



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΤΡΑΚΤΥΛΙΔΑ
Safflower
Carthamus tinctorius L.



ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ
ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΟΛΟΝΥΦΗΣ ΣΠΥΡΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2012



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 11214/1

Ημερ. Εισ.: 11-12-2012

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξινόητικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ

2012

ΠΟΛ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΤΡΑΚΤΥΛΙΔΑΣ
(Carthamus tinctorius L.) **ΓΙΑ**
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ
ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων
Δαναλάτος Νικόλαος
Καθηγητής

Μέλος
Χα Αβραάμ Ιμπραχίμ
Καθηγητής

Μέλος
Δημήρκου Ανθή
Καθηγήτρια

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός – χάρτης εργασίαςΣελ. 7

1. ΑΤΡΑΚΤΥΛΙΔΑ

1.1.Ταξινόμια και βασικά στοιχείαΣελ. 8

1.2.Βοτανικά γνωρίσματαΣελ. 10

1.3.Οικολογικές απαιτήσειςΣελ. 12

1.4.Καλλιέργεια – Ασθένειες – Εχθροί – ΠροϊόνταΣελ. 14

1.5.Γενετική βελτίωση- ποιότητα ελαίουΣελ. 24

2. ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1.ΓενικάΣελ. 27

2.2.Διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμουΣελ. 33

2.3.Εξειδικευμένα για ατρακτυλίδαΣελ. 48

2.4.Χρήση σε ντιζελοκινητήρα και απόδοσηΣελ. 56

2.5.Επιπτώσεις στο περιβάλλονΣελ. 58

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ Ε.Ε. ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

3.1.Ιστορικά στοιχεία	Σελ. 61
3.2.Σημερινά δεδομένα – χαρτογράφηση καλλιέργειας παγκοσμίως	Σελ. 61
3.3.Εμπόριο – έρευνα αγοράς	Σελ. 63
3.4.Ε.Ε. – Νομοσχέδια – Επιδοτήσεις	Σελ. 65
3.5.Ελλάδα – σε δοκιμαστική φάση	Σελ. 67

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σελ. 68

5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σελ. 70

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός - γάρτης εργασίας

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό την ανάδειξη της καλλιέργειας της ατρακτυλίδας (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) για την παραγωγή βιοενέργειας σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν, στο πρώτο τμήμα, τα βασικά στοιχεία της ατρακτυλίδας, τα βοτανικά γνωρίσματά της, η καλλιέργεια, οι ασθένειες και τα προϊόντα της. Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στη χρήση της ατρακτυλίδας στη διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμου, στη χρήση σε ντιζελοκινητήρα, καθώς και στις επιπτώσεις που δημιουργούνται στο περιβάλλον. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο θα αναδείξουμε την εφαρμογή της ατρακτυλίδας σε Ε.Ε. και Ελλάδα, δίνοντας έμφαση σε ιστορικά στοιχεία, στην χαρτογράφηση της καλλιέργειάς της παγκοσμίως, στο εμπόριο και στην έρευνα αγοράς, στις επιδοτήσεις που δίνει η Ε.Ε. και, τέλος, στη δοκιμαστική φάση που βρίσκεται στην Ελλάδα.

1. ΑΤΡΑΚΤΥΛΙΔΑ

1.1 Ταξινόμια και βασικά στοιχεία

Η ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius* L.) ανήκει στην οικογένεια Compositae (Asteraceae) και παράγει ελαιούχα σπέρματα. Στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία αναφέρεται συνήθως ως "Safflower" ενώ στην ελληνική μπορεί να αναφέρεται εναλλακτικά και ως η "κάρθαμος η βαφική" (Dajue και Mundel, 1996). Η λατινική λέξη *Carthamus*, είναι συνώνυμη με την αραβική λέξη *quartum* ή *gurtum* που σημαίνει "βαφή" καθώς τα άνθη του φυτού χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν για την βαφή υφασμάτων. Η αντίστοιχη σύγχρονη αραβική λέξη για την ατρακτυλίδα είναι "usfur" και σημαίνει κίτρινο, η οποία μέσω διάφορων παραλλαγών στα γραπτά κείμενα (*usfar*, *affore*, *asfiore*, *saffiore*) δημιούργησε τον όρο "Safflower" της αγγλικής γλώσσας (Singh και Nimbkar, 2006). Η ατρακτυλίδα καλλιεργείται στην Ινδία από αρχαιοτάτων χρόνων ενώ αναφέρεται ως "kusumba" στα αρχαία κείμενα. Στην σημερινή εποχή αναφέρεται ως "kardai ή "kusum" στην Ινδία και ως "hong hua" στην Κίνα. Υπάρχουν αναφορές που αποδεικνύουν την χρήση της από τους αρχαίους αιγύπτιους στην βαφή και διακόσμηση του εσωτερικού των πυραμίδων (Keimer, 1924).



Εικόνα : Η ατρακτυλίδα (διακρίνονται τα φύλλα και τα άνθη της).

Η καλλιέργεια ατρακτυλίδας προσφέρει πολλά προϊόντα στον άνθρωπο, κάτι που είναι γνωστό από αρχαιοτάτων χρόνων. Κάθε μέρος του φυτού είναι πολύτιμο και μπορεί να αξιοποιηθεί από τον άνθρωπο. Για πολλούς αιώνες χρησιμοποιήθηκε στην Ινδία για την παραλαβή της κιτρινοκόκκινης χρωστικής καρθαμίνης από τα άνθη του φυτού, ενώ τα σπέρματα του φυτού χρησιμοποιούνται έως και σήμερα ως πηγή ελαίου, πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (περιεκτικότητα σε λινελαϊκό οξύ, 78%). Επιπλέον, τα άνθη του φυτού έχουν πολλές φαρμακευτικές και θεραπευτικές ιδιότητες για πολλές χρόνιες ασθένειες και χρησιμοποιούνται ευρύτατα, ακόμη και σήμερα, σε κινέζικες βοτανικές συνταγές (Dajue και Mundel, 1996). Τα τρυφερά φύλλα χρησιμοποιούνται σε σαλάτες και είναι πλούσια σε βιταμίνη Α, σίδηρο, φωσφόρο και ασβέστιο, αφού στην Ινδία και στις γειτονικές χώρες, πωλούνται ως πράσινα λαχανικά (Nimbkar, 2002). Η ατρακτυλίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ζωοτροφή, είτε με την μορφή χλωράς νομής (βόσκηση σε βοσκότοπους, τεχνητούς λειμώνες κ.τ.λ.), είτε με την μορφή χόρτου (κοπή, ξήρανση και αποθήκευση) ή ενσιρώματος. Οι αποδόσεις και η διατροφική αξία του φυτού είναι ίδιες ή μεγαλύτερες από άλλα κτηνοτροφικά φυτά όπως η μηδική και η βρώμη. Όμως στην σημερινή εποχή, η καλλιέργεια ατρακτυλίδας σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι πολύ περιορισμένη, αφού καλλιεργούνται ετησίως λιγότερο από 1.000.000 εκτάρια (Gilbert, 2008). Το φυτό μπορεί να καλλιεργηθεί σε διάφορες συνθήκες (υψηλή προσαρμοστικότητα), αλλά η καλλιέργειά του δεν παρουσιάζεται ευρέως διαδεδομένη ανά τον κόσμο και αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει επαρκής ενημέρωση για την καλλιέργεια του φυτού και την εμπορία των προϊόντων που παράγει.

Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του ενδιαφέροντος για την καλλιέργεια του φυτού αυτού, γεγονός που οφείλεται σε 3 κυρίως λόγους:

1^{ov}. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση και να αντικαταστήσει άλλα απαιτητικότερα σε υγρασία φυτά που παράγουν έλαιο.

2^{ov}. Οι καταναλωτές ζητούν ολοένα και περισσότερο προϊόντα με λίγα κορεσμένα και πολλά ακόρεστα λιπαρά οξέα και η ατρακτυλίδα είναι γνωστή για το έλαιο υψηλής ποιότητας που παράγει.

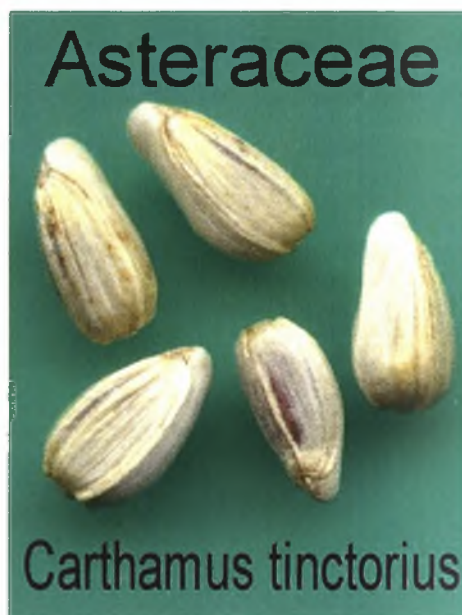
3^{ov}. Γίνεται ολοένα και περισσότερο γνωστή για τις θεραπευτικές ιδιότητες που διαθέτει για πολλές ασθένειες του ανθρώπου.

Σήμερα, η ατρακτυλίδα καλλιεργείται κυρίως για τα σπέρματά της τα οποία είναι πλούσια σε έλαιο υψηλής ποιότητας, με το πλεονέκτημα της υψηλής ικανότητας προσαρμογής του φυτού σε ξηρές και θερμές περιοχές (Singh και Nimbkar, 2006).

1.2 Βοτανικά γνωρίσματα

Η ατρακτυλίδα υπάγεται στο γένος *Carthamus* της οικογένειας Compositae (Asteraceae). Το γένος αυτό περιλαμβάνει 25 είδη εκ των οποίων μόνο το *Carthamus tinctorius* L., είναι καλλιεργήσιμο και διαθέτει διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων ($2n = 24$) (Dajue και Mundel, 1996). Η λεπτομερής περιγραφή των βοτανικών χαρακτηριστικών του φυτού που ακολουθεί, δίνεται από τους Singh και Nimbkar (Singh και Nimbkar, 2006).

Η ατρακτυλίδα χαρακτηρίζεται ως θαμνώδες, ετήσιο, ποώδες και ορθοστέλεχο φυτό με πολλές διακλαδώσεις οι οποίες διακρίνονται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς και τριτογενείς, στην άκρη των οποίων υπάρχει μια κυκλική κατασκευή η οποία ονομάζεται capitulum (ανθοκεφαλή ή ταξιανθία κεφάλιο). Επάνω στις διακλαδώσεις και τα κοτσάνια εκφύονται τα φύλλα τα οποία έχουν πολλά αγκάθια (κυρίως στα ανώτερα σημεία του βλαστού και λιγότερο στα κατώτερα). Οι διαστάσεις των φύλλων κυμαίνονται μεταξύ



10-15 εκατοστά σε μήκος και μεταξύ 2,5-5 εκατοστά σε πλάτος. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν ποικιλίες ατρακτυλίδας που δεν φέρουν καθόλου αγκάθια (Dajue και Mundel, 1996). Τα φυτά έχουν ύψος 30-150 εκατοστά αν και μερικές φορές μπορεί να φτάσουν σε ύψος τα 2 μέτρα και παράγουν σφαιρικές ανθοκεφαλές (με διάμετρο 1,5-4 cm) με κίτρινα, πορτοκαλί ή κόκκινα άνθη. Σε κάθε πρωτογενή διακλάδωση υπάρχουν συνολικά 1-5 ανθοκεφαλές, τα άνθη των οποίων μπορούν να παράγουν 15-20 σπέρματα, αν γονιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της άνθησης, η οποία είναι 30 μέρες. Η άνθηση ξεκινάει πρώτα από τις ανθοκεφαλές των πρωτογενών

διακλαδώσεων, ενώ ακολουθούν οι ανθοκεφαλές των δευτερογενών και τριτογενών διακλαδώσεων και από τα περιφερειακά άνθη προς τα εσωτερικά εντός της κάθε μιας ανθοκεφαλής, φαινόμενο το οποίο ολοκληρώνεται σε 3-5 μέρες. Τα σπέρματα (αχαίνια) είναι άσπρα και γυαλιστερά τα οποία ζυγίζουν 0,01-0,1 gr έκαστο. Μπορεί να έχουν ή να μην έχουν χνούδι, διαιρούνται σε 4 μέρη και διαθέτουν χοντρό περικάρπιο. Τα σπέρματα του φυτού περιέχουν μεγάλες ποσότητες ελαίου, μέχρι και 20-45% w/w (Dajue και Mundel, 1996). Χαρακτηρίζεται ως φυτό που κυρίως αυτογονιμοποιείται, αφού η σταυρογονιμοποίηση δεν ξεπερνάει το 10 % (Kknowles, 1969).



Εικόνα : Σπορόφυτα ατρακτυλίδας.

Το ριζικό σύστημα του φυτού είναι εκτεταμένο και μπορεί να φτάσει σε βάθος δύο ή ακόμα και τρία μέτρα (Dajue και Mundel, 1996), με αποτέλεσμα να μπορεί να αξιοποιήσει ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και υγρασία από μεγαλύτερα βάθη, σε σχέση με άλλα καλλιεργούμενα φυτά. Το φαινόμενο αυτό καθιστά το φυτό ιδιαίτερα ανθεκτικό στην ξηρασία. Επιπλέον, η ιδιότητα αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί σε διάφορα συστήματα καλλιεργειών, π.χ. να αποτελέσει μια εναλλακτική καλλιέργεια στη συνεχόμενη μονοκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών σε θερμές και ξηρές περιοχές.



Σχήμα 1. Η ατρακτυλίδα, τα φύλλα, οι ταξιανθίες και τα σπέρματα που παράγει.

1.3.Οικολογικές απαιτήσεις

Η ατρακτυλίδα θεωρείται ως φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία γεγονός που οφείλεται στο εκτεταμένο ριζικό σύστημα που διαθέτει. Έτσι, εισχωρεί σε μεγάλο βάθος και όγκο εδάφους και το ριζικό σύστημα απορροφά την υγρασία από μεγαλύτερα βάθη από ότι άλλα καλλιεργούμενα φυτά και επιπλέον η απορρόφηση του νερού είναι περισσότερο εκτεταμένη. Παρόλα αυτά, εάν εφαρμοστούν αρδεύσεις (π.χ. 1-2) τότε παρατηρείται σημαντική αύξηση των αποδόσεων του φυτού ενώ κατά την άνθηση παρουσιάζει την μέγιστη ανάγκη σε νερό (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984). Πάντως, δεν συνιστάται έντονη άρδευση γιατί δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες στις ρίζες, τις οποίες συνθήκες δεν ανέχεται το φυτό και επιπλέον ευνοεί την προσβολή από διάφορα παθογόνα (π.χ. άσπρη μούχλα από *Sclerotinia*), με αποτέλεσμα να μειώνονται οι αποδόσεις (Oelke et al., 1992).

Όσον αφορά της οικολογικές απαιτήσεις του φυτού σε **θερμοκρασία**, αναφέρεται ότι υψηλές θερμοκρασίες (>32 °C) έχουν δυσμενή επίδραση στο φυτό ενώ η πιο ευαίσθητη και κρίσιμη φάση είναι κατά την άνθηση. Επίσης χαμηλές θερμοκρασίες έχουν αρνητική επίδραση κατά το στάδιο της άνθησης (Mundel κ.ά., 1992), αλλά και κατά την ανάπτυξη του φυτού (Oelke et al., 1992). Γενικά θεωρείται φυτό ευαίσθητο στο ψύχος. Η ατρακτυλίδα αποδίδει καλύτερα σε ημίξηρες και θερμές περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια και κυρίως κατά την άνθηση και ωρίμανση των σπερμάτων (Oelke et al., 1992). Τα σπέρματα δεν βλαστάνουν αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν είναι τουλάχιστον 4,4 °C.



Όσον αφορά τις οικολογικές απαιτήσεις του φυτού σε **έδαφος**, απαιτούνται βαθιά, γόνιμα, καλώς στραγγισμένα εδάφη, με ουδέτερο pH και υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού (Oelke et al., 1992). Το φυτό παρουσιάζει ευαισθησία σε εδάφη με χαμηλό pH ενώ είναι ανθεκτικό σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Πάντως δεν συνίσταται καλλιέργεια σε εδάφη με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, γιατί μπορεί να προκαλέσουν μείωση του ποσοστού γονιμότητας των ανθέων και επομένως μείωση της παραγωγής σπερμάτων και κατ' επέκταση μείωση της παραγόμενης ποσότητας ελαίου (μείωση αποδόσεων).



Όσον αφορά τις οικολογικές απαιτήσεις του φυτού σε **θρεπτικά στοιχεία**, η ατρακτυλίδα δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική, μιας και το ριζικό της σύστημα εισχωρεί σε μεγάλο βάθος και απορροφά θρεπτικά στοιχεία εκεί που δεν φτάνουν οι ρίζες των προηγούμενων καλλιεργούμενων φυτών. Αποδόσεις της τάξεως των 500 kg/ στρέμμα είναι δυνατόν να παρατηρηθούν με ελάχιστη αζωτούχο λίπανση. Παρόλα αυτά όταν εφαρμόζεται αζωτούχος λίπανση της τάξεως των 50-60 kg N/ στρέμμα τότε μπορούν να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις (Oelke et al., 1992). Από την άλλη μεριά, η

υπερβολική αζωτούχος λίπανση οδηγεί σε άφθονη ανάπτυξη των βλαστών και ταυτόχρονα σε μικρή καρποφορία. Επιπλέον, ελαττώνεται η απόδοση του σπέρματος σε έλαιο και υποβαθμίζεται η ποιότητα του, δηλαδή μειώνεται ο λόγος ακόρεστα/κορεσμένα λιπαρά οξέα.

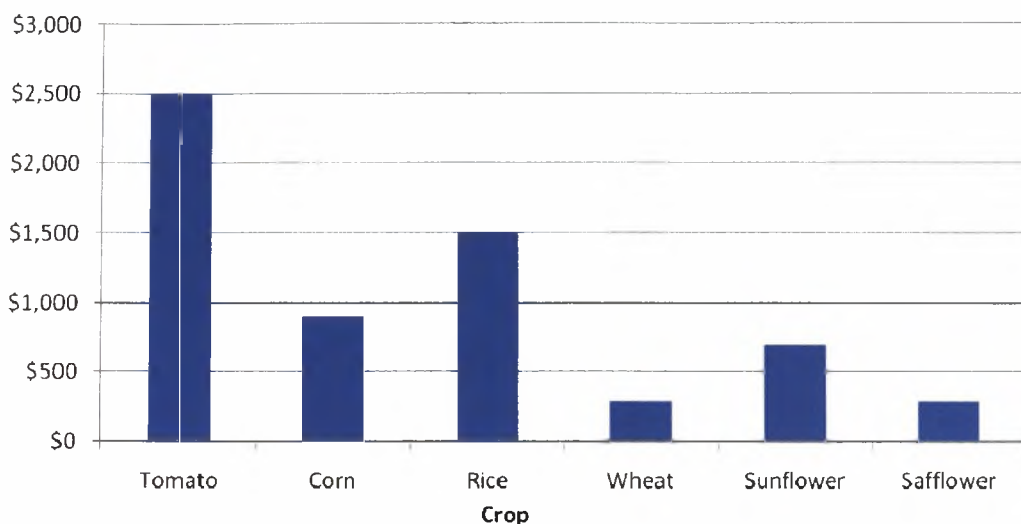
Η εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων (κυρίως με την μορφή P_2O_5) και καλιούχων λιπασμάτων (κυρίως με την μορφή K_2O) δεν βελτιώνει την απόδοση σε kg σπερμάτων/ στρέμμα, εκτός και αν εφαρμόζεται σε εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε φωσφόρο και κάλιο. Γενικά συνιστάται η εφαρμογή 10 kg P_2O_5 /στρέμμα, ενώ ποτέ δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 20 kg/στρέμμα, τόσο για τον φωσφόρο όσο και για το κάλιο (Oelke et al., 1992).

