netherlands, 2008. Refuel. Eyes on the track, mind on the horizon. From inconvenient rapeseed to clean wood. A European road map for biofuels. Intelligent Energy Europe. (www.refuels.eu)

European Plant Science Organization, 2007. Position Paper: Sustainable future of bioenergy and renewable products. (www.epsoweb.org)

Eubionet, 2003. Biomass survey in Europe. Country report of Greece. European Bioenergy Networks.

European Biodiesel Board, 2008. Position paper on the commission proposal for a new Directive on Renewable Energies receiving Directive 2003/30 on the Promotion of Biofuels.

European Commission, 2005. Promoting biofuels in Europe. Securing a cleaner future for transport. European Commission. Directorate General for Energy and Transport. Publication Office. Publication.eu.int.

European Energy Agent, 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report N° 2/2006.

Evans G., 2007. International Biofuels Strategy Project. Liquid Transport Biofuels-Technology Status Report. Project 08/017.

Garm M., 2007. Driving the market forward. *Biofuels International*, 1(4): 43-48.

Hellenic Republic. Ministry of Development. Directorate General for Energy. Renewable Energy Sources and Energy Saving Directorate, 4th National Report regarding the penetration level of renewable energy sources up to the year 2010 (Article 3 of Directive 2001/77/EC). Athens, October 2007.

Marris E., 2006. Drink the best and drive the rest. *Nature* 444: 670-672.

Nylund N., Aakko-Saksa P. & Sipila K., 2008. Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles. (www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2426.pdf).

Pelkmans L., 2007. Impact assessment of measures to support biofuels in the EU & country specific conditions. PREMIA, Final Conference, May 2007, Brussels.

Sanderson K., 2006. Business Feature. *Nature* 444.

Schlegel S. & Kaphengst T., 2007. European Union policy on bioenergy and the role of sustainability criteria and certification systems. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organisation* 5, Article 7.

Schubert C., 2006. Can biofuels finally take center stage? *Nature Biotechnology* 24 (7): 777-784.

Shales S., 2008. Biofuels-the way forward.? Science for Environment Policy. DG Environment News Alert Service. Issue 1. European Commission.

The Royal Society, 2008. Sustainable biofuels: Prospects and challenges. Policy Document 01/08. The Royal Society, UK. (www.royalsociety.org)

Ελληνικές πηγές

Νόμος 3423/05, ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005. Εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά.

ΠΑΣΕΙΓΕΣ, Μελέτη ΙΝΑΣΟ, 2007. Σχέδιο δράσης για τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα.

Χειμαριώτης Κ., Κυπριώτης Ε., Τάσκου Θ. και Τσούργιαννης Λ., 2001. Αναγνωριστική μελέτη ανάπτυξης του κλάδου των ενεργειακών καλλιεργειών και αξιοποίησης των προϊόντων τους στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Αναπτυξιακή Εταιρεία Μακεδονίας και Θράκης Α.Ε.

Κεφάλαιο Ενεργειακών Καλλιεργειών

Διεθνείς πηγές

Adams T., Anderson B., Bridges D., McKissick J., Ruter J. and Shilling D., 2004. Final report on *Arundo donax* (Giant Reed Grass). *Arundo Donax* AdHoc Committee. (www.cropsoil.uga.edu)

Barrett R.P., Mebrahtu T. and Hanover J.W., 1990. Black locust: A multi-purpose tree species for temperate climates. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR, p. 278-283.

Berenji J. & Dahlberg J., 2004. Perspectives of Sorghum in Europe. *Journal of Agronomy & Crop Science* 190, 332-338.

Bowersox T.W., Blankenhorn P.R. and Murphey W.K., 1979. Heat of compustion, ash content, nutrient content and chemical content and chemical content of *Populus* hybrids. *Wood Science* 11: 257-262.

Brigham R.D., 1993. Castor: Return of an old crop. In J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York, p. 380-383.