1.4. Καλλιέργεια – Ασθένειες – Εγθροί – Προϊόντα



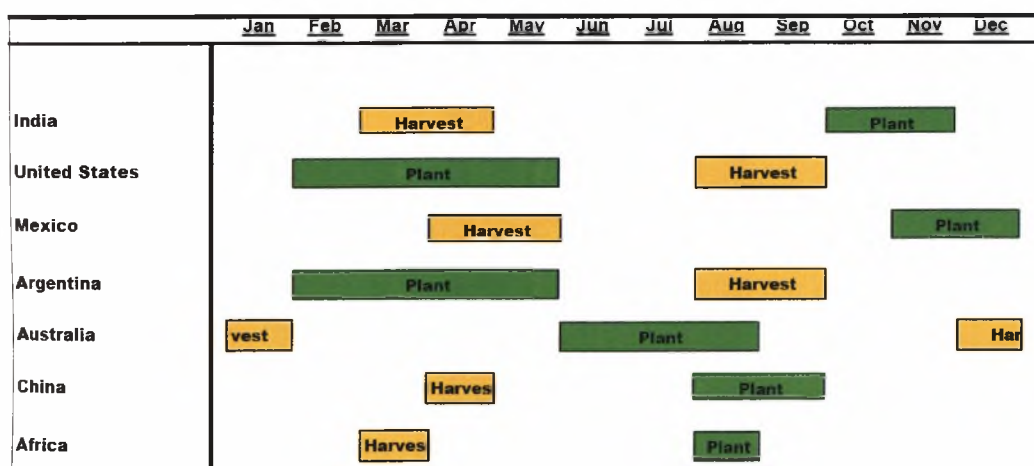
Στην σημερινή εποχή, η **καλλιέργεια** της ατρακτυλίδας γίνεται σε ξηρές και θερμές περιοχές ως επί το πλείστον και αποσκοπεί, κατά κύριο λόγο, στην παραγωγή ελαίου. Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί καλλιέργεια αρκετά αποδοτική και με χαμηλό κόστος παραγωγής. Στο διάγραμμα I παρουσιάζεται το κόστος της καλλιέργειας

διάφορων φυτών στην Καλιφόρνια. Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι το κόστος παραγωγής της ατρακτυλίδας είναι 300 \$/στρέμμα και είναι το ίδιο με το κόστος του σιταριού. Το κόστος των υπόλοιπων φυτών είναι αρκετά υψηλότερο και ανέρχεται σε 2500 \$/στρέμμα, 1500 \$/στρέμμα, 900 \$/στρέμμα και 700 \$/στρέμμα για την τομάτα, το ρύζι, τον αραβόσιτο και τον ηλιάνθο αντίστοιχα.



Διάγραμμα 1. Το κόστος παραγωγής ατρακτυλίδας και διάφορων άλλων φυτών (Gilbert, 2008).

Η ατρακτυλίδα, συνήθως, καλλιεργείται είτε με αμειψισπορά σε συνδυασμό με δημητριακά, είτε σε χωράφια που εφαρμόζεται αγρανάπαυση (Oelke et al., 1992). Είναι δε ιδιαίτερα ευαίσθητη στα ζιζανιοκτόνα και συνιστάται ιδιαίτερη προσοχή όταν εφαρμόζεται αμειψισπορά και στις προηγούμενες καλλιέργειες έχει γίνει αλόγιστη χρήση ζιζανιοκτόνων. Η εποχή σποράς και συγκομιδής διαφέρει ανάλογα με την γεωγραφική τοποθεσία. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η εποχή σποράς και συγκομιδής του φυτού σε διάφορα μέρη του κόσμου.



Σχήμα 2. Εποχικότητα καλλιέργειας ατρακτυλίδας σε διάφορα μέρη του κόσμου (Gilbert., 2008).



Η σπορά γίνεται με την χρήση ειδικού γεωργικού τρυπανιού και ανοίγονται τρύπες στο έδαφος σε μικρό βάθος 2,5-3,75 εκατοστά, ενώ φυτεύονται 10-12,5 kg σπόρου/στρέμμα. Η σπορά γίνεται σε σειρές που απέχουν 15-17 εκατοστά περίπου και έτσι υπάρχουν περίπου 5 φυτά /1000 cm². Μερικές φορές οι σειρές μπορεί να απέχουν μέχρι και 35,5 cm, διότι έτσι μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών, αλλά από την άλλη μεριά επιτρέπει την ανάπτυξη περισσότερων ζιζανίων, την μείωση των διακλαδώσεων της ατρακτυλίδας, την μείωση του αριθμού των ταξιανθιών και επομένως την μείωση της παραγόμενης ποσότητας ελαίου (Oelke et al., 1992).

Οι σπόροι βλαστάνουν 8-15 μέρες μετά την σπορά. Μετά το φύτρωμα των σπερμάτων και πριν εκπτυχθεί το κύριο στέλεχος, το φυτό παρουσιάζει ένα σχήμα ροζέτας, το οποίο διαχειμάζει, εάν η σπορά έγινε το φθινόπωρο, ενώ, εάν η σπορά έγινε το καλοκαίρι, το στάδιο της ροζέτας διαρκεί λίγες μόνο εβδομάδες. Κατά το στάδιο της ροζέτας, το φυτό είναι περισσότερο ευαίσθητο στα ζιζανιοκτόνα, αλλά περισσότερο ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984).



Μετά το στάδιο αυτό, το στέλεχος επιμηκύνεται ταχύτατα και διακλαδίζεται σε μεγάλο βαθμό.

Η συγκομιδή γίνεται όταν τα περισσότερα από τα φύλλα αποκτήσουν καφέ χρώμα, ενώ ελάχιστα από τα βράκτια φύλλα των ταξιανθιών παραμένουν πράσινα. Επίσης, τα κοτσάνια πρέπει να είναι ξηρά αλλά όχι εύθραυστα, ενώ οι σπόροι να είναι λευκοί και να αποχωρίζονται εύκολα από την ταξιανθία (Oelke et al., 1992).



Η απόδοση της ατρακτυλίδας σε σπέρματα κυμαίνεται μεταξύ 50 ως 250 kg/στρ., αλλά με εφαρμογή λίπανσης και ποτίσματος η απόδοση μπορεί να αγγίξει τα 400 kg/στρ. (Αμπατζόγλου, 1979).

Όσον αφορά τις **ασθένειες** της ατρακτυλίδας, αυτές εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα όταν προηγούνται περίοδοι με υψηλές βροχοπτώσεις και γενικά όταν στο περιβάλλον υπάρχει πολύ υγρασία. Οι κυριότερες ασθένειες είναι η *Alternaria* (*Alternaria carthanti* - μυκητολογική), η οποία προκαλεί καφετί νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα και στα βράκτια φύλλα των ταξιανθιών (leaf spot) και η βακτηριακή σήψη, η οποία προκαλείται από το *Pseudomonas syringae* (Oelke et al., 1992). Η αντίσταση του φυτού σε αυτές τις ασθένειες εξαρτάται και από την ποικιλία της ατρακτυλίδας. Η βακτηριακή σήψη έχει συμπτώματα παρόμοια με την *Alternaria* με την διαφορά ότι οι νεκρωτικές κηλίδες είναι κιτρινο-πράσινες. Η αντιμετώπιση των ασθενειών αυτών μπορεί να γίνει μέσω επιλογής ανθεκτικών ποικιλιών ατρακτυλίδας,

χρήση σπόρου που δεν φέρει τις ασθένειες αυτές και τέλος με κατάλληλη διαχείριση του σπόρου πριν την φύτευση.



Εικόνα : Τα συμπτώματα της *Alternaria carthanti* όπως εμφανίζονται στα φύλλα και στο χωράφι.



Εικόνα : Τα συμπτώματα της σκουριάς *-Puccinia carthand-* (αριστερά) και η σήψη των ανθέων *-Sclerotinia-* (δεξιά).

Άλλες μυκητολογικές ασθένειες με μικρότερη, όμως, συχνότητα εμφάνισης που προσβάλλουν την ατρακτυλίδα, είναι η σκουριά (*Puccinia carthand*), η σήψη των ανθέων που προκαλείται από τη *Sclerotinia* και το *Botrytis*, η σήψη της ρίζας που προκαλείται από τη *Phytophthora* και το *Pythium*, καθώς επίσης και προσβολή από τα παθογόνα *Verticillium* και *Fusarium*. Επομένως, συνιστάται η αποφυγή σποράς

ατρακτυλίδας σε εδάφη που προηγουμένως έχουν καλλιεργηθεί φυτά ευπαθή στην λευκή μούχλα (προσβολή από *Sclerotinia*), όπως ο ηλίανθος, η μουστάρδα, η ράπα, η σόγια, η φακή και τα φασόλια ή όταν συμβαίνει αυτό να εφαρμόζεται 4ετής αμειψισπορά (Oelke et al., 1992).

Σημειώνεται ότι η ατρακτυλίδα είναι ανθεκτική στα έντομα, ενώ η παρουσία μελισσών ευνοεί το ποσοστό γονιμοποίησης των ανθέων. Άλλοι **εχθροί** της ατρακτυλίδας είναι οι αφίδες (φορείς ιολογικών ασθενειών - εικόνα), διάφοροι σκώληκες, ο σκώρος, οι θρίπες κ.τ.λ. Ο παραγωγός αποφασίζει αν θα χρησιμοποιήσει αντιπαρασιτικά φάρμακα για αυτές τις ασθένειες γιατί δεν προκαλούν πάντα σημαντική μείωση στις αποδόσεις του φυτού. Μερικές φορές όμως τα παράσιτα αυτά μπορεί να προκαλέσουν μέχρι και 20-30 % μείωση της παραγωγής (Singh and Nimbkar 2006).



Όσον αφορά τα **προϊόντα** που παράγονται από την ατρακτυλίδα, αυτά είναι πολλά και γνωστά από την αρχαιότητα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στην Ινδία χρησιμοποιούταν η κιτρινο-κόκκινη χρωστική του έντονου χρώματος των ανθέων του



φυτού για την βαφή των ρούχων αλλά και των τροφίμων, μέχρι την αντικατάστασή τους από τις φθηνότερες τεχνητές χρωστικές (Singh and Nimbkar 2006). Μέχρι τον εικοστό αιώνα, το έλαιο ήταν από τις πρώτες προτιμήσεις της βιομηχανίας παρασκευής βαφών και

βερνικιών λόγω των εξειδικευμένων ιδιοτήτων του ελαίου· χαρακτηρίζεται από απουσία λινολενικού οξέος, ενώ αντιθέτως είναι πλούσιο σε λινελαϊκό οξύ, χαμηλά ελεύθερα λιπαρά οξέα, ελάχιστα μη σαπωνοποιήσιμα λιπαρά οξέα και πλήρης απουσία κηρών. Χαρακτηριστικά τα οποία δίνουν βαφές και επιστρώσεις πολύ

υψηλής ποιότητας (Smith, 1996). Ακόμη και σήμερα, στην Ινδία, το έλαιο της ατρακτυλίδας χρησιμοποιείται για την παρασκευή σαπουνιού και την κατασκευή αδιάβροχων δερμάτινων κουβάρδων. Επίσης χρησιμοποιείται για την παρασκευή του ‘‘rogan’’, το οποίο χρησιμοποιείται για την διατήρηση των δερμάτων (Weiss, 1971). Παρόλα αυτά, στο μέλλον αναμένεται να αυξηθεί η ζήτηση της χρωστικής που παράγεται από την ατρακτυλίδα, λόγω της απαγόρευσης των τεχνητών χρωστικών που ενσωματώνονται στα τρόφιμα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε άλλες χώρες του κόσμου.



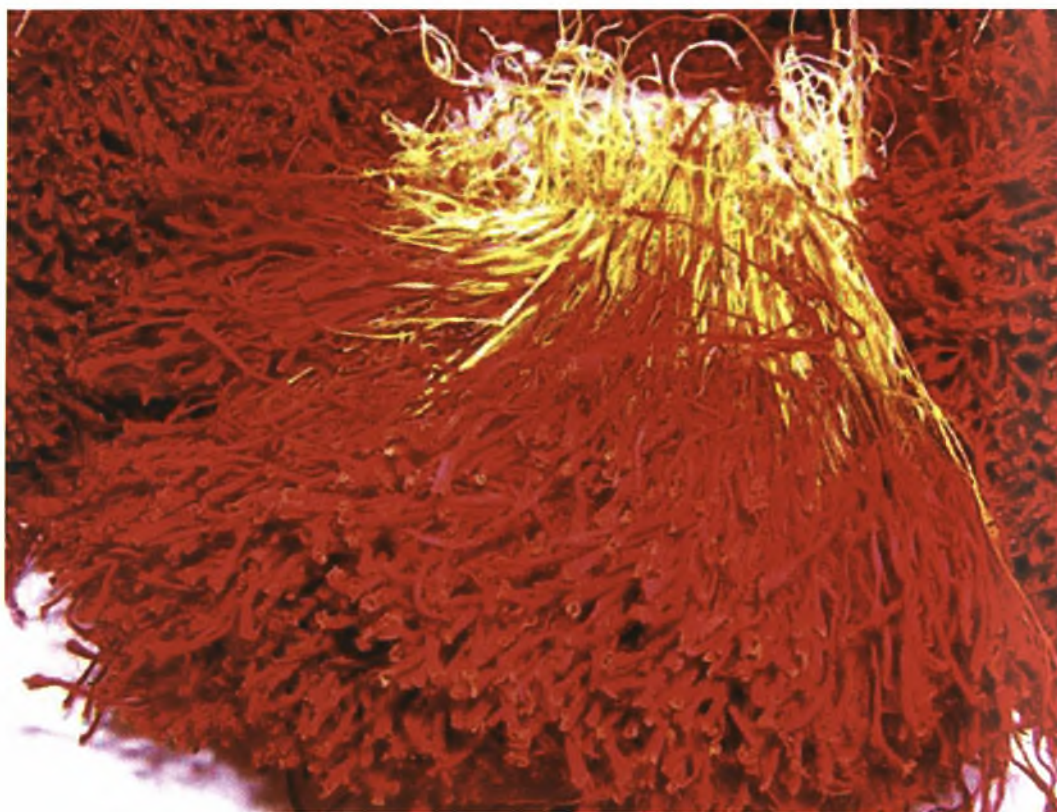
Μια άλλη πολύ σημαντική χρήση του φυτού της ατρακτυλίδας είναι για θεραπευτικούς σκοπούς σε πολλές ασθένειες του ανθρώπου. Το έλαιο χρησιμοποιείται για την θεραπεία πληγών και ρευματοπαθειών (Weiss, 1971). Τα άνθη του φυτού έχουν, επίσης, φαρμακευτικές ιδιότητες και μπορούν να θεραπεύσουν πολλές χρόνιες ασθένειες, όπως η αυξημένη πίεση του αίματος (υπέρταση), καρδιαγγειακές ασθένειες, αρθρίτιδες, καταρράκτη, λευχαιμία, σπονδύλωση και μειωμένη γονιμότητα σε άντρες και γυναίκες (Li and Mundel, 1996). Ακόμη, δεν προκαλεί αλλεργίες στον άνθρωπο γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φάρμακα σε ενέσιμη μορφή (Smith, 1996). Όταν καταναλώνεται το έλαιο της ατρακτυλίδας από τον άνθρωπο μειώνει τα επίπεδα της χοληστερόλης του αίματος (μείωση της LDL), γιατί είναι πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα (Smith, 1996). Η χημική σύσταση του ελαίου της ατρακτυλίδας δίνεται στο επόμενο υποκεφάλαιο. Τα κυρίαρχα ακόρεστα λιπαρά οξέα στο έλαιο τη ατρακτυλίδας είναι το λινελαϊκό και το ελαϊκό οξύ ανάλογα με την ποικιλία του φυτού (Nagaraj, 1993).



Είναι αξιοσημείωτο ότι το έλαιο της ατρακτυλίδας περιέχει την υψηλότερη αναλογία ακόρεστων/κορεσμένων λιπαρών οξέων σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο εδωδιμο έλαιο, γεγονός που αιτιολογεί την τάση αύξησης της ζήτησης του από τους καταναλωτές διαφόρων χωρών (Smith, 1996).

Η Κίνα παράγει κάθε χρόνο 1.800 - 2.600.000 τόνους λουλουδιών για θεραπευτικούς σκοπούς (Zhaomu and Lijie, 2001).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ποικιλίες NARI-6 και NARI-NH-I είναι ιδιαίτερα πλούσιες σε πρωτεΐνες (10.4 και 12.86%), σάκχαρα (7.36 και 11.81%), ασβέστιο (558 και 708 mg/100 g), σίδηρο (55.1 και 42.5 mg/100 g), μαγνήσιο (207 και 142 mg/100 g), και κάλιο (3992 και 3264 mg/100 g). Όλα τα απαραίτητα για τον άνθρωπο αμινοξέα, εντοπίζονται στα άνθη του φυτού (Singh, 2005). Τα άνθη χρησιμοποιούνται για την παρασκευή τσαγιού (Li and Yuanzhou, 1993). Η χρήση των ανθέων ως προϊόν της καλλιέργειας ατρακτυλίδας μπορεί να αυξήσει σημαντικά τα κέρδη των καλλιεργητών της (Sawant et al., 2000).



Μετά την παραλαβή του ελαίου από τα σπέρματα του φυτού, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, κατόπιν άλεσης, ως ζωοτροφή για αγροτικά ζώα (χοίροι, όρνιθες κ.τ.λ.) και αυτό γιατί ο πλακούντας είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας (24 %) και ινώδεις ουσίες (Raj και Kothandaraman, 1981). Επιπλέον, η ατρακτυλίδα μπορεί κάλλιστα να βοσκηθεί από τα διάφορα αγροτικά ζώα ή να χρησιμοποιηθεί ως χορτοδοτικό φυτό για παραγωγή χόρτου ή ενσιρώματος (Singh και Nimbkar, 2006).

Παρόλα αυτά, τα σπέρματά της μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη διατροφή του ανθρώπου ή ακόμη και για τροφές νεογνών, αν αφαιρεθούν οι πικρές ουσίες που περιέχουν (Nagaraj, 1995). Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μείγματα αλευριών σε αναλογία 1/3 για την παρασκευή μπισκότων πλούσιων σε πρωτεΐνη (22 %) (Singh and Abidi, 2005). Επιπλέον, τα φύλλα της ατρακτυλίδας είναι πλούσια σε βιταμίνες (βιταμίνη C, καροτένια, ριβοφλαβίνη) και έτσι τα τρυφερά φύλλα του φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σαλάτες ως πράσινα λαχανικά.



Άλλες χρήσεις των σπερμάτων ατρακτυλίδας είναι η παρασκευή πρωτεϊνών για την βιομηχανία παρασκευής φαρμάκων και ενζύμων, αφού όμως γίνει γενετική τροποποίηση στο γονιδίωμα της ατρακτυλίδας (Mundel et al., 2003).

Σήμερα όμως το κυριότερο προϊόν είναι το έλαιο υψηλής ποιότητας που παράγουν τα σπέρματα του φυτού (μέχρι και 62,6 % έλαιο w/w) (Dajue και Mundel, 1996). Τέλος, αναφέρεται ότι η ατρακτυλίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βιοενέργειας (Dajue και Mundel, 1996), όμως εκτενέστερος λόγος γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο για το θέμα αυτό.

1.5. Γενετική βελτίωση - ποιότητα ελαίου

Η ατρακτυλίδα χαρακτηρίζεται από τεράστια γενετική ποικιλομορφία και έχει βελτιωθεί σημαντικά μέσω της επιστήμης της γενετικής τις τελευταίες δεκαετίες. Έτσι, υπάρχουν πολλές ποικιλίες οι οποίες διαφέρουν μορφολογικά (φύλλα με ή χωρίς αγκάθια), ως προς την ποιότητα του ελαίου που παράγουν (έλαιο πλούσιο σε λινελαϊκό ή ελαϊκό οξύ), ως προς τις αποδόσεις κ.τ.λ. Η χημική σύσταση του σπόρου διάφορων ποικιλιών ατρακτυλίδας δίνεται στον πίνακα 1, όπου παρατηρούμε την τεράστια παραλλακτικότητα ως προς την χημική σύσταση.

Πίνακας 1. Η χημική σύσταση των διαφόρων μερών (βάση ξηράς ουσίας) του σπόρου διάφορων ποικιλιών ατρακτυλίδας (Smith., 1996).

Type	Oil	Protein	Fiber
Analyses of whole seed			
Gila	38.1	16.7	22.3
U-5	38.5	17.2	21.1
US-10	36.8	19.4	22.3
Frio	40.1	15.4	20.8
Thick-hull hybrid	37.8	17.3	21.5
Brown striped	47.7	20.3	11.7
Pigmentless brown striped	42.8	22.5	13.6
Thin hull	47.2	21.1	11.2
Analyses of hull			
Gila	3.2	4.3	57.1
U-5	2.2	5.0	58.4
US-10	1.4	3.6	60.0
Frio	2.7	4.1	60.4
Thick-hull hybrid	2.2	4.1	63.9
Brown striped	5.7	8.4	46.9
Pigmentless brown striped	5.6	8.6	46.2
Thin hull	5.1	10.0	45.3
Analyses of kernel			
Gila	60.9	24.9	1.5
U-5	61.8	25.4	1.5
US-10	59.0	29.4	1.5
Frio	64.0	23.0	1.0
Thick-hull hybrid	58.1	24.7	2.8
Brown-striped	52.7	24.8	0.9
Pigmentless brown striped	55.9	27.4	2.7
Thin-hull	62.6	25.5	0.9

Αξίζει να σημειωθεί ότι η γενετική βελτίωση της ατρακτυλίδας δεν είναι ένα καινούριο φαινόμενο αλλά στο παρελθόν έγιναν πολλές προσπάθειες ήδη από τον 19^ο αιώνα και κυρίως μέσω της μεθόδου της επιλογής. Για παράδειγμα, στην Ινδία οι 17 από τις 25 εμπορικές ποικιλίες δημιουργήθηκαν μέσω της μεθόδου της επιλογής και

μάλιστα από τις τοπικές καλλιέργειες της ατρακτυλίδας. Οι ακόλουθες ποικιλίες αποτελούν παραδείγματα ποικιλιών που δημιουργήθηκαν με την μέθοδο της επιλογής: στην Ινδία, οι ποικιλίες N-630, Nagpur-7, N-62-8, A-300, Manjira, S-144, JSF-1, K-1, CO-1, Type-65, APRR-3, Bhima, HUS-305, Sharda, JSI-7, A-2, PBNS-12, στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής, οι ποικιλίες Nebraska-5, Nebraska-10 (N-10) στον Καναδά, η ποικιλία Saffire (Hegde et al., 2002). Σήμερα, η μέθοδος της επιλογής θεωρείται ως η πιο σημαντική για την βελτίωση της ατρακτυλίδας. Ορισμένες από τις κλασσικές παραμέτρους που στοχεύει να βελτιώσει η επιστήμη της γενετικής είναι ο αριθμός ανθοκεφαλών/φυτό, ο αριθμός διακλαδώσεων/φυτό, η απόδοση σε σπέρματα (kg/στρέμμα), ο αριθμός και το βάρος των σπερμάτων και η απόδοση σε έλαιο (Singh και Nimbkar, 2006). Παρόλα αυτά, στο κοντινό μέλλον αναμένεται να δοθεί βαρύτητα και σε άλλες παραμέτρους, όπως η βελτίωση του προφίλ των λιπαρών οξέων του παραγόμενου ελαίου, αλλά και η απόδοση σε περιεχόμενο χρωστικής των ανθέων, λόγω αύξησης της ζήτησης της χρωστικής της ατρακτυλίδας. Αυτό συμβαίνει ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια γιατί αποτελεί μία εναλλακτική λύση αντί των τεχνητών χρωστικών που χρησιμοποιούνται σε ποτά και τρόφιμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε άλλες δυτικές χώρες, αλλά και γιατί τα άνθη διαθέτουν θεραπευτικές ιδιότητες για πολλές ανθρώπινες ασθένειες (Singh and Nimbkar, 2006).

Όσον αφορά την ποιότητα του ελαίου της ατρακτυλίδας, θεωρείται ότι είναι πολύ υψηλή. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός της πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε ακόρεστα λιπαρά οξέα (υψηλή αναλογία ακόρεστων/κορεσμένων λιπαρών οξέων) και μάλιστα θεωρείται ότι χαρακτηρίζεται από τον μέγιστο λόγο ακόρεστα/κορεσμένα λιπαρά οξέα σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο έλαιο (Smith, 1996). Από τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα συνήθως κυριαρχεί το ελαϊκό οξύ και από τα πολυακόρεστα το λινελαϊκό οξύ, ανάλογα με την ποικιλία, με αποτέλεσμα να είναι παρόμοιο με το ελαιόλαδο από διατροφικής άποψης (Singh and Nimbkar, 2006). Το προφίλ των λιπαρών οξέων του ελαίου της ατρακτυλίδας, μιας ποικιλίας με υψηλή περιεκτικότητα σε λινελαϊκό οξύ (κανονικό) σε σύγκριση με το έλαιο μιας ποικιλίας με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ, δίνεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Το προφίλ των λιπαρών οξέων του ελαίου της ατρακτυλίδας (Smith., 1996).

Λιπαρό οξύ	Κανονικό έλαιο	Υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ
Παλμιτικό οξύ	5,25	4,5
Στεαρικό οξύ	1,5	1,5
Ελαϊκό οξύ	15,0	77,0
Λινελαϊκό οξύ	77,0	15,0
Άλλα λιπαρά οξέα	1,25	2,0

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται το προφίλ των λιπαρών οξέων της ατρακτυλίδας σε σύγκριση με διάφορα άλλα φυτικά έλαια, όπου και παρατηρούμε ότι το έλαιο της ατρακτυλίδας υπερτερεί από άποψη χημικής σύστασης έναντι των υπόλοιπων ελαίων.

Πίνακας 3. Το προφίλ των λιπαρών οξέων διάφορων φυτικών ελαίων (Smith 1996).

	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic
Oil source	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Cocoa butter	26	34	35	—	—
Corn	13	3	31	52	1
Cottonseed	27	2	18	51	Tr
Groundnut	13	3	38	41	Tr
Linseed	6	3	17	14	60
Olive	10	2	78	7	1
Palm	44	4	39	11	Tr
Palm olein	41	4	31	12	Tr
Palm stearin	47-74	4-6	16-37	3-10	—
Rape (high erucic)*	3	1	16	14	10
Rape (low erucic)	4	2	56	26	10
Rice bran oil	20	2	42	32	—
Safflower	7	3	14	75	—
Safflower (high oleic)	6	2	74	16	—
Sesame	9	6	41	43	—
Soybean	11	4	22	53	8
Sunflower	6	5	20	60	Tr
Sunflower (Sunola)	4	5	81	8	Tr
Sunflower (NuSun)	4	5	65	26	—

2.ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

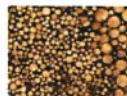


2.1 Γενικά

Η βιοενέργεια ανήκει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και παράγεται από την ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών υλικών βιολογικής προέλευσης, τα οποία περιγράφονται με τον γενικότερο όρο βιομάζα. Ετυμολογικά η βιομάζα προέρχεται από τη λέξη βίος (ζωή) και τη λέξη μάζα. Ο όρος αυτός μπορεί να περιγραφεί ως εξής: “βιομάζα είναι τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα κατάλοιπα της γεωργικής, δασικής και ζωικής παραγωγής, τα παραπροϊόντα, από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων, τα αστικά λύματα και σκουπίδια και οι οργανικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα π.χ. αυτοφυή φυτά, δάση, τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου” (Berndes, 2001). Ή ακόμη πιο απλά ως: “η μάζα βιολογικών υλικών που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και από βιολογικούς μετασχηματισμούς της ύλης”. Επομένως, στον όρο βιομάζα συμπεριλαμβάνεται πλήθος υλικών, τα οποία δεν αποτελούν μία ομοιογενή κατηγορία.

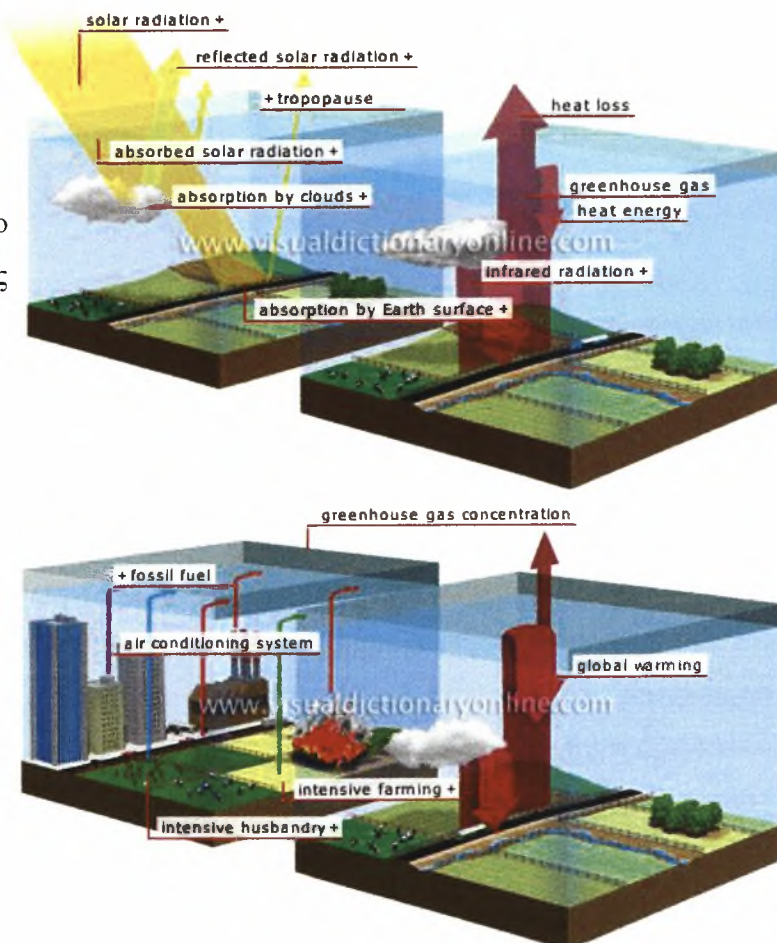
Τα ενεργειακά φυτά (ελαιοκράμβη, καλαμπόκι, σόργο, κ.τ.λ.), το ξύλο και τα ξυλώδη μέρη φυτών (τα άχρηστα ξύλα της βιομηχανίας ξυλουργικής, πριονίδι, ροκανίδι, θρύμματα ξύλου, κλαδιά κ.τ.λ.), τα αγροτικά υποπροϊόντα (κλαδιά, άχυρο, ξερά χόρτα, κ.τ.λ.), τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα οργανικά βιομηχανικά απόβλητα (π.χ. τυρόγαλα, αίμα, εντόσθια ζώων), τα απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων (υπολείμματα τροφών, παραπροϊόντα βιομηχανικών διεργασιών, ζωικά λίπη, φυτικά έλαια κ.τ.λ.) (Demirbas, 2001). Όλα τα προαναφερθέντα υλικά (βιομάζα) αποτελούν το καύσιμο για την παραγωγή βιοενέργειας η οποία μπορεί να έχει πάρει διάφορες

μορφές όπως θερμική, ηλεκτρική ή κινητική ενέργεια. Σύμφωνα με τον Demirbas, η βιομάζα, ως προς πηγές από τις οποίες προέρχεται, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: 1^η ξύλο και απόβλητα ξυλείας με ποσοστό συμμετοχής 64 %, 2^η αστικά απόβλητα με ποσοστό συμμετοχής 24 %, 3^η αγροτικά/ζωικά απόβλητα με ποσοστό συμμετοχής 5 % και τέλος η 4^η κατηγορία που περιλαμβάνει τα αέρια με το ελάχιστο ποσοστό συμμετοχής της τάξεως του 5 % (Demirbas, 2001).



Η παραγόμενη βιοενέργεια μέσω των βιοκαυσίμων μπορεί να προστατεύσει το περιβάλλον στο οποίο ζούμε. Αυτό γιατί αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, παρέχοντας την δυνατότητα αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο), τα οποία σε κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Στην σημερινή εποχή, η βιοενέργεια αποτελεί μία λύση ή ένα τρόπο απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, η χρήση των οποίων έχει προκαλέσει σοβαρότατες κλιματικές αλλαγές σε ολόκληρο τον πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου, λιώσιμο των πάγων, άνοδος θερμοκρασίας) (Tickell, 2003). Η εξόρυξη, διύλιση και η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει προκαλέσει μόνιμες βλάβες στα οικοσυστήματα του πλανήτη μας. Κατά τη διαδικασία καύσης στους κινητήρες των αυτοκινήτων, ο άνθρακας και το οξυγόνο αντιδρούν για να σχηματίσουν διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου και συνεπώς μία από τις αιτίες της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Τα αέρια του θερμοκηπίου δρουν σαν ένα γυαλί γύρω από την ατμόσφαιρα, αφήνοντας το φως του ήλιου να περάσει μέσα στην ατμόσφαιρα της γης, αλλά το παρεμποδίζει να κινηθεί αντίστροφα.

Εικόνα : Το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως αυτό εμφανίζεται στη φυσική του μορφή (επάνω) και όπως αποτυπώνεται στις περιβαλλοντικά βεβαρημένες περιοχές των αστικών κέντρων και των βιομηχανικών περιοχών (κάτω).



Για κάθε ένα λίτρο βενζίνης που καίει ένα αυτοκίνητο, απελευθερώνονται 0,34 κιλά διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Στην σημερινή εποχή, με την αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα υψηλότερα από ότι ακόμα και πριν 160.000 χρόνια και εξακολουθούν να αυξάνονται κάθε χρόνο. Με την απόδειξη ότι τα ορυκτά καύσιμα προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη, και το γεγονός ότι υπάρχει ένα περιορισμένο ποσό πλανητικών αποθεμάτων, πρέπει να στραφούμε σε εναλλακτικές πηγές καυσίμων για το μέλλον του πλανήτη μας (Tickell, 2003).



Παρόλα αυτά, σε παγκόσμιο επίπεδο, η βιομάζα δεν αξιοποιείται σε ικανοποιητικό βαθμό. Σε πρόσφατη μελέτη, εκτιμήθηκε ότι η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη είναι της τάξεως των 172 δις. τόνων ξηρού υλικού (Κίττας, κ.α., 2007). Είναι δε αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το ενεργειακό περιεχόμενο του υλικού αυτού είναι δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο ετησίως. Επομένως, όλο αυτό το ενεργειακό δυναμικό παραμένει ως επί το πλείστον ανεκμετάλλευτο, αφού μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας προέρχεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η χρήση της βιομάζας για ενέργεια σήμερα υπολογίζεται στο 14% περίπου της πρωτογενούς ενέργειας, με το μεγαλύτερο ποσοστό να χρησιμοποιείται στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η βιομάζα καλύπτει μέχρι το 1/3 των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων (Bauen and Kaltschmitt, 2001).

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και για το έτος 2050, η παραγωγή βιομάζας εκτιμάται σε περίπου 600.000 kt/έτος, το 2005 η ολική εγκατεστημένη ισχύς από βιομάζα ήταν 17 GW (Κομπελίτου και Κοσκινά, 2004).

Στην Ελλάδα, μόνο το 3% των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται με τη χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας. Σε πρόσφατη μελέτη (Κίττας, κ.α., 2007), υπολογίστηκε ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα αποτελείται κατά προσέγγιση από 7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών

καλλιερειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, ξύλου πυρήνων καρπών κ.τ.λ.) και 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας. Παρατηρούμε ότι η πιο σημαντική συνεισφορά στην ολική βιομάζα είναι το ξύλο, το οποίο μάλιστα συνεισφέρει περίπου 39,488 TJ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας.

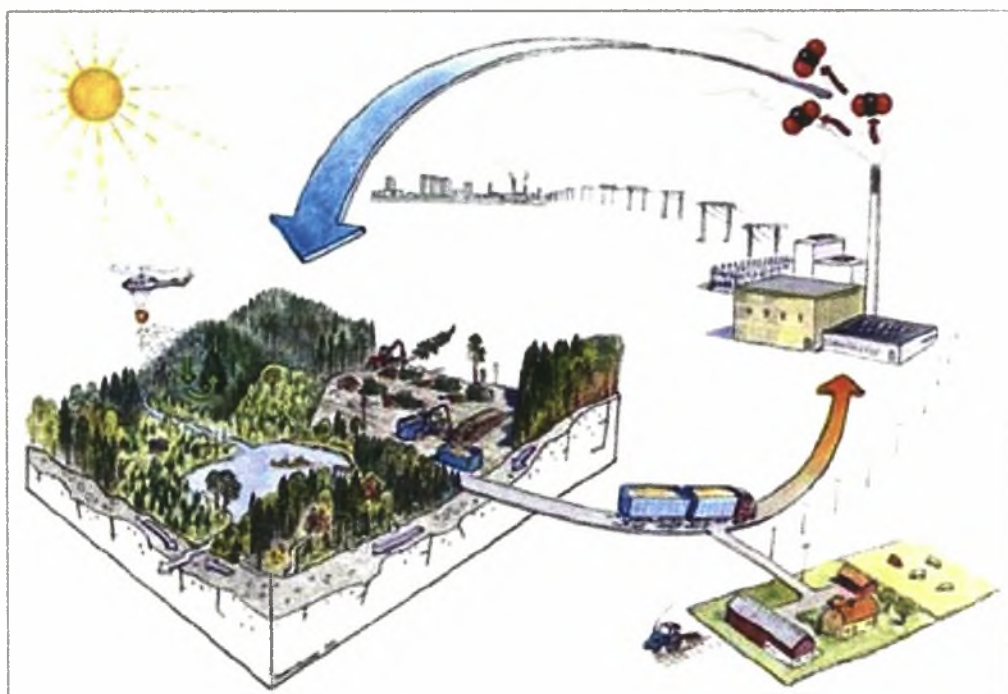


Οι κυριότερες εφαρμογές παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι οι εξής:

- 1^η) Θέρμανση θερμοκηπίων.
- 2^η) Θέρμανση κτηνοτροφικών μονάδων.
- 3^η) Τεχνητή ξήρανση γεωργικών προϊόντων.
- 4^η) Κάλυψη αναγκών θερμότητας και ηλεκτρισμού σε γεωργικές ή άλλες βιομηχανίες, που βρίσκονται κοντά σε πηγές παραγωγής βιομάζας.
- 5^η) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους τόπους παραγωγής της βιομάζας για
- 6^η) Κάλυψη τοπικών αναγκών ή για τροφοδοσία του εθνικού ηλεκτρικού δικτύου.
- 7^η) Κάλυψη αναγκών τηλεθέρμανσης χωριών και πόλεων που βρίσκονται κοντά σε εγκαταστάσεις παραγωγής βιομάζας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα, οι τεχνολογικές κατευθύνσεις στον τομέα της βιομάζας, εστιάζουν στην ενεργειακή αξιοποίηση κυρίως των φυτικών υπολειμμάτων (π.χ. θρυμματισμένα ξύλα) σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής με υψηλούς βαθμούς απόδοσης.

Ο ενεργειακός κύκλος της βιομάζας είναι φιλικός προς το περιβάλλον γιατί στηρίζεται στην συνεχή χρήση των ενεργειακών ροών του φυσικού περιβάλλοντος, προσομοιάζει δε τους οικολογικούς κύκλους της φύσης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για την δημιουργία της βιοενέργειας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Επιπλέον, οι χημικές ουσίες για την δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφουν πάλι σε αυτό. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ο ενεργειακός κύκλος της βιομάζας.