Clifton-Brown J. & Valentine J., 2007. Asian elephant grass (*Miscanthus*) for bioenergy. IGER Innovations, UK. (www.aber.ac.uk/en/media/07ch4.pdf)

Clifton-Brown J.C., Lewandowski I., Andersson B., Basch G., Christian D.G., Kjeldsen J.B., Jørgensen U., Mortensen J.V., Riche A.B., Schwarz K.U., Tayebi K. and Teixeira F., 2001. Performance of 15 *Miscanthus* Genotypes at Five Sites in Europe. *Agronomy Journal* 93: 1013-1019.

Christou M., Papavassiliou D., Alexopoulou E. and Chatziathanassiou A., 1998. Comparative studies of two potential energy crops in Greece. In: *Biomass for energy and industry. Proceedings 10th European Conference*. Ed. Chartier *et al.*, C. A. R. M. E. N. Press Germany, p. 935-938.

Dalianis C., & Alexopoulou E., 1996. Growth and Productivity of Kenaf under Greek Conditions. In "Biomass for Energy and Environment" *Proceedings of 9th European Conference*. Ed. Chartier *et al.*, Pergamon Press, UK, p. 566-570.

Dawson M., 2007. Short Rotation Coppice willow best practice guidelines. Renew Project. (www.ruralgeneration.com/Boiler%20Brochures/best%20practice%20guide.pdf)

DeBell D. S., Harrington C. A., Clendenen G. W., Radwan M, A. & Zasada J. C., 1997. Increasing the productivity of short-rotation *Populus* plantations. Final Report. ORNL/M-5943. USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station Olympia, Washington, USA. (<http://bioenergy.ornl.gov/reports/debell/contents.html>)

DEFRA Best Practice Guidelines for Applicants to Defra's Energy Crops Scheme. Growing Short Rotation Coppice. (www.defra.gov.uk/ERDP/pdfs/ecs/miscanthus-guide.pdf)

Dercas N. and Liakatas A., 2007. Water and Radiation Effect on Sweet sorghum productivity. *Water Resource Management*, 21: 1585-1600.

Dove Biotech. Castor bean (*Ricinus communis*). An international botanical answer to biodiesel production & renewable energy. (www.dovebiotech.com/technical_papers.htm)

Downey R.K., 1990. Canola: A quality *Brassica* oilseed. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. p. 211-217.

Duke J. A., 1983. Handbook of Energy Crops. Purdue University-Centre of new crops and plant products. (www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Acacia_mangium.html)

Elbersen H.W., Christian D.G., Bassam N.E., Sauerbeck G., Alexopoulou E., Sharma N. and Piscioneri I., 2004. A management guide for planting and production of switchgrass as a biomass crop in Europe. *2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, Rome, Italy.

Elobeid A., Tokgoz S., Hayes D. J., Babcock B. A, & Hart C. E., 2006. The Long-Run Impact of Corn-Based Ethanol on the Grain, Oilseed, and Livestock Sectors: A Preliminary Assessment. *CARD Briefing Paper 06-BP 49*. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.

Forero Barajas C. L. Biodiesel from castor oil: a promising fuel for cold weather. Research Office, Francisco de Paula Santander University, Colombia. (www.icrepq.com/full-paper-icrep/222-barajas.pdf)

Forest Service, 2007. Challenge Fund for Short Rotation Coppice Energy Crops. Information booklet. Department of Agriculture and Rural Development, UK. (www.dardni.gov.uk)

Gilman E. F. & Watson D. G., 1994. *Robinia pseudoacacia*-Black locust. Fact Sheet ST-570. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Guiying L., Weibin G., Hicks A. & Chapman K. R. Training manual for sweet sorghum. FAO Project TCP/CPR/0066. (<http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=172&page=-2>)

Hanover J.W., 1993. Black locust: An excellent fiber crop. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York, p. 432-435.