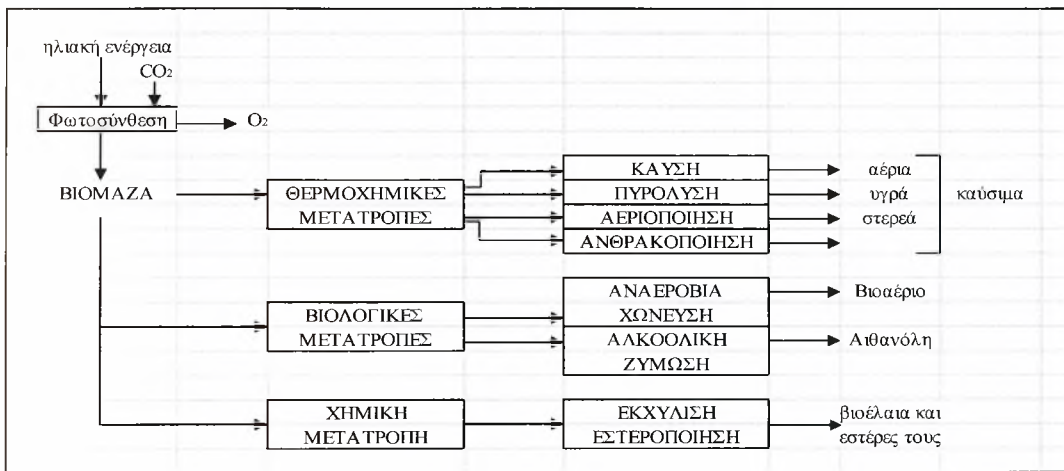


Σχήμα 3. Ο ενεργειακός κύκλος της βιομάζας από την πηγή μέχρι την τελική κατανάλωση.

2.2 Διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμου

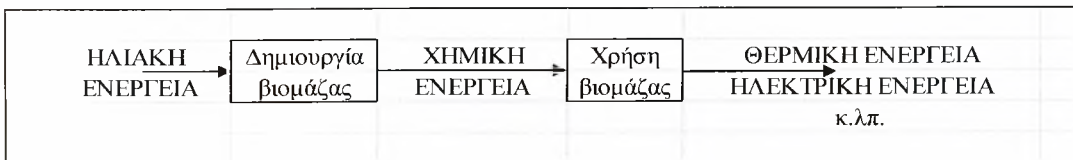
Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας, διακρίνονται δε σε τρεις βασικές κατηγορίες (Κίττας κ.α., 2007) και παρουσιάζονται στο σχήμα 4:

- θερμοχημικές (ξηρές).
- βιοχημικές (υγρές).
- χημικές.



Σχήμα 4. Παραγωγή ενέργειας από την βιομάζα με διάφορες μεθόδους.

Η ενέργεια που εκλύεται κατά την χρήση των βιοκαυσίμων με μία από τις προαναφερθείσες μεθόδους, προέρχεται αποκλειστικά από την ενέργεια του ήλιου, η οποία δεσμεύεται από τα φυτά μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης (Σκορδίλης, 1992). Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5. Οι διάφορες ενεργειακές μορφές που λαμβάνει η ενέργεια κατά την παραγωγή και την χρήση της βιομάζας.

Όσον αφορά τις θερμοχημικές μεθόδους, αυτές βασίζονται στην καύση της οργανικής ουσίας (οξειδωση άνθρακα) και κατά τη διάρκειά τους λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις εξαρτώμενες από την θερμοκρασία, ανάλογα με τις συνθήκες και το βαθμό οξειδωσης που επιδιώκεται. Από άποψη χημείας, η καύση είναι η αντίδραση μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου που συνοδεύεται από παραγωγή θερμότητας. Δηλαδή, είναι μια εξώθερμη αντίδραση που απαιτεί ένα αρχικό ποσό ενέργειας για να ξεκινήσει (ανάφλεξη), η οποία ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης (Κλουράς, 2000).

Η τυπική χημική αντίδραση κατά τη καύση της βιομάζας είναι :

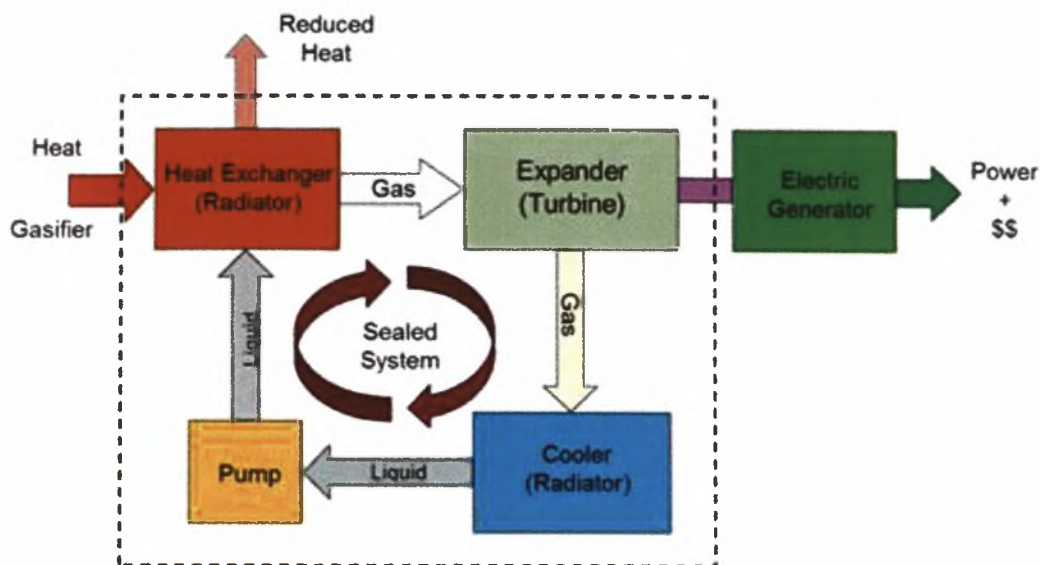


↓

(τυπική βιομάζα)

Οι θερμοχημικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την οξειδωση βιομάζας προερχόμενη από ξυλεία δασών, με το λόγο του άνθρακα προς το άζωτο της βιομάζας να παίρνει τιμές μικρότερες από 30, ενώ ταυτόχρονα η βιομάζα αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά υγρασίας. Διακρίνονται δε σε 3 βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο που παράγεται το βιοκαύσιμο (Κίττας κ.α., 2007): στις θερμοχημικές μεθόδους με άμεση καύση βιομάζας, με αεριοποίηση βιομάζας και τέλος με πυρόλυση βιομάζας. Θερμικές, αλλά εν μέρει και χημικές, θεωρούνται οι διεργασίες της αεριοποίησης και της πυρόλυσης, δύο πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες οι οποίες αναμένεται να έχουν τεράστια ανάπτυξη μέσα στις επόμενες δεκαετίες.

Στην περίπτωση της άμεσης καύσης βιομάζας, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη μέθοδο ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας και χαρακτηρίζεται από τις περισσότερες εφαρμογές παγκοσμίως. Η καύση γίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 1000-1500°C, ενώ η ανάφλεξη της βιομάζας γίνεται στους 550°C.



Η παραγωγή ενέργειας επιτυγχάνεται είτε μέσω αμμοστροβίλου είτε μέσω του Οργανικού Κύκλου Rankine (Organic Rankine Cycle – παραπάνω εικόνα). Η βιομάζα μπορεί να καεί όχι μόνο σε μικρής κλίμακας λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης, αλλά και σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Η απελευθερωθείσα ενέργεια μέσω των παραπάνω διαδικασιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση (π.χ. θέρμανση χώρων, μαγείρεμα κ.τ.λ.) ή ηλεκτρισμό (π.χ. εφαρμογή στην βιομηχανία). Η απόδοση της βιομάζας σε θερμική ενέργεια (απελευθέρωση κατά την καύση) εξαρτάται από τη θερμογόνο δύναμη της, η οποία με την σειρά της εξαρτάται από την περιεκτικότητα της βιομάζας σε άνθρακα. Η τυπική σύνθεση της βιομάζας είναι η εξής: 50% άνθρακας, 43% οξυγόνο και 6% υδρογόνο. Η καύση σε εσχάρα και η καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη αποτελούν σήμερα τις πιο σημαντικές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας με απ' ευθείας καύση.

Στην περίπτωση της αεριοποίησής της συντελείται μία διεργασία μερικής οξείδωσης του άνθρακα που περιέχει η βιομάζα, κατά την οποία, μία στερεά, αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή ατμό και μετατρέπεται σε αέριο. Η σύσταση του αερίου αυτού αποτελείται κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας αυτής απαιτείται ένας αεριοποιητής, ο οποίος σε συνδυασμό με τις συνθήκες αντίδρασης, μπορεί να παράγει αέρια καύσιμα χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμογόνου δύναμης. Τα συστήματα που βασίζονται στην αεριοποίηση της βιομάζας και την καύση του

παραγόμενου αερίου φαίνεται ότι υπερτερούν από την απευθείας καύση της βιομάζας, όσον αφορά τις οικονομίες κλίμακας και καθαρής και επαρκούς λειτουργίας (Κίττας κ.α., 2007).

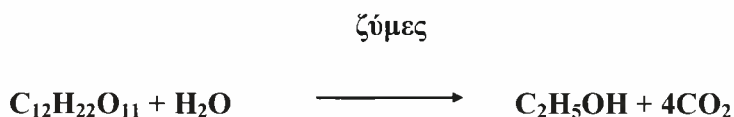
Όσον αφορά την πυρόλυση της βιομάζας, εδώ, γίνεται θερμική διάσπαση των ανθρακούχων ενώσεων σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (400-8000 °C), είτε με πλήρη απουσία οξυγόνου, είτε με μερική παρουσία του, τόση ώστε η αεριοποίηση της βιομάζας να μην γίνεται σε μεγάλο βαθμό. Επομένως, η διαδικασία της πυρόλυσης είναι πολύ αργή και χαρακτηρίζεται από μικρό βαθμό απόδοσης (Κίττας κ.α., 2007). Το προϊόν της διαδικασίας αυτής μπορεί να είναι αέριο (πυρολυτικό αέριο), υγρό (πυρολυτικό υγρό) ή στερεό (ξυλάνθρακας ή κάρβουνο), ενώ οι σχετικές αναλογίες κάθε προϊόντος εξαρτώνται από τη μέθοδο της πυρόλυσης και τις παραμέτρους της εκάστοτε αντίδρασης (π.χ. από την θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής αερίων και την ταχύτητα ψύξης τους). Για παράδειγμα, η αναλογία των προϊόντων της πυρόλυσης του ξύλου είναι: βιοάνθρακας 25%, αέριο 15%, πυρολιγνικά οξέα 45% και ελαιώδης πίσσα 15%.

Η χημική σύσταση του αερίου που παράγεται από την πυρόλυση της βιομάζας έχει την σύσταση (κατά προσέγγιση): Άνθρακας 83%, Υδρογόνο 3%, Οξυγόνο 11%, Άζωτο 0,3% και τέφρα 2,7%. Η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας είναι κατά προσέγγιση 1780-2500 Kcal/kg (Βουρδουμπάς, 2002).

Οι βιοχημικές διεργασίες παραγωγής βιοκαυσίμου αναφέρονται σε αναερόβιες βιολογικές διεργασίες που γίνονται από μικροοργανισμούς (Κίττας κ.α., 2007). Σε παγκόσμιο επίπεδο, χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: 1^ο η ζύμωση λιγνοκυτταρινούχων (ξυλώδη τμήματα φυτών) και υλικών που περιέχουν υψηλά ποσά σακχάρων για την παραγωγή βιοαιθανόλης και 2^ο η αναερόβια ζύμωση οργανικών αποβλήτων (συνήθως κτηνοτροφικά απόβλητα) για παραγωγή βιοαερίου. Το προϊόν της πρώτης μεθόδου, η βιοαιθανόλη, χρησιμοποιείται για να υποκαταστήσει την βενζίνη. Το προϊόν της δεύτερης μεθόδου, δηλαδή το βιοαέριο, χρησιμοποιείται για ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, μέσω καύσης, για την παραγωγή ενέργειας με υψηλές αποδόσεις (Κίττας κ.α., 2007).

Οι σακχαρούχες ύλες είναι οι πιο ελκυστικές για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα εύκολα και ταχέως ζυμώσιμα προς αιθανόλη.

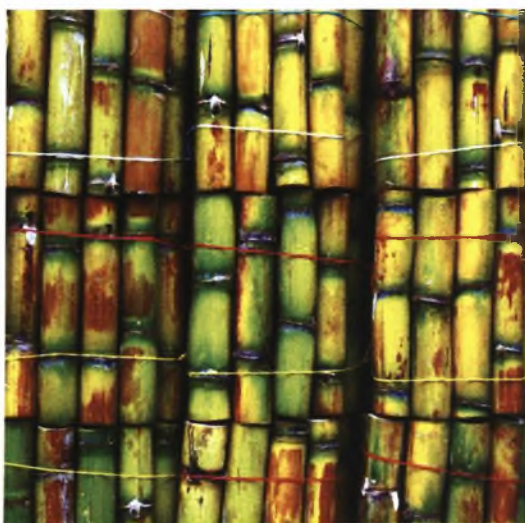
Η μετατροπή της γλυκόζης σε αλκοόλη γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση :



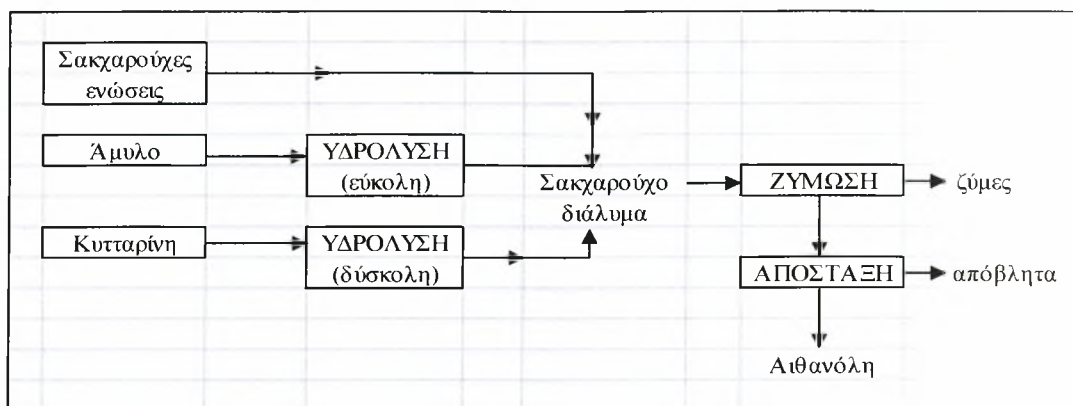
όπου η αναερόβια ζύμωση γίνεται κυρίως από τη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*.

Οι ζυμώσεις σταματούν όταν η συγκέντρωση της αιθανόλης φτάσει το 10-12% γιατί δρα ανασταλτικά στον μεταβολισμό των ζυμών. Υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης μέχρι και 95% επιτυγχάνονται με απόσταξη. Όμως ακόμη υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης, μεγαλύτερες του 95%, δεν μπορούν να επιτευχθούν με απόσταξη γιατί σχηματίζεται αζεοτροπικό μίγμα (απόσταξη μίγματος αιθανόλης και νερού στην ίδια θερμοκρασία). Για τη παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά φυτά με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (π.χ. σακχαροκάλαμο, γλυκό σόργο, κ.τ.λ.), αλλά και βιομηχανικά απόβλητα (π.χ. μελάσα). Παρόλα αυτά, το σακχαροκάλαμο αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Αξιοσημείωτο παράδειγμα αποτελεί η Βραζιλία, η οποία

χρησιμοποιεί το σακχαροκάλαμο για την παραγωγή αιθανόλης για να εφοδιάσει εκατομμύρια αυτοκίνητα τις τελευταίες δεκαετίες. Στην περίπτωση των αμυλούχων φυτών (π.χ. αραβόσιτος), πρέπει πρώτα να προηγηθεί υδρόλυση του αμύλου σε απλά σάκχαρα μέσω ενζύμων (που παράγονται από μικροοργανισμούς) ή με τη χρήση οξέων (Διαμαντίδης, 1994). Το ίδιο ισχύει και



για τα ξυλώδη τμήματα των φυτών τα οποία είναι πλούσια σε κυτταρίνη, η οποία πρέπει να διασπαστεί πρώτα σε β-D-γλυκόζη. Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η παραγωγή βιοαιθανόλης από φυτικές πρώτες ύλες. Επιπλέον, στον πίνακα 4 φαίνονται οι αποδόσεις διαφόρων φυτών σε βιοαιθανόλη.



Σχήμα 6. Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα.

Πίνακας 4. Απόδοση σε βιοαιθανόλη διάφορων φυτών πλούσιων σε υδατάνθρακες και σάκχαρα (Chiaramonti et al., 2000).

πρώτη ύλη	τόνοι / εκτάριο	Περιεκτικότητα	βιοαιθανόλη	
		σε υδατάνθρακες %	λ./τόννο	100λ./εκτάριο
Τεύτλα	40-50	16	90-100	38-48
Ζαχαροκάλαμο	50-100	13	60-80	35-70
Καλαμπόκι	4-8	60	360-400	15-30
Σιτάρι	2-5	62	370-420	8-20
Βρώμη	2-4	52	310-350	7-13
Σόργο	2-5	70	330-370	7-18
Πατάτες	20-30	18	100-120	22-23
Γλυκοπατάτα	10-20	25-27	140-170	16-31
Ταπιόκα	12-15	25-30	175-190	22-23
Καλοκάσι	30-60	16-18	80-100	27-54

Στον πίνακα 5 παρουσιάζεται η απόδοση σε βιοαιθανόλη των πιο σκληρών τμημάτων των φυτών, δηλαδή τα τμήματα που περιέχουν άφθονη λιγνίνη και κυτταρίνη.

Πίνακας 5. Απόδοση σε βιοαιθανόλη των λιγνινο-κυτταρινούχων φυτικών μερών (Βουρδουμπάς, 1998).

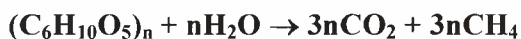
πρώτη ύλη	ξηρό βάρος (υδρολυτικός καταλύτης)	Βιοαιθανόλη	
		λίτρα/τόννο	100 λίτρα/εκτάριο
-Μαλακό ξύλο			
(αραιά οξέα)	9-15	190-220	18-31
(πυκνά οξέα)	9-15	230-270	22-38
-Ξηρό ξύλο			
(αραιά οξέα)	9-15	160-180	15-25
(πυκνά οξέα)	9-15	190-220	18-30
-Άχυρο			
(αραιά οξέα)	1,5-3,5	140-160	2-5
(πυκνά οξέα)	1,5-3,5	160-180	3-6

Το βασικότερο μειονέκτημα της παραγωγής αιθανόλης από πηγές σακχάρων καλλιεργούμενων φυτών είναι η δέσμευση σημαντικών εκτάσεων γης για παραγωγή καυσίμων, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή τροφίμων. Δηλαδή, γεννιέται το εξής ερώτημα ή δίλλημα: είναι σωστό να χρησιμοποιούνται πολύτιμες αγροτικές πρώτες ύλες για καύσιμα, τη στιγμή που οι κάτοικοι των φτωχών χωρών λιμοκτονούν;

Ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργείται στην διαδικασία της ζύμωσης σακχαρούχων πρώτων υλών, είναι ότι τα απόβλητα της διαδικασίας αυτής δεν επεξεργάζονται εύκολα και χαρακτηρίζονται από υψηλό ρυπαντικό φορτίο (Βουρδουμπάς, 1998).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Βραζιλία εφαρμόζονται δύο τεχνικές για την επεξεργασία των αποβλήτων. Στην πρώτη τεχνική, τα απόβλητα μαζεύονται σε δεξαμενές και γίνεται εξάτμιση του νερού. Στην δεύτερη τεχνική, γίνεται διασπορά των αποβλήτων σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου (Βουρδουμπάς, 1998).

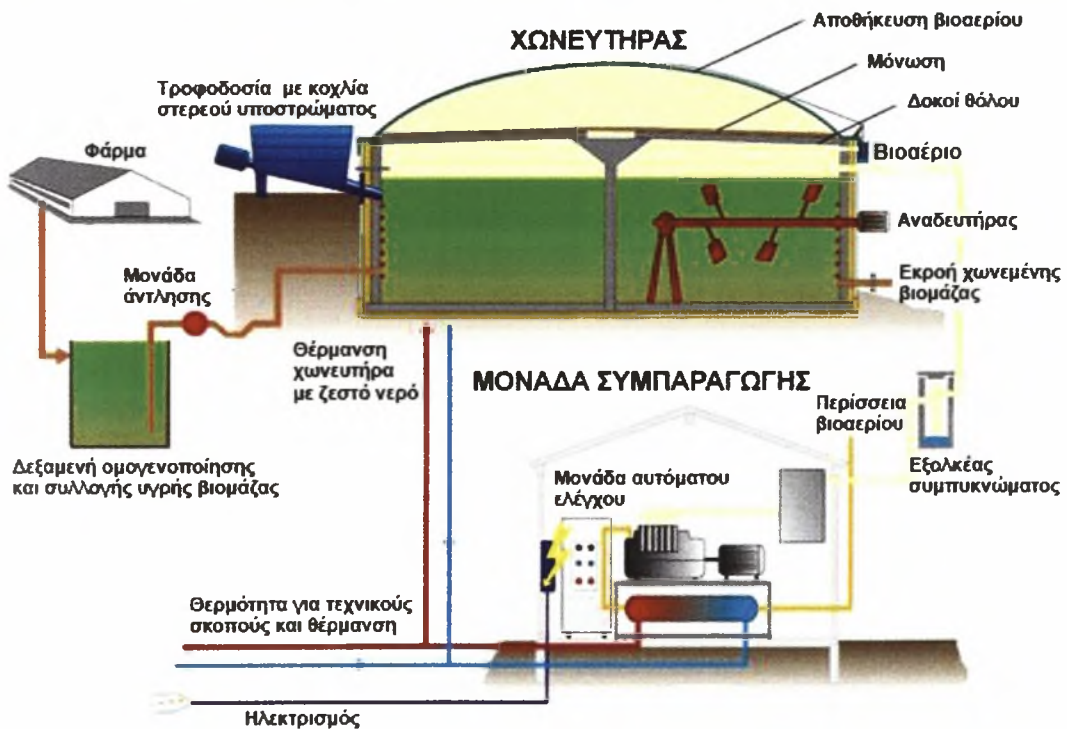
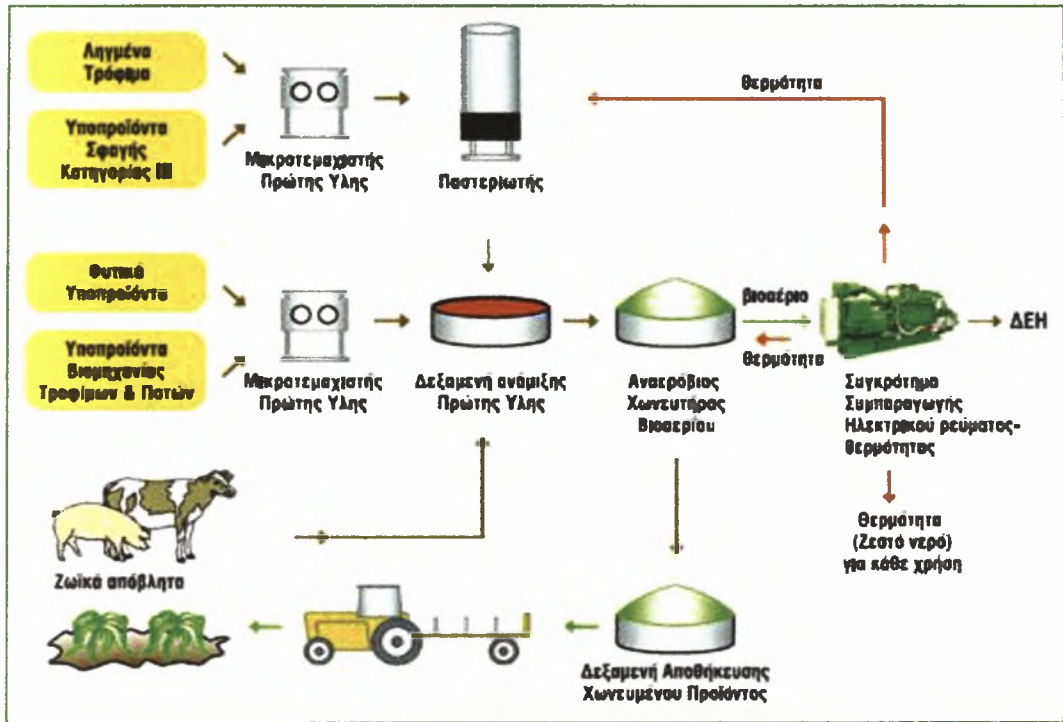
Όσον αφορά την αναερόβια ζύμωση οργανικών αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου αναφέρεται ότι γίνεται, επίσης, από μικροοργανισμούς σε τρία στάδια: στο στάδιο της υδρόλυσης, όπου τα σύνθετα οργανικά μόρια διασπώνται σε απλούστερα μόρια, στο όξινο στάδιο, όπου οι πρωτεΐνες, τα λίπη και οι υδατάνθρακες διασπώνται σε οξέα και διάφορα αέρια (π.χ. CO₂, H₂, NH₃) και τέλος, στο στάδιο της μεθανοποίησης, όπου όλες οι παραπάνω ουσίες μετατρέπονται σε μεθάνιο (Χαρώνης, 1989). Τα στάδια αυτά λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα και όχι διαδοχικά. Για παράδειγμα, η ζύμωση της κυτταρίνης με βάση την προαναφερθείσα διαδικασία μπορεί να περιγραφεί ως εξής:



Τα μεθανοβακτήρια είναι ευαίσθητα στις χαμηλές τιμές του pH, το οποίο δεν πρέπει να είναι κάτω από 6,2, ενώ ως βέλτιστη θεωρείται η τιμή του pH που κυμαίνεται μεταξύ 6,6-7,0. Δηλαδή αναπτύσσονται καλύτερα σε υποστρώματα με ουδέτερο pH ή ελαφρώς όξινο. Το παραγόμενο βιοαέριο από την παραπάνω διαδικασία δεν περιέχει μόνο μεθάνιο αλλά και διάφορα άλλα αέρια. Μια τυπική σύσταση βιοαερίου είναι κατά προσέγγιση η ακόλουθη : 60% CH₄, 35% CO₂ και 5% άλλα αέρια όπως H₂, N₂, NH₃, H₂S, CO, O₂, H₂O, πτητικές αμίνες κ.τ.λ. Ορισμένα από τα αέρια αυτά είναι τοξικά, όπως π.χ. το υδρόθειο, το οποίο χαρακτηρίζεται από διαβρωτική δράση και δυσάρεστη οσμή και επομένως απαιτείται η απομάκρυνσή του πριν από τη χρήση του βιοαερίου.

Η ζύμωση της βιομάζας γίνεται σε ειδικές συσκευές, τους επονομαζόμενους βιοαντιδραστήρες και μπορεί να λάβει χώρα σε τρεις ζώνες θερμοκρασίας. Στην ψυχρόφιλη ζώνη (20°C), στην μεσόφιλη ζώνη (35°C) και τέλος σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή στην θερμόφιλη ζώνη (55°C) (Χαρώνης, 1989). Η ψυχρόφιλη

ζώνη είναι η πιο βραδεία και χαρακτηρίζεται από τις χαμηλότερες αποδόσεις, όπου απαιτούνται τουλάχιστον δύο εβδομάδες. Πάντως, σε υψηλότερες θερμοκρασίες η ζύμωση γίνεται γρηγορότερα και οι αποδόσεις αυξάνονται. Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου από απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων.



Σχήμα 7. Παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.

Κάτι τρέχει με το βιοαέριο...

Αιτήσεις για μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο

2007

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2009

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009

Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Ενδιαφέρον για ανάπτυξη μονάδων βιοαερίου

Πηγή: Χρήστος Ζαφειράκης, υπεύθυνος Δόσης Έργων Βιοαερίου, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ

Με την αξιοποίηση της κοπριάς και άλλων οργανικών αποβλήτων για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος επιτυγχάνεται μείωση εκπομπών CO₂ έως...

3,73
εκατομμύρια τόνους/χρόνο

ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

(σε λεπτά / κιλοβατώρα)

Οι τιμές αφορούν την περίοδο 2006-2009



ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

(εκπομπές 2007, σε τόνους)

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι οι καταστροφικές επιδράσεις του μεθανίου στο κλίμα είναι κατά 30% μεγαλύτερες απ' ό,τι πίστευαν οι ειδικοί μέχρι πριν από λίγο καιρό. Από το 1990 έως το 2007 ο αγροτικός τομέας της Ελλάδας έχει αυξήσει τις εκπομπές μεθανίου κατά 2,28%.

Αγροτικός τομέας	169.020
Εντερική ζύμωση	139.550
Απορρίμματα	133.680
Ενεργειακός τομέας	84.360
Διαχείριση κοπριάς	23.190
Ανεξέλεγκτη καύση αγροτικών υπολειμμάτων	1.280
Καλλιέργειες ρυζιού	5.000
Μεταφορές (θαλάσσιες)	970

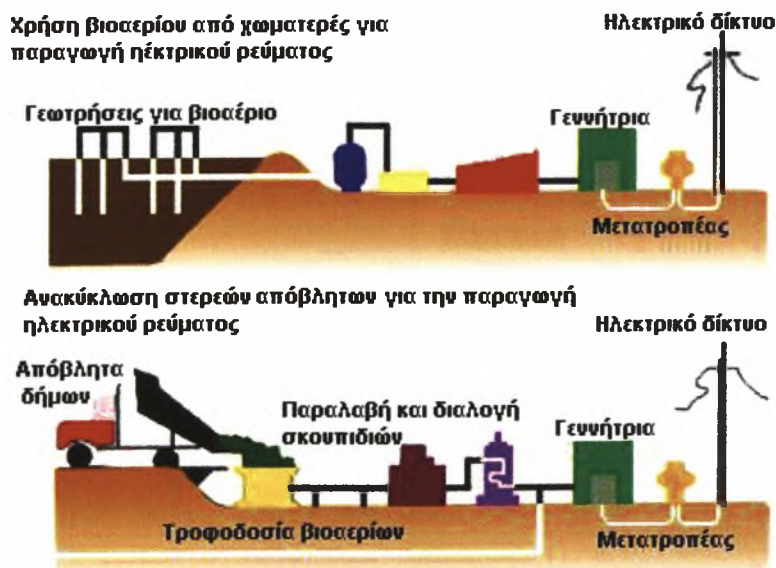
Πηγή: πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ, Εθνική Απογραφή Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου 2009

Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να αποθηκευθεί σε ειδικούς χώρους, ο όγκος των οποίων είναι πολύ μεγάλος αν η αποθήκευση γίνεται σε χαμηλή πίεση, αλλά αν συμπιεστεί, ο απαιτούμενος όγκος του αποθηκευτικού χώρου μειώνεται σημαντικά. Η συμπίεση του βιοαερίου, όμως, αυξάνει το κόστος παραγωγής και έτσι προτιμάται η άμεση καύση του είτε για παραγωγή θερμότητας, είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υγρά απόβλητα που απομένουν μετά την παραλαβή του βιοαερίου, έχουν χαμηλότερο βιολογικό φορτίο και μικρότερη δυσοσμία από τα αρχικά απόβλητα, αλλά περιέχουν εκτός των άλλων και παθογόνους μικροοργανισμούς. Μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα στις αγροτικές καλλιέργειες αν και απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι υψηλού κόστους κατασκευής (Χαρόνης, 1989).

Στον πίνακα 6 παρουσιάζεται η ημερήσια παραγωγή κτηνοτροφικών αποβλήτων κατά κεφαλήν από διάφορα αγροτικά ζώα καθώς επίσης και η παραγωγή βιοαερίου από αυτά.

Πίνακας 6. Παραγωγή βιοαερίου από την ζύμωση διάφορων κτηνοτροφικών αποβλήτων (Χαρώνης, 1989).

Είδος αγροτικού ζώου	Οργανική ουσία (kg/ημέρα)	Παραγόμενο βιοαέριο (M ³ /kg ζημιωθείσης οργανικής ουσίας σε 20 ημέρες)
Βοοειδή (ζώντος βάρους 250-400 kg)	3,5	0,16
Χοίροι (ζώντος βάρους 30- 80 kg)	0,2-0,5	0,28
Όρνιθες (ζώντος βάρους 2- 2,5 kg)	0,02	0,28
Άλογα	3,5	0,28



Στον πίνακα 7 φαίνεται η παραγωγή βιοαερίου από διάφορα άλλα είδη βιομάζας.

Πίνακας 7. Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα είδη βιομάζας (Κέντρο Προγραμματισμού και οικονομικών ερευνών, 1988).

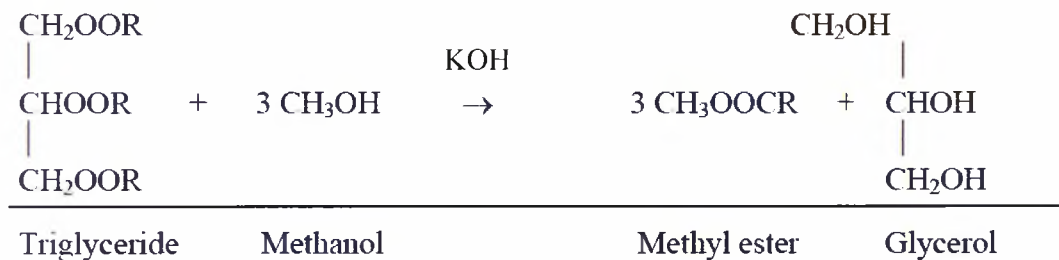
Πρώτη ύλη	Απόδοση ζύμωσης (m ³ /kg στερεών ουσιών)	(%)	Περίοδος ζύμωσης (ημέρες)
Άχυρο	0,35	78	24
Κορυφές πατάτας	0,53	75	6
» καλαμποκιού	0,49	83	10
Φύλλα τεύτλων	0,46	85	4
Χόρτο	0,50	84	8
Ιλύς εγκαταστάσεων επεξεργ. αστικών λυμάτων	0,43	78	16
Απορρίμματα	0,61	62	12
Απόβλητα σφαγείων	0,45	70	20

Τέλος, σημειώνεται ότι η θερμιδική αξία του βιοαερίου είναι περίπου 5000 Kcal/M³.





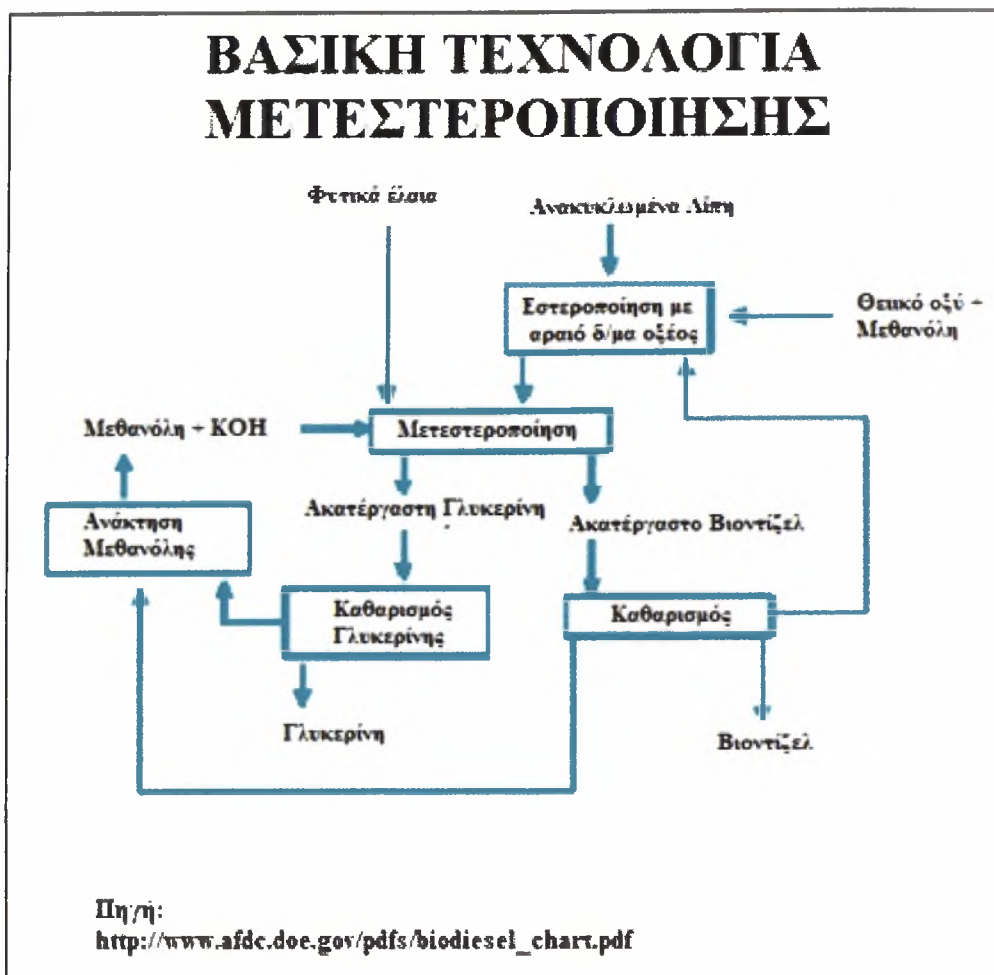
Όσον αφορά τις χημικές μεθόδους παραγωγής **βιοκαυσίμου**, η μετεστεροποίηση είναι η σημαντικότερη (Κίττας κ.α., 2007). Αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο για την παραγωγή βιοντίζελ, μετατρέποντας τους τριεστέρες της γλυκερόλης των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών σε μονοαλκυλιωμένους εστέρες λιπαρών οξέων παρουσία καταλύτη (Liu., 2001) κατά την ακόλουθη αντίδραση (Knothe et al., 1995):



Οι χημικές αυτές ουσίες αποτελούν το βιοντίζελ που παράγεται μέσω της διαδικασίας της μετεστεροποίησης. Πιο συγκεκριμένα, οι διάφοροι εστέρες των λιπαρών οξέων μετατρέπονται μέσω της διαδικασίας αυτής σε μεθυλεστέρες, οι οποίοι είναι πιο πτητικοί από τους αντίστοιχους εστέρες, από τους οποίους προέρχονται. Επιπλέον, οι μεθυλεστέρες είναι καλύτερα και σταθερότερα καύσιμα. Η εστεροποίηση γίνεται με την αντίδραση των τριγλυκεριδίων με μεθανόλη ή αιθανόλη. Η αντίδραση γίνεται σε ήπιες συνθήκες θερμοκρασιών 30-60°C, παρουσία αλκαλικών (KOH) ή όξινων καταλυτών. Η χημική σύσταση των πρώτων υλών είναι

καθοριστική για την απόδοση της μετεστεροποίησης και συνοπτικά η όλη διαδικασία παρουσιάζεται στο σχήμα 8.

Σχήμα 8. Η διαδικασία της μετεστεροποίησης.

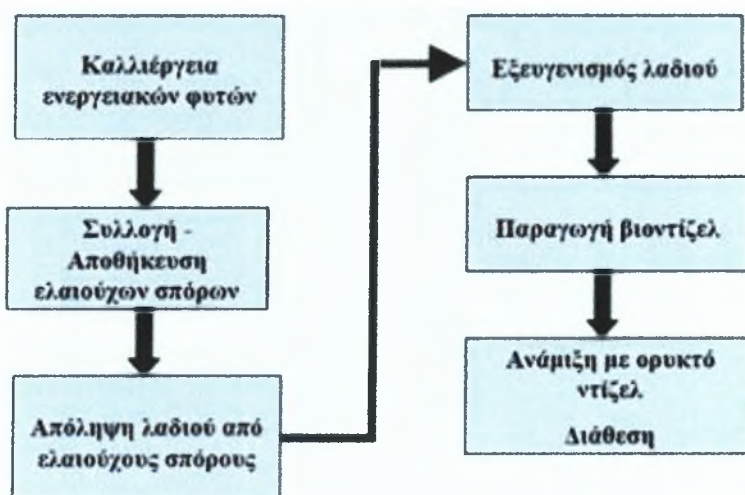


Διάφορα είδη φυτών παράγουν καρπούς με υψηλή περιεκτικότητα σε έλαιο, όπως για παράδειγμα η ατρακτυλίδα. Η λήψη του φυτικού ελαίου από τους ελαιούχους καρπούς γίνεται συνήθως με δύο μεθόδους (Cross, 1984): με εφαρμογή μηχανικής πίεσης ή με εκχύλιση με ένα οργανικό διαλύτη. Στην πρώτη μέθοδο, μικρές ποσότητες ελαίου παραμένουν στο υπόλειμμα και είναι δυνατόν να ληφθούν αργότερα με εκχύλιση. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ελαίου με συμπίεση μπορεί να είναι σχετικά μικρής δυναμικότητας και απλής τεχνολογίας. Στη δεύτερη μέθοδο, απαιτούνται μονάδες με μεγαλύτερη δυναμικότητα και πιο πολύπλοκη τεχνολογία.