Henning R.K. & Rothkreuz, 2004. The *Jatropha* System-Economy & Dissemination Strategy. Integrated Rural Development by utilisation of *Jatropha curcas* L. as raw material and as renewable energy. International Conference Renewables, Bonn, Germany.

Jongschaap R.E.E., Corre W.J., Bindraban P.S. and Brandenburg W.A., 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas*. L. Report 158. Plant Research International B.V., Wageningen.

Justice W. S. Black locust (*Robinia pseudoacacia*). Plant Fact Sheet. Department of Botany, Smithsonian Institution USDA, NRCS New York State Office. (www.plant-materials.urcs.usda.gov)

Kansas State University, 1998. *Grain Sorghum Production Handbook*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. (www.oznet.ksu.edu)

Kelly M. & Pepper A., 1996. Controlling *Cynara Cardunculus* (Artichoke Thistle, Cardoon). California Exotic Pest Plant Council. 1996 Symposium Proceedings, 1-5.

Labalette F., Estragnat A. and Messéan A., 1996. Development of castor bean production in France. In: J. Janick (eds.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 340-342

Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Andersson B., Basch G., Christian D.G., Jørgensen U., Jones M.B., Riche A.B., Schwarz K.U., Tayebi K. and Teixeira F., 2003. Environment and harvest time affects the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes. *Agronomy Journal* 95: 1274-1280.

Low Carbon Vehicle Partnership. 2004. Well-to-Wheel Evaluation for Production of Ethanol from Wheat. A Report by the LowCVP Fuels Working Group, WTW Sub-Group. FWG-P-04-024. (www.lowcvp.org.uk/assets/viewpoints/Biofuels%20WTW%20final%20report.pdf)

McLaughlin S., Bouton J., Bransby D., Conger B., Ocumpaugh W., Parrish D., Taliaferro C., Vogel K. and Wulschleger S., 1999. Developing Switchgrass as a Bioenergy Crop. In: *Perspectives on new crops and new uses*. J. Janick (ed.), ASHS Press, Alexandria, VA.

McLaughlin S.B.R., Samson D., Bransby D. and Weislogel A., 1996. Evaluating physical, chemical and energetic properties of perennial grasses as biofuels. *Proceedings of Bioenergy*, Nashville, TN, 96: 1-8.

Millar J. G., Paine T. D., Campbell K. A., Garrison R. W. & Dreistadt S. H., 2003. Eucalyptus tortoise beetle. Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals. Pest Notes. Publication 74104. University of California, Agriculture and Natural Resources.

Pereira H., 1999. *Cynara cardunculus* cultivation in Portugal. In: *Biomass for energy and industry. Proceedings of 10th European Conference*. Ed. Chartier *et al.*, C.A.R.M.E.N. Press, Germany.

Pimentel D. & Patzek T. W., 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Natural Resources Research* 14:1, 65-76.

Reddy B. V. S., Ashok Kumar A. & Ramesh S., 2007. Sweet sorghum: A Water Saving Bio-Energy Crop? *International conference on Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries*, January 29-30, 2007, IWMI, ICRISAT Campus, Hyderabad, India .

Richards I. R. 2000. Energy balances in the growth of oilseed rape for biodiesel and of wheat for bioethanol. Levington Agriculture Report. British Association for Bio Fuels and Oils (BABFO). (<http://bloomingfutures.com/uploads/Levington%20Agricultural%20Report%202000.pdf>)

Rijssenbeek W., *Jatropha* in developing countries. A sustainable bio-energy production. 2nd EPOBIO Workshop.(www.fact-fuels.org)

Scurlock J.M.O., 1999. *Miscanthus*: A Review of European Experience with a Novel Energy Crop. Environmental Sciences Division Publication No. 4845 U. S. Dept. of Energy. (<http://www.ornl.gov/~webworks/cpr/rpt/102071.pdf>)

Shanker C. & Dhyani S. K., 2006. Insect pests of *Jatropha curcas* L. and the potential for their management. *Current Science* 91:2, 162-163.