The Cropland Biodiesel Process



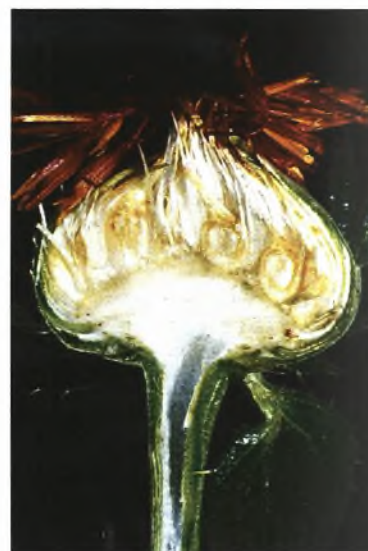
Τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε οχήματα που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντίζελ, όπως και στην περίπτωση της αιθανόλης που μπορεί να υποκαταστήσει μέρος της βενζίνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι τεχνικώς εφικτό να χρησιμοποιηθεί 100% φυτικό έλαιο ή διάφορα μίγματα ελαίου και ντίζελ (με ποικίλες αναλογίες). Στο σχήμα 9 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για τη παραγωγή καυσίμων από γεωργικές πρώτες ύλες από την παραγωγή έως την κατανάλωση.



Σχήμα 9. Διάγραμμα ροής για τη παραγωγή καυσίμων από γεωργικές πρώτες ύλες (Κέντρο Προγραμματισμού και οικονομικών ερευνών, 1988).

2.3 Εξειδικευμένα για ατρακτυλίδα

Η ατρακτυλίδα έχει εξεταστεί αλλά και εξετάζεται ως πιθανή πρώτη ύλη για βιοντίζελ. Αρκετά πειράματα σχετικά με τη χρήση του φυτού αυτού έχουν γίνει μέχρι στιγμής αλλά αναμένεται να γίνουν ακόμη περισσότερα στο άμεσο μέλλον (Rashid and Anwar, 2008, Cumali et al., 2010, Sagiroglu et al., 2011), μιας και το βιοντίζελ που παράγεται από το έλαιο της ατρακτυλίδας είναι ποιοτικά παρόμοιο με το αντίστοιχο βιοντίζελ του φυτού canola (ράπα).



Η κύρια μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ από την ατρακτυλίδα γίνεται με την μέθοδο της μετεστεροποίησης (Κίττας κ.α., 2007). Η μέχρι στιγμής έρευνα δείχνει ότι το βιοντίζελ προερχόμενο από την ατρακτυλίδα, έχει ιδιότητες καυσίμου παρόμοιες με αυτές του ορυκτού ντίζελ.

Πίνακας 8. Η απόδοση του ελαίου σε βιοντίζελ διάφορων φυτών μέσω όξινης κατάλυσης (Sagiroglu et al., 2011).

Vegetable oil	Biodiesel productivity, %		Productivity increase with temperature, %
	25 °C	100 °C	
Safflower	84.7	94.3	11.3
Soybean	85.9	94.2	9.7
Sunflower	83.4	95.2	14.1
Canola	80.8	93.7	15.9
Corn	83.2	83.3	0.1
Olive	84.3	85.3	1.2
Hazelnut	82.5	83.4	1.1
Waste sunflower	84.3	90.4	7.2

Στον πίνακα 8 παρουσιάζεται η απόδοση του ελαίου της ατρακτυλίδας σε βιοντίζελ, σε σύγκριση με άλλα φυτά που παράγουν ελαιούχους καρπούς μέσω όξινης κατάλυσης, σε συνδυασμό με την θερμοκρασία (Sagiroglu et al., 2011). Από τον πίνακα αυτό παρατηρούμε ότι το έλαιο της ατρακτυλίδας χαρακτηρίζεται από υψηλές αποδόσεις σε βιοντίζελ, τόσο σε χαμηλές (25 °C) όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες (100 °C), της τάξεως του 84,7 % και 94,3 % αντίστοιχα. Κάτι που σημαίνει ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία από τους 25 °C στους 100 °C, η απόδοση σε βιοντίζελ αυξάνεται κατά 11,3 %. Η αύξηση αυτή είναι παρόμοια και επομένως συγκρίσιμη με την αντίστοιχη αύξηση της ράπας και του ηλίανθου. Σε χαμηλές θερμοκρασίες (25 °C), η απόδοση του ελαίου της ατρακτυλίδας σε βιοντίζελ έρχεται δεύτερη, δηλαδή μετά την αντίστοιχη απόδοση του ελαίου της σόγιας. Σε υψηλές θερμοκρασίες (100 °C), η απόδοση του ελαίου της έρχεται επίσης δεύτερη, αλλά μετά την απόδοση του ελαίου του ηλίανθου, η δε απόδοση του ελαίου της σόγιας έρχεται τρίτη.

Biofuels

Gasoline or diesel with added alcohol (ethanol) produced from crops such as corn appear more and more promising as solutions to the problems posed by the eventual exhaustion of the Earth's petroleum reserves, as well as the high cost of fossil fuels on the global market. However, this type of energy presents new challenges. One item of environmental concern is the possibility that massive exploitation of biofuels could lead to the replacement of jungles and woodlands with single-crop plantations meant only for the production of raw plant materials. ●

Ethanol

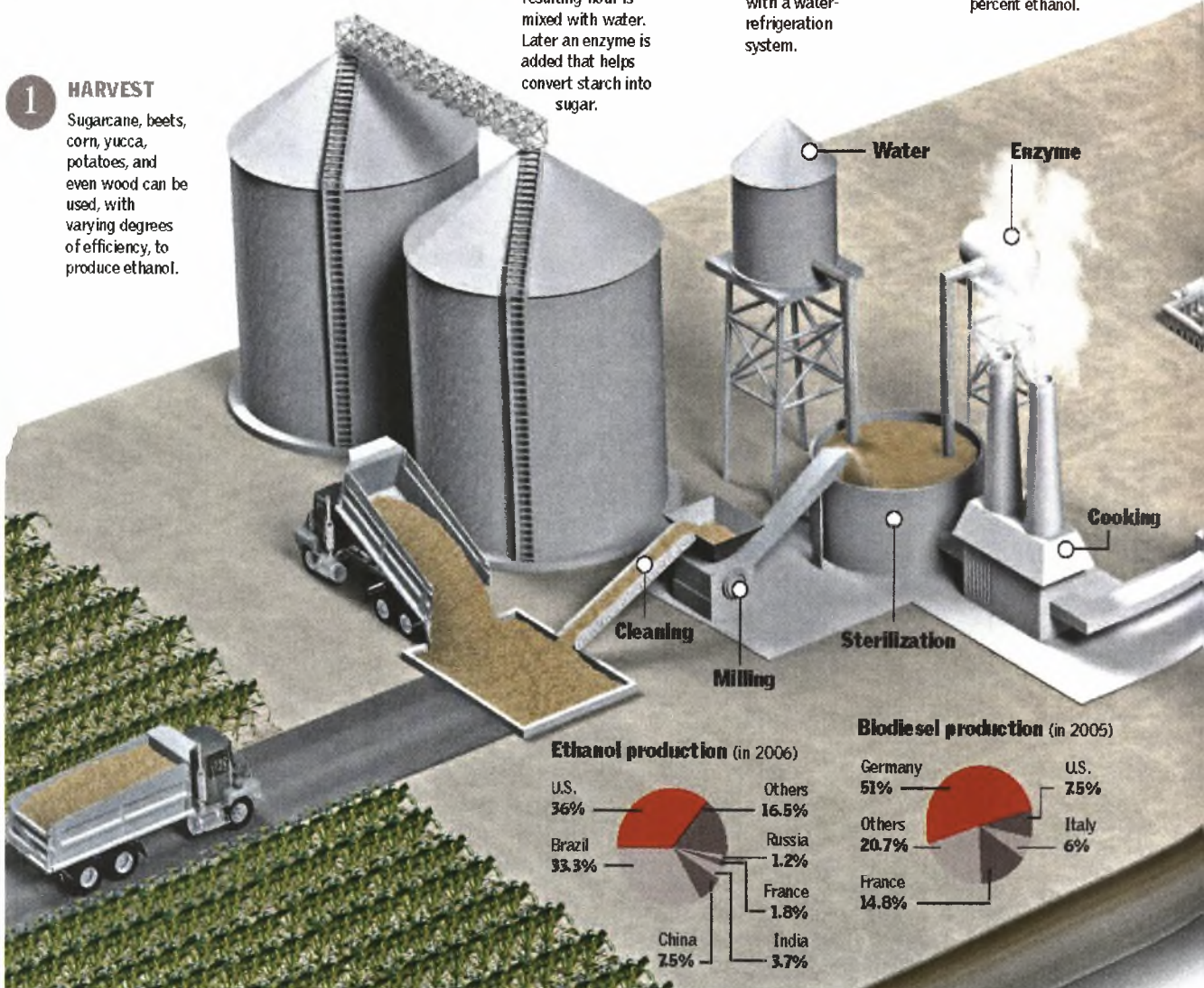
This is the alcohol in the medicine cabinets of our homes. It can be used in its pure form as a fuel or combined with gasoline in different proportions. The greater its purity, the greater are the engine modifications required to burn the fuel. Two common mixtures are E10 and E85, which have 10 percent and 85 percent ethanol, respectively.

1 HARVEST
Sugarcane, beets, corn, yucca, potatoes, and even wood can be used, with varying degrees of efficiency, to produce ethanol.

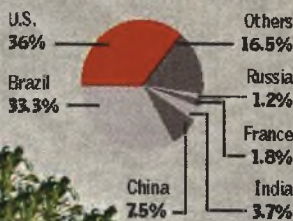
2 MILLING
The raw material is milled, and the resulting flour is mixed with water. Later an enzyme is added that helps convert starch into sugar.

3 COOKING
The mixture is cooled at 300° F (150° C) (sterilization) and is finally cooled with a water-refrigeration system.

4 FERMENTATION
Yeast is added to convert sugar into ethanol. This process, which produces heat and carbon dioxide, lasts 60 hours. When finished, the mixture, called mash, is 15 percent ethanol.

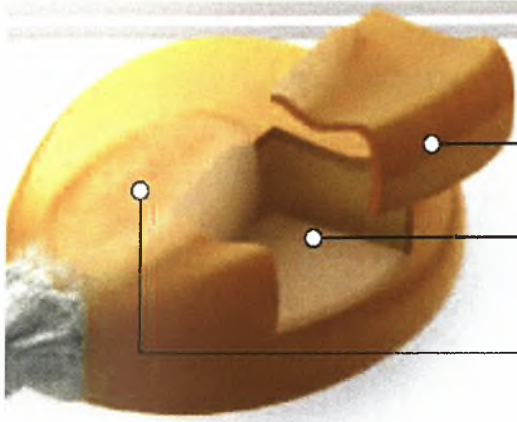


Ethanol production (in 2006)



Biodiesel production (in 2005)





KERNEL OF CORN

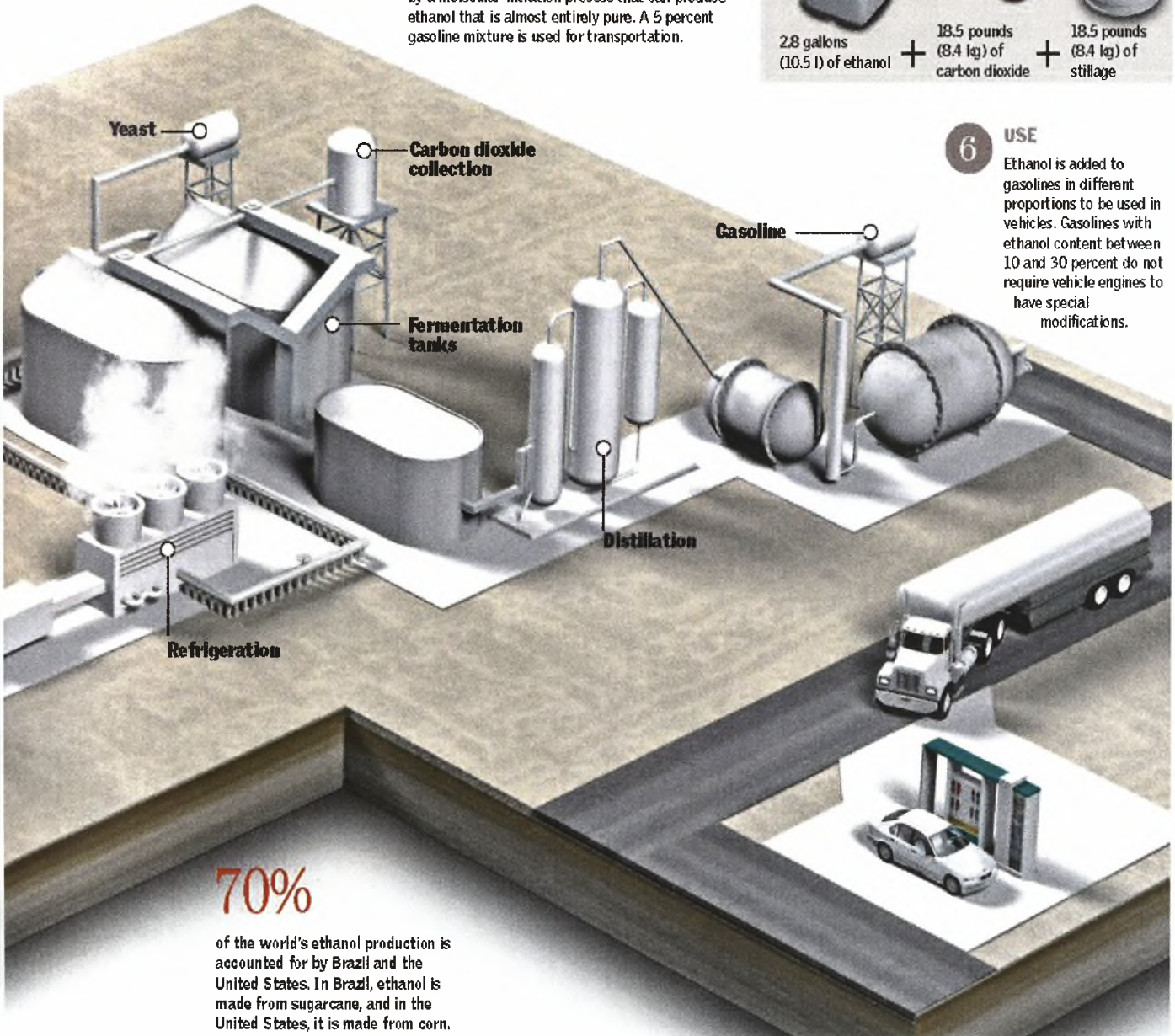
HULL
protects the seed from water, insects, and microorganisms.

ENDOSPERM
represents 70 percent of the weight of the dry grain. It contains starch, the substance used to produce ethanol.

GERM
The most valuable and the only living part of the grain. In addition to containing the genetic material, vitamins, and minerals, it is 25 percent oil.

5 DISTILLATION

The mixture is distilled first by evaporation to obtain 96 percent pure ethanol. It is later distilled by a molecular filtration process that can produce ethanol that is almost entirely pure. A 5 percent gasoline mixture is used for transportation.

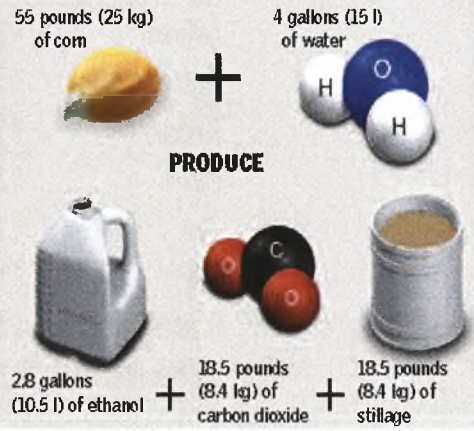


70%

of the world's ethanol production is accounted for by Brazil and the United States. In Brazil, ethanol is made from sugarcane, and in the United States, it is made from corn.

Byproducts

are generated during the production of ethanol. Anhydrous carbon is used in the manufacture of soft drinks. The stillage, a very nutritious residue, is used to feed cattle.



6 USE

Ethanol is added to gasolines in different proportions to be used in vehicles. Gasolines with ethanol content between 10 and 30 percent do not require vehicle engines to have special modifications.

Πίνακας 9. Το προφίλ των μεθυλεστέρων του βιοντίζελ διάφορων φυτών που παράγεται μέσω όξινης κατάλυσης (Sagiroglu et al., 2011).

Vegetable oil	FAME composition of biodiesel, %									
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	24:0	Others
Safflower	0.21	6.68	0	2.05	17.88	70.36	0.62	0.34	0	0.28 (22:0)
Soybean	0.18	0	11.07	4.08	23.70	51.84	7.32	0.37	0	1.19 (22:0)
Sunflower	0.32	6.67	0.17	3.65	28.64	57.63	0.48	0.23	0	0
Canola	0.23	5.46	0.32	1.98	61.64	19.27	7.76	0.29	0	1.36 (23:0)
Corn	0.15	14.33	0.19	1.92	28.26	53.07	0.21	0.21	0	0.45 (23:0)
Olive	0.10	6.90	0.43	2.20	57.93	19.25	6.84	0.42	0	0.58(22:0) 4.14 (23:0)
Hazelnut	0.49	6.19	0.20	2.00	75.36	14.83	0.22	0	0	0.73(23:0)
Waste sunflower	0.22	10.90	0.16	3.87	28.44	54.75	0.16	0	0	0

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται το προφίλ των μεθυλεστέρων του βιοντίζελ, το οποίο παράγεται με την μέθοδο της όξινης κατάλυσης, προερχόμενο από το έλαιο της ατρακτυλίδας σε σύγκριση με άλλα φυτά (Sagiroglu et al., 2011). Παρατηρούμε ότι το βιοντίζελ που προέρχεται από το έλαιο της ατρακτυλίδας περιέχει το μέγιστο ποσοστό μεθυλεστέρων με μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Ταυτόχρονα περιέχει σχετικά χαμηλά ποσοστά κορεσμένων λιπαρών οξέων. Ο υψηλός λόγος ακόρεστων/κορεσμένων λιπαρών οξέων στο βιοντίζελ θεωρείται ωφέλιμος γιατί τα ακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν χαμηλότερο σημείο τήξεως. Δηλαδή, είναι περισσότερο ρευστά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα αντίστοιχα κορεσμένα λιπαρά οξέα, γεγονός που ευνοεί και διευκολύνει την ροή του βιοκαυσίμου εντός του κινητήρα (ιδιαίτερα τους ψυχρούς μήνες). Από την άλλη μεριά είναι πιο επιρρεπή στην οξείδωση (Sagiroglu et al., 2011).



Άλλες σημαντικές ιδιότητες του βιοντίζελ της ατρακτυλίδας είναι: ο αριθμός κετανίων (CN), το σημείο θόλωσης (CP), το σημείο ροής (PP) και το σημείο ανάφλεξης (FP). Στον πίνακα 10 συγκρίνονται οι ιδιότητες (ως καυσίμου) του βιοντίζελ από την ατρακτυλίδα με το βιοντίζελ διάφορων άλλων πηγών φυτικής και ζωικής προέλευσης.