Singh B., Gen (Retd) M., R. Swaminathan R. & Ponraj V., (ed.), 2006. Biodiesel Conference Towards Energy Independence - Focus on *Jatropha*. Papers presented at the Conference Rashtrapati Nilayam, Bolaram, Hyderabad, 9 - 10 June, 2006. Rashtrapati Bhawan New Delhi.

Tubby I. & Armstrong A., 2002. Establishment and Management of Short Rotation Coppice. Forestry Commission, UK. ([http://www.forestry.gov.uk/PDF/fcpn7.pdf/\\$FILE/fcpn7.pdf](http://www.forestry.gov.uk/PDF/fcpn7.pdf/$FILE/fcpn7.pdf))

Unger P. W., 2001. Alternative and Opportunity Dryland Crops and Related Soil Conditions in the Southern Great Plains. *Agronomy Journal* 93:216-226.

Van Eijck J. & Romijn H., 2006. Prospects for *Jatropha* Biofuels in Developing Countries: An analysis for Tanzania with Strategic Niche Management. 4th Annual Globelics Conference "Innovation Systems for Competitiveness and Shared Prosperity in Developing Countries", Thiruvananthapuram, India, 4-7 October 2006

Volk T.A., Abrahamson L.A., White E.H. and Downing M. Developing a Willow Biomass Crop Enterprise in the United States. Syracuse University, USA. (<http://ctalamo.utalca.cl/Bio/salix-consortium.pdf>)

Wayne Smith C. & Frederiksen R. A., 2000. Sorghum: Origin, History, Technology, and Production. Publ. John Wiley and Sons

Webber C.L. III & Bledsoe V.K., 2002. Kenaf yield components and plant composition. *In*: J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 348-357.

Webber C.L. III, Bhardwaj H. L. and Bledsoe V.K., 2002. Kenaf Production: Fiber, Feed, and Seed. *In*: "Trends in new crops and new uses" Ed. J. Janick and A. Whipkey, ASHS Press, Alexandria VA, p.327-339.

Ελληνικές πηγές

Αυγουλάς Χ., Ποδηματάς Κ. και Παπαστυλιανού Π., 2004 Φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπουργείο Παιδείας & Θρησκευμάτων.

Δαναλάτος Ν. Βιώσιμες Ενεργειακές Καλλιέργειες στη Θεσσαλία, Ημερίδα «Ενεργειακές Καλλιέργειες στη Θεσσαλία», Καρδίτσα, 15 Δεκεμβρίου 2007.

ΕΘΙΑΓΕ Ινστιτούτο Σιτηρών, 2004. (www.cereal institute.gr)

Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης, 2001. Τετλοκαλλιέργεια υπό την εποπτεία της Διεύθυνσης Γεωπονικών Υπηρεσιών της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης. Ενημερωτικά εγχειρίδια (www.ebz.gr)

Ξανθόπουλος Φ. Π., 1993. Ο Ηλιανθος. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Βάμβακος & Βιομηχανίας Φυτών

ΚΑΠΕ., 2004. Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. Δράση "Ερμής".

Καραμάνος Α. Ι., 1990. Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων.

Σκαράκης Γ. Ν. Ενεργειακές καλλιέργειες: υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές, Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών, Θεσ/νικη, Φεβρουάριος 2008.

Σκαράκης Γ. Ν. Οι τάσεις στις ενεργειακές καλλιέργειες, Ημερίδα «Ιδέες και δράση στον αγροτικό χώρο», Λάρισα, 7-8 Δεκεμβρίου 2007.

Σκαράκης Γ. Ν. Ενεργειακά φυτά: Ευκαιρία για την ελληνική γεωργία, 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυτικού Πολλαπλασιαστικού Υλικού, Λάρισα, Δεκέμβριος 2006.