- Αριθμός κετανίων (ντίζελ) ή αριθμός οκτανίων (βενζίνη) : είναι ένα μέτρο της ποιότητας των καυσίμων για μηχανές εσωτερικής καύσης. Δείχνει το βαθμό αντικρουστικής ικανότητας ενός καυσίμου και αποτελεί ένα μέτρο της τάσεως ενός καυσίμου για την εμφάνιση “χτυπήματος” του κινητήρα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός κετανίων ενός καυσίμου τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιτρεπόμενη σχέση συμπίεσεως, άρα και η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα. Η βενζίνη έχει αριθμό οκτανίων 80 ενώ το ντίζελ οφείλει να έχει αριθμό κετανίων τουλάχιστον 40 (Knothe et al., 1996). Ο κινητήρας ντίζελ λειτουργεί σωστά όταν ο αριθμός κετανίων κυμαίνεται μεταξύ 40-55. Το βιοντίζελ φυτικής προέλευσης έχει αριθμό κετανίων 46-52, ενώ βιοντίζελ προερχόμενο από ζωικά λίπη έχει αριθμό κετανίων 56-60. Ο αριθμός κετανίων του βιοντίζελ προερχόμενο από έλαιο ατρακτυλίδας θεωρείται υψηλός και είναι 49,8 , δηλαδή υψηλότερος από τον αντίστοιχο του βιοντίζελ του σογιέλαιου και του ηλιέλαιου (Πίνακας 10) (Knothe et al., 1996).

- Σημείο θόλωσης (cloud point) : Το σημείο θόλωσης του πετρελαίου είναι η θερμοκρασία στην οποία το κερί παραφίνης (ή άλλες στερεές ενώσεις που υπάρχουν στο πετρέλαιο) αρχίζει να κρυσταλλώνεται ή να διαχωρίζεται από το διάλυμα, όταν ψύχεται το πετρέλαιο υπό ορισμένες συνθήκες. Για να καθοριστεί το σημείο θόλωσης, ένα δείγμα του πετρελαίου απαλλαγμένο από υγρασία τοποθετείται σε δοκιμαστική φιάλη και ψύχεται προοδευτικά. Όταν παρατηρηθεί μια ελαφριά θόλωση στο κατώτατο σημείο της φιάλης, η θερμοκρασία καταγράφεται ως σημείο θόλωσης. Το σημείο θόλωσης είναι χρήσιμο για τον καθορισμό της θερμοκρασίας στην οποία φράζουν τα πλέγματα των φίλτρων στα συστήματα εισαγωγής καυσίμων των μηχανών ντίζελ λόγω του χωρισμού των κεριών.

- Σημείο ροής (Pour point) : Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα καύσιμο γίνεται ημιστερεό και χάνει την ικανότητα ροής. Στην περίπτωση των ελαίων σχετίζεται με υψηλή περιεκτικότητα σε παραφίνες. Στην περίπτωση της

ατρακτυλίδας, το σημείο αυτό έχει την τιμή -6 (πίνακας 10) και θεωρείται μια από τις χαμηλότερες για τα βιοκαύσιμα φυτικής προέλευσης.

- Σημείο ανάφλεξης (Flash point) : Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα καύσιμο μπορεί να εξατμιστεί και να σχηματίσει μίγμα αέρα-καυσίμου στο οποίο μπορεί να γίνει ανάφλεξη. Για την βενζίνη η τιμή αυτή είναι -43°C, για το ντίζελ είναι τουλάχιστον 62°C και γενικά για τα βιοντίζελ τουλάχιστον 130°C. Στην περίπτωση της ατρακτυλίδας η τιμή αυτή είναι 180°C (πίνακας 10), η οποία θεωρείται ως υψηλή (Knothe et al., 1996). Αυτό αποτελεί θετικό χαρακτηριστικό για το βιοντίζελ της ατρακτυλίδας.

Πίνακας 10. Σύγκριση ιδιοτήτων καυσίμου βιοντίζελ διάφορων πηγών (Knothe et al., 1996).

<i>Ester</i>	<i>CN</i>	<i>HG</i> (kJ/kg)	<i>Viscosity</i> (mm ² /s)	<i>CP</i> (°C)	<i>PP</i> (°C)	<i>FP^b</i> (°C)
<i>Methyl</i>						
Cottonseed ^c	51.2	-	6.8 (21°)	-	-4	110
Rapeseed ^d	54.4	40449	6.7 (40°)	-2	-9	84
Safflower ^e	49.8	40060	-	-	-6	180
Soybean ^f	46.2	39800	4.08 (40°)	2	-1	171
Sunflower ^g	46.6	39800	4.22 (40°)	0	-4	-
Tallow ^h	-	39949	4.11 (40°)	12	9	96
<i>Ethyl</i>						
Palm ⁱ	56.2	39070	4.5 (37.8°)	8	6	19
Soybean ^f	48.2	40000	4.41 (40°)	1	-4	174
Tallow ^j				15	12	

^{Όπου} CN= cetane number, CP= cloud point, PP= pour point, FP= flash point.

Αλλά το βασικό ερώτημα εδώ, εκτός από το αν η ατρακτυλίδα μπορεί να προσφέρει βιοντίτζελ με αρκετά καλές ιδιότητες, είναι αν η καλλιέργεια μπορεί να παραχθεί υπό συνθήκες τέτοιες ώστε να μπορεί να συνεισφέρει στην πλήρη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στα μειονεκτήματα της παραγωγής βιοντίτζελ από την ατρακτυλίδα, μεταξύ των άλλων, συμπεριλαμβάνεται ο ανταγωνισμός με τα τρόφιμα, διότι το φυτό της ατρακτυλίδας και το έλαιο που παράγει είναι βρώσιμα, ο ανταγωνισμός για εύφορο έδαφος το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια άλλων φυτών και τέλος οι υψηλές εισροές ενέργειας για την παραγωγή βιοντίτζελ



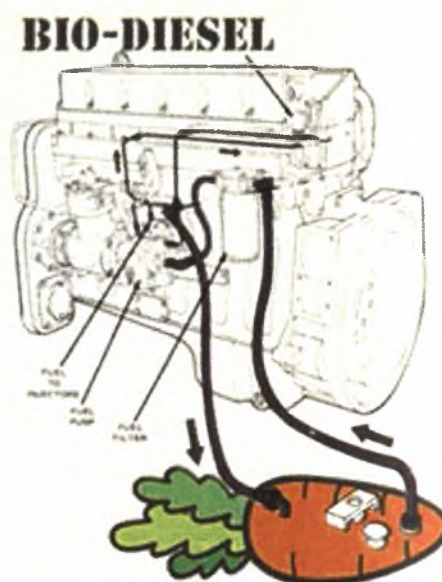
(συγκομιδή, παραλαβή ελαίου, μετατροπή του ελαίου σε βιοντίτζελ).

Ακολουθεί ένα παράδειγμα υπολογισμού στρεμμάτων καλλιέργειας ατρακτυλίδας που δείχνει τον ανταγωνισμό για καλλιεργήσιμη γη μεταξύ φυτών προοριζόμενων για παραγωγή βιοκαυσίμου και φυτών για καλλιέργεια τροφίμων για τον άνθρωπο.

Θεωρώντας ως μια μέση απόδοση 1250 kg σπερμάτων/στρέμμα για την ατρακτυλίδα με μέση περιεκτικότητα σε έλαιο 30%, τότε ένα στρέμμα ατρακτυλίδας μπορεί να προσφέρει μέχρι και 26,3 L έλαιο. Επομένως για την παραγωγή ενός εκατομμυρίου γαλονιών ελαίου (ή 263.159 L) απαιτούνται 10.000 στρέμματα καλλιέργειας ατρακτυλίδας. Η απόδοση σε βιοντίτζελ είναι πολύ υψηλή, όπως προαναφέρθηκε, και επομένως τα λίτρα του παραγόμενου ελαίου ισοδυναμούν κατά προσέγγιση ποσοτικά με λίτρα βιοκαυσίμου. Εάν εφαρμοστεί αμειψισπορά 1:5 (1 έτος καλλιέργειας ατρακτυλίδας/5 έτη καλλιέργειας του αγρού), τότε απαιτούνται $10.000 * 5 = 50.000$ στρέμματα γεωργικής γης, ενώ αν εφαρμοστεί αμειψισπορά 1:3, τότε απαιτούνται $10.000 * 3 = 30.000$ στρέμματα γεωργικής γης (Bates και Kapsenberg, 2008).

2.4 Χρήση σε ντιζελοκινητήρα και απόδοση

Καταρχήν, αξίζει να σημειωθεί ότι γενικότερα η ιδέα της χρήσης των φυτικών ελαίων σε κινητήρες ντίζελ είναι τόσο παλιά όσο και η ίδια η μηχανή ντίζελ. Ο εφευρέτης του κινητήρα ντίζελ, ο Rudolf Diesel, το 1900, χρησιμοποίησε έλαιο αραχίδας (φιστίκι) ως καύσιμο για σκοπούς επίδειξης (Nitske, 1965). Ακολούθησε κάποια άλλη εργασία με χρήση φυτικών ελαίων σε κινητήρες ντίζελ στη δεκαετία του 1930 και του 1940. Οι κρίσεις των καυσίμων και της ενέργειας από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 και αρχές της δεκαετίας του 1980 καθώς και οι ανησυχίες για την εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων του πλανήτη, έδωσαν το κίνητρο για αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για τα συμβατικά καύσιμα που έχουν ως βάση το πετρέλαιο. Η χρήση των φυτικών ελαίων ως καύσιμο για τους κινητήρες ντίζελ αποτελούν μια πιθανή λύση στην παραγωγή και χρήση εναλλακτικών καυσίμων. Σήμερα, υπάρχουν εκατοντάδες επιστημονικά άρθρα και διάφορες άλλες αναφορές σε όλο τον κόσμο που ασχολούνται με το θέμα αυτό. Έχουν πλέον προχωρήσει από τη θεωρητική και πειραματική φάση στα αρχικά στάδια της εμπορευματοποίησης. Ωστόσο, διάφορες τεχνικές και οικονομικές πτυχές απαιτούν περαιτέρω βελτίωση αυτών των βιοκαυσίμων. Πολλά διαφορετικά φυτικά έλαια έχουν δοκιμαστεί ως βιοντίζελ (σογιέλαιο, κραμβέλαιο, ηλιέλαιο, κ.τ.λ.). Τα φυτικά έλαια που έχουν διερευνηθεί για την καταλληλότητά τους ως βιοντίζελ είναι αυτά που τυγχάνει να αφθονούν στις χώρες όπου δοκιμάστηκαν. Ως εκ τούτου, το σογιέλαιο χρησιμοποιείται κυρίως ως πηγή βιοντίζελ στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ενώ σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες προτιμάται το κραμβέλαιο. Στις χώρες με τροπικό κλίμα προτιμάται το λάδι καρύδας ή το φοινικέλαιο. Επιπλέον, άλλες πηγές βιοντίζελ που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν εκτός από τα ζωικά λίπη και τα μαγειρικά έλαια (Shay, 1993).



Πολλά προβλήματα, όμως, έχουν καθυστερήσει την ευρεία διάδοση και χρήση του βιοντίζελ. Έχουν σχέση με οικονομικές παραμέτρους αλλά και με τις ιδιότητες του βιοντίζελ ως καύσιμο. Για παράδειγμα, κατά τη χρήση φυτικών ελαίων δημιουργούνται ιζήματα εντός του κινητήρα προκαλώντας έτσι προβλήματα στην λειτουργία του (Knothe et al., 1996). Στην προσπάθεια να λυθούν τα τεχνικά αυτά προβλήματα με τη χρήση μεθυλεστέρων παρουσιάστηκαν νέα λειτουργικά προβλήματα των κινητήρων σε χαμηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, προβλήματα που σχετίζονται με την καύση και τις εκπομπές παραμένουν προς επίλυση μέχρι και σήμερα (Knothe et al., 1996). Παρόλα αυτά, σήμερα το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πετρελαιοκινητήρες, μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης. Μίγματα μέχρι 20% βιοντίζελ - 80% συμβατικού καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν σε όλες τις μηχανές ντίζελ και είναι συμβατά με τον υπάρχοντα εξοπλισμό αποθήκευσης και διανομής. Αυτά τα χαμηλά μίγματα (5-20%) γενικά δεν απαιτούν τροποποιήσεις των μηχανών. Τα υψηλότερα μίγματα, ακόμη και το καθαρό βιοντίζελ (100%), μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε μηχανές που κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία, με ελάχιστη ή καμία τροποποίηση.



Όσον αφορά την απόδοση του βιοντίζελ προερχόμενο από έλαιο ατρακτυλίδας σε σχετική εργασία (Cumali et al., 2011) όταν αναμίχθηκε με συμβατικό ντίζελ σε ποσοστό 5%, 20%, 50%, η απόδοση του κινητήρα δεν μειώθηκε σημαντικά. Τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης της απόδοσης ήταν 2,2%, 6,3% και 11,2%, σε σύγκριση με την απόδοση της μηχανής με το συμβατικό ντίζελ. Η παρατηρηθείσα μείωση της απόδοσης μπορεί να αντισταθμιστεί από βελτίωση της παραμέτρου που ονομάζεται "ειδική κατανάλωση καυσίμου" και ισούται με τον λόγο του ρυθμού κατανάλωσης καυσίμου προς την ισχύ που παράχθηκε. Έτσι, για τα μείγματα βιοντίζελ 5%, 20%,

50% η αντίστοιχη βελτίωση ήταν 2,2%, 6,3% και 11,2%. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μείωση της παραγωγής καυσαερίων με την προσθήκη βιοντίζελ στον κινητήρα. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) μειώθηκε, ενώ η παραγωγή των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και των υδρογονανθράκων αυξήθηκε, αλλά και πάλι η συνολική εκπομπή υδρογονανθράκων ήταν πολύ χαμηλή. Οι ερευνητές διατυπώνουν εκ του ασφαλούς το συμπέρασμα, ότι η χρήση βιοντίζελ προερχόμενου από έλαιο ατρακτυλίδας έχει θετικά αποτελέσματα, τόσο στην μείωση των εκπομπών αερίων όσο και ως μία εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα.

2.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον



Η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς έχει θετικές αλλά και αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Έτσι, κατά τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα, τα οποία είναι διαφορετικά, ανάλογα με το είδος της εκάστοτε χρησιμοποιηθείσας βιομάζας. Παρατηρούνται, επίσης, περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με τη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων για ενεργειακούς σκοπούς (Σάμουελ, 1992).

Καταρχήν, κατά τη δημιουργία της βιομάζας, απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης, με αποτέλεσμα να μειώνεται η συγκέντρωσή του. Αυτό θεωρείται θετικό, γιατί το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στον πίνακα 11 παρουσιάζεται η απορρόφηση του άνθρακα (και επομένως του CO₂) κατά την ανάπτυξη διάφορων δασικών φυτειών.

Πίνακας 11. Η απορρόφηση άνθρακα κατά την ανάπτυξη διάφορων δασικών φυτειών (Σάμουελ, 1992).

Είδος	Άνθρακας (TN / στρέμμα ετησίως)
- Ορθολογικής εκμετάλλευσης δάση εύκρατων ζωνών	0,36
- Φυσικές δασώδεις εκτάσεις εύκρατων ζωνών	0,12
- Αγρο-δασικά τροπικά συστήματα	0,10
- Τροπικά δάση ορθολογικής διαχείρισης	0,70
- Τροπικές φυτείες βιομηχανικής εκμετάλλευσης	0,20
- Φυσικές τροπικές δασώδεις εκτάσεις	0,50

Κατά την καύση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παράγεται CO₂, αλλά η παραγωγή CO₂ αντισταθμίζεται με την απορρόφησή του κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης για τη δημιουργία ισόποσης βιομάζας. Επομένως, η βιομάζα δεν ευνοεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, κατά την καύση της βιομάζας, παράγεται SO₂, όπως συμβαίνει και με τα συμβατικά καύσιμα, με την διαφορά όμως ότι η έκλυση SO₂ είναι μικρότερη για τα βιοκαύσιμα. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι η περιεκτικότητα σε θείο (S) είναι σημαντικά χαμηλότερη στην βιομάζα. Επομένως, η καύση της βιομάζας έχει μικρότερη συνεισφορά στο φαινόμενο της όξινης βροχής σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα (Σάμουελ, 1992).

Ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα των βιοκαυσίμων, στα περισσότερα συστήματα, είναι οι χαμηλές αποδόσεις (6-9% χαμηλότερες από τα συμβατικά καύσιμα) (Hansen, 2008). Αυτό συνεπάγεται αυξημένες θερμικές απώλειες στο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα παράγονται σωματίδια (κονιορτός), CO και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Το διοξείδιο του άνθρακα, όταν εισέλθει εντός του αίματος δεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη του αίματος, κατά τρόπο μόνιμο και μη αντιστρεπτό, προκαλώντας έτσι “δηλητηρίαση” του αίματος (Sirs., 1963). Οι δε αρωματικοί υδρογονάνθρακες, θεωρούνται καρκινογόνες ουσίες (Κλουράς, 2000).

Σύμφωνα με τους Ping et al., (Ping et al., 2003), η χρήση βιοκαυσίμου για ενεργειακούς σκοπούς μπορεί να μειώσει την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα κατά 78,45%, την έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα κατά 46% και την έκλυση υδρογονανθράκων κατά 37%, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Εξαιρέση αποτελούν τα οξείδια του αζώτου, των οποίων η έκλυση αυξάνεται κατά 8,89%.

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, εκτός από τη μείωση της ρύπανσης που οφείλεται στις εκπομπές αέριων ρύπων, το βιοντίζελ δεν προκαλεί σημαντική σημειακή ρύπανση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ατυχημάτων ή διαρροών πετρελαιοειδών. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι τα έλαια βιοαποδομούνται κατά 80% σε 4 εβδομάδες περίπου. Αν, για παράδειγμα, γίνει κάποιο ναυτικό ατύχημα σε τάνκερ που μεταφέρει έλαιο, το διαρρέον έλαιο στη θάλασσα θα μπορούσε κάλλιστα να αποτελέσει τροφή των ψαριών και όχι τοξικό παράγοντα όπως το πετρέλαιο.

Όταν χρησιμοποιούνται βιομηχανικά και κτηνοτροφικά απόβλητα ή αστικά λύματα για παραγωγή ενέργειας με αναερόβια ζύμωση, τότε παρατηρείται μείωση του ρυπαντικού και μικροβιακού φορτίου των αποβλήτων. Επιπλέον, μειώνονται οι δυσάρεστες οσμές των αποβλήτων (Σάμουελ, 1992).

Κατά την διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης παράγονται επίσης υγρά απόβλητα τα οποία είναι δύσκολο να επεξεργαστούν ενώ ταυτόχρονα χαρακτηρίζονται από υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Η χρήση όμως της βιοαιθανόλης σαν καύσιμο στους κινητήρες, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία λιγότερων αέριων ρύπων (οξείδια του αζώτου, υδρογονάνθρακες) σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Επίσης, όταν το έλαιο των φυτών παραλαμβάνεται με μηχανική πίεση τότε δημιουργούνται υγρά απόβλητα. Το ίδιο δεν ισχύει για τις χημικές μεθόδους παραγωγής βιοκαυσίμου (π.χ. μετεστεροποίηση).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το έλαιο της ατρακτυλίδας και ιδιαίτερα όταν είναι πλούσιο σε ελαϊκό οξύ, όταν προστίθεται στο συμβατικό ντίζελ (ως πρόσθετη ύλη), μειώνει σημαντικά την παραγωγή καυσαερίου, διοξειδίου του θείου (το έλαιο της ατρακτυλίδας δεν περιέχει καθόλου θείο) και διοξειδίου του άνθρακα από τον κινητήρα (Bergman και Flynn, 2001).

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ Ε.Ε. ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

3.1 Ιστορικά στοιχεία

Η ατρακτυλίδα καλλιεργείται γενικά σε περιοχές με χαμηλές βροχοπτώσεις και υψηλές θερμοκρασίες λόγω της υψηλής προσαρμοστικότητας που χαρακτηρίζει το φυτό αυτό (Dajue και Mundel, 1996), αν και στο παρελθόν καλλιεργούνταν και σε ψυχρότερα κλίματα (π.χ. νότια Γερμανία) (Weiss, 1971). Επίσης, η καλλιέργεια της ήταν παραδοσιακά διαδεδομένη για αιώνες από την Κίνα μέχρι την περιοχή της Μεσογείου καθώς επίσης και στην κοιλάδα του Νείλου μέχρι την Αιθιοπία (Weiss, 1971). Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι παράγει πολλά προϊόντα για τον άνθρωπο, των οποίων η αξία αναγνωρίστηκε από πολύ νωρίς στην ανθρώπινη ιστορία (Ekin, 2005). Έτσι, ήδη από το 4500 π.Χ., στην Αίγυπτο, στην Κίνα, στην Ινδία και στο Μαρόκο υπάρχουν αναφορές που αποδεικνύουν την καλλιέργεια της ατρακτυλίδας από τον άνθρωπο.

3.2 Σημερινά δεδομένα – χαρτογράφηση καλλιέργειας παγκοσμίως

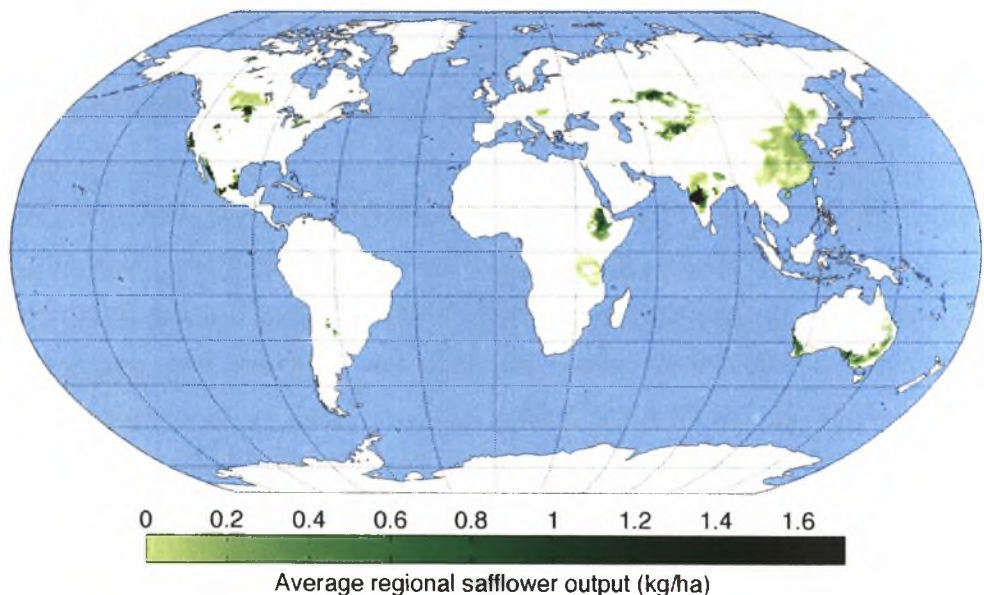
Σε παγκόσμιο επίπεδο, τουλάχιστον 60 χώρες καλλιεργούν σήμερα το φυτό αυτό, με παραγωγή σε σπόρο 800.000 τόνους (Gyulai, 1996). Σήμερα, οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Ινδία, το Μεξικό, η Αιθιοπία, το Καζακστάν, η Αυστραλία, η Αργεντινή, το Ουζμπεκιστάν, η Κίνα και τέλος η Ρωσία (Kaffka et al., 2000).

Το 50 % της παγκόσμιας παραγωγής παράγεται στην Ινδία, αν και ελάχιστη ποσότητα εξάγεται από αυτή. Στις Η.Π.Α. (το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής παράγεται στην Καλιφόρνια) (Gilbert, 2008) και στον Καναδά παράγονται ετησίως περίπου 200.000 τόνοι μόνο, για αυτό και εισάγουν από την Αυστραλία, την Αργεντινή και το Μεξικό. Επίσης εισάγουν από τις προαναφερθείσες χώρες η Ιαπωνία και η Ευρώπη (Gyulai, 1996). Στην Κίνα καλλιεργούνται περίπου 400.000 στρέμματα/έτος με ατρακτυλίδα, αλλά κυρίως για τα άνθη της. Σύμφωνα με τον Gilbert (Gilbert, 2008), είναι δύσκολο να εκτιμηθούν οι ακριβείς ποσότητες που παράγονται ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο γιατί η καλλιέργεια της ατρακτυλίδας θεωρείται μηδαμινή σε σχέση με τα άλλα καλλιεργούμενα φυτά. Παρόλα αυτά, η καλλιέργεια της ατρακτυλίδας παρουσιάζει αυξητική τάση, γεγονός που οφείλεται

στην αυξανόμενη ζήτηση των σπερμάτων της, τα οποία παράγουν έλαιο υψηλής ποιότητας (Dajme και Mundel, 1996). Αξίζει να αναφερθούν διάφορες άλλες χώρες καλλιέργειας ατρακτυλίδας όπως η Ισπανία, η Ιταλία, η Τουρκία, το Ισραήλ, το Ιράν οι οποίες όμως έχουν χαμηλότερη παραγωγή (Kaffka κ.ά., 2000), ενώ στο σχήμα 10 παρουσιάζονται οι κυριότερες χώρες που καλλιεργούν ατρακτυλίδα.



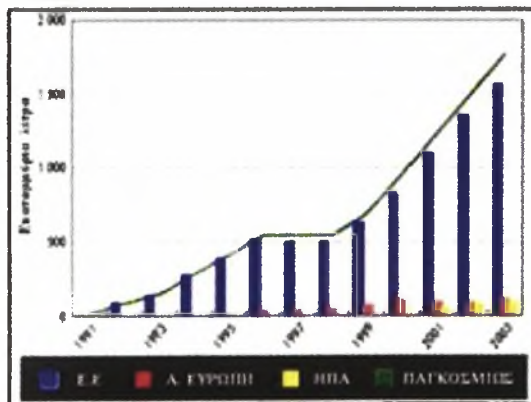
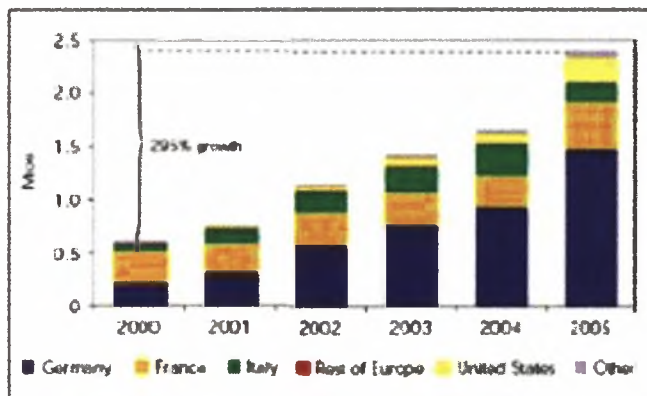
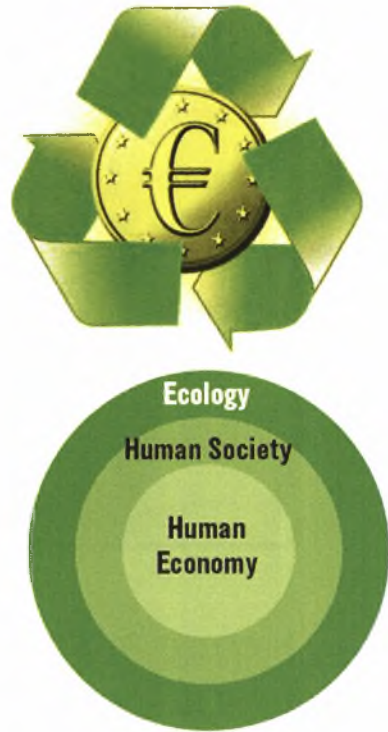
Σχήμα 10α. Οι κυριότερες χώρες που καλλιεργούν ατρακτυλίδα (Gilbert, 2008).



Σχήμα 10β. Χαρτογράφηση της καλλιέργειας ατρακτυλίδας σε παγκόσμιο επίπεδο (University of Minnesota, Institute on the Environment 2000)

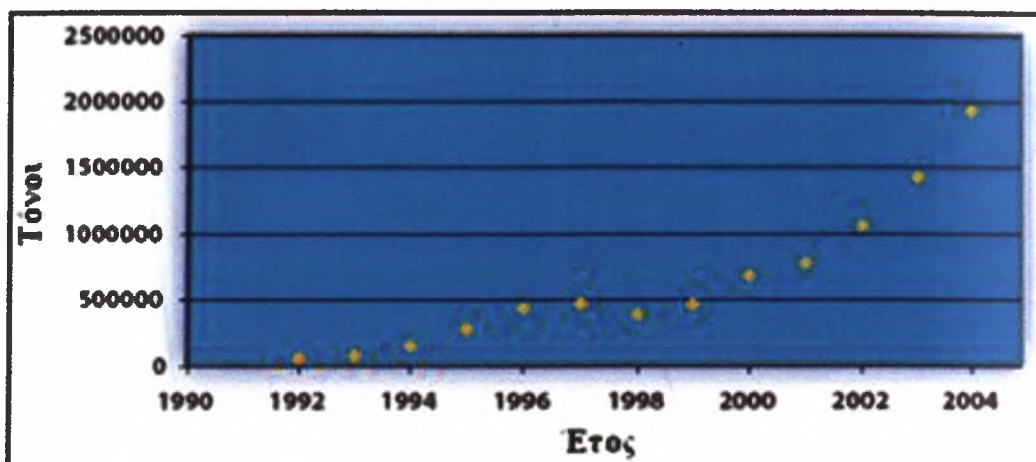
3.3 Εμπόριο – έρευνα αγοράς

Το έλαιο των φυτών που παράγουν τα ελαιούχα σπέρματα, μπορεί να μετατραπεί σε βιοντίζελ με την μέθοδο της μετεστεροποίησης (χημική μέθοδος), όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι επί μακράν ο κύριος παραγωγός βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2. Η παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ το 2003 ήταν περίπου 1,8 δισεκατομμύρια λίτρα (Becker et al., 2010). Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση όπου παρατηρούμε την ανοδική πορεία της παραγωγής του.



Διάγραμμα 2. Η παραγωγή βιοντίζελ παγκοσμίως (Becker et al., 2010)

Διάγραμμα 3. Η παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Becker et al., 2010).



Σημειώνεται ότι κατά την περίοδο 1992-2003, το παραγόμενο βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσίασε μέση ετήσια αύξηση της τάξεως του 34,5%, αύξηση η οποία αντιστοιχεί σε επίπεδο παραγωγής 26 φορές μεγαλύτερο από αυτό του 1992 (Becker et al., 2010). Επίσης το 2006, η παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρωπαϊκή Ένωση, άγγιξε τους 4.890.000 τόνους σημειώνοντας αύξηση της τάξεως του 54% σε σχέση με το 2005. Είναι αξιοσημείωτο, ότι η Γερμανία παράγει το μισό από το βιοντίζελ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (περίπου το 54%) και μεγάλο μέρος αυτής της ποσότητας διατίθεται σε 1.900 πρατήρια καυσίμων, ενώ μετά ακολουθεί η Γαλλία και η Ιταλία. Σήμερα στην Ευρώπη λειτουργούν 200 εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ με δυναμικότητα παραγωγής που ξεπερνά τους 10.000.000 τόνους. Σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς στόχους για την ενέργεια και την ενεργειακή κρίση, η Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλει να καταναλώνει 11.000.000 τόνους βιοντίζελ μέχρι το 2010 και διπλάσια περίπου ποσότητα μέχρι το 2020. Για την παραγωγή του βιοντίζελ, ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται κυρίως έλαιο προερχόμενο από ελαιοκράμβη εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σογιέλαιο στις ΗΠΑ και όχι έλαιο ατρακτυλίδας, παρά τις ιδιότητες από τις οποίες χαρακτηρίζεται η καλλιέργεια και το βιοντίζελ της.

3.4 Ε.Ε. – Νομοσχέδια – Επιδοτήσεις



Η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην ενεργειακή χρήση της βιομάζας. Έτσι, το 2000, το 6% της πρωτογενούς ενέργειας στην Ευρώπη προήλθε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκ των οποίων ένα ποσοστό της τάξεως του 3,7% προήλθε από την βιομάζα (Tuck et al., 2006). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με την Λευκή Βίβλο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρότεινε το διπλασιασμό της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 12% του συνόλου της πρωτογενούς ενέργειας που παράγεται στην Ευρώπη μέχρι το 2010. Επενδύθηκε για αυτό τον σκοπό, ένα κεφάλαιο της τάξεως των 165 δισ. ευρώ. Υποτίθεται ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες θα συνεισφέρουν περίπου το ένα τρίτο του στόχου αυτού, ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από τη γεωργική δραστηριότητα και τις δασικές εκτάσεις. Το ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από την βιομάζα αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον (Tuck and al., 2006).

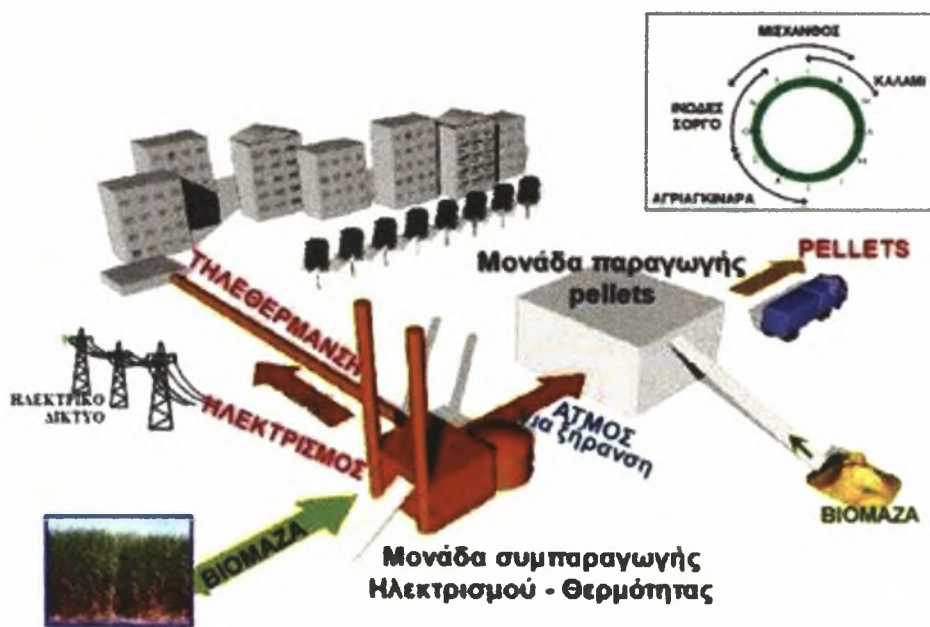
Αλλαγές στη γεωργική παραγωγικότητα και αλλαγές των οικονομικών πολιτικών στήριξης της γεωργίας (π.χ. μεταρρύθμιση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, ΚΑΠ) θα εξασφαλίσουν στο μέλλον πλεόνασμα γεωργικής γης για την παραγωγή βιοενέργειας (Tuck and al., 2006).

Το θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των εφαρμογών και αξιοποίηση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς χαρακτηρίζεται ως ευνοϊκό. Ο νόμος Ν.2601/98, ΦΕΚ 81, 15-4-1998 περί «Ενισχύσεων ιδιωτικών επενδύσεων για την Οικονομική και περιφερειακή Ανάπτυξη της χώρας», παρέχει υψηλές επιδοτήσεις όταν η βιομάζα

προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Ο νόμος 2244/94 ρυθμίζει τις διαδικασίες πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από βιομάζα στη ΔΕΗ, ενώ με την Υπουργική Απόφαση 8295/95 ρυθμίζονται τα θέματα αδειοδοτήσεων (στοιχεία για το επιχειρησιακό πρόγραμμα ενέργειας, Υπουργείο Ανάπτυξης 1997). Στα πλαίσια του ίδιου προγράμματος, το Υπουργείο Ανάπτυξης χρηματοδότησε πολλές επενδύσεις στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στον οποίο υπάγεται και η βιοενέργεια.

Με μία άλλη εγκύκλιο, το Υπουργείο Γεωργίας (ΠΕΠ 94-99, Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, «Αξιοποίηση Η.Μ.Ε. για τη βελτίωση της ποιότητας των κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων») επιδοτεί σε ποσοστό 50% τις εφαρμογές που κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1^η) Συμπαγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση βιομάζας.
- 2^η) Τηλεθέρμανση με χρήση βιομάζας.
- 3^η) Παραγωγή βιοκαυσίμου.



Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει ενισχύσεις για την υιοθέτηση ενεργειακών εφαρμογών βιομάζας, μέσω διαφόρων προγραμμάτων (Altener, Save – Joule, Thermie) που αφορούν έρευνα και ανάπτυξη, ενημέρωση και διδασκαλία κ.τ.λ.

3.5. Ελλάδα – σε δοκιμαστική φάση



Η καλλιέργεια ατρακτυλίδας στην Ελλάδα αποτελεί μία από τις νεότερες καλλιέργειες. Στο παρελθόν, την δεκαετία του 1960 καλλιεργήθηκε σε εκτάσεις των 20.000 στρεμμάτων και κυρίως σε περιοχές της Αττικής και της Βοιωτίας. Οι αποδόσεις χαρακτηρίστηκαν ως υψηλές (170 kg/στρέμμα), αλλά οπωσδήποτε χαμηλότερες από τις αποδόσεις του φυτού στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής (225 kg/στρέμμα). Η καλλιέργεια της ατρακτυλίδας όμως στη συνέχεια σχεδόν αφανίστηκε, γιατί οι τιμές δεν ήταν ικανοποιητικές. Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα υπάρχουν εκτάσεις που χαρακτηρίζονται ως κατάλληλες για την καλλιέργεια της ατρακτυλίδας, ακόμη και χωρίς την απαίτηση για άρδευση (Αμπατζόγλου, 1979).

Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα υπάρχουν 10 εταιρείες που παράγουν βιοντίτζελ (π.χ. ΕΛΙΝ, Βιοκαύσιμα, Agroinvest), κυρίως, όμως, από εισαγόμενο έλαιο (κυρίως κραμβέλαιο), ενώ ετοιμάζονται νέες επενδύσεις.

Παρόλα αυτά, μέσα στο 2012 εκτιμάται ότι θα προωθηθούν σταδιακά οι απαιτούμενες νομοθετικές και άλλες διαδικασίες, που θα ευνοήσουν την παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα και όχι του βιοντίτζελ¹. Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να πραγματοποιήσει κατά 10% υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020. Γενικά, οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα είναι περίπου 730.000 στρέμματα (μέτρηση 2010). Οι ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούνται κυρίως από ηλιάνθο, ενώ μετά ακολουθεί η ελαιοκράμβη, ενώ λίγες γεωργικές εκτάσεις καλλιεργούνται με σόγια και ελάχιστες με ατρακτυλίδα².

¹ Ανάκτηση από http://www.express.gr/afieroma/trofima-pota/543839oz_20111209543839.php3 στις 3-8-12

² Ανάκτηση από http://www.express.gr/afieroma/trofima-pota/543839oz_20111209543839.php3 στις 3-8-12

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η χρήση του ελαίου της ατρακτυλίδας για εδώδιμους αλλά και για βιομηχανικούς σκοπούς αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Η έρευνα που έχει γίνει μέχρι σήμερα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Από διατροφικής άποψης, το έλαιο της ατρακτυλίδας είναι πλούσιο σε λιπελαϊκό και ελαϊκό οξύ και μπορεί να αναμιχθεί με άλλα εδώδιμα έλαια προκειμένου να βελτιώσει τη διαιτητική τους αξία για τον άνθρωπο. Η βιομηχανική χρήση του ελαίου της ατρακτυλίδας μπορεί να επεκταθεί, λόγω των περιβαλλοντικών ανησυχιών και προβλημάτων που προκύπτουν από την αποκλειστική χρήση του πετρελαίου. Έτσι, το έλαιο της ατρακτυλίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάλλιστα ως καύσιμο μέσω μετατροπής του σε βιοντίζελ με την κατάλληλη διαδικασία. Η εφαρμογή αυτή θα έχει σαν αποτέλεσμα στο μέλλον την μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και την πιθανότητα ανεξάρτησης της ανθρωπότητας από το πετρέλαιο. Βέβαια, απαιτείται περισσότερη έρευνα, προκειμένου να βελτιωθεί γενετικά η ατρακτυλίδα και η καλλιέργειά της να γίνει πιο συμφέρουσα από οικονομικής άποψης και έτσι να επεκταθεί η καλλιέργεια του φυτού αυτού ανά τον κόσμο. Εναλλακτικές χρήσεις του φυτού δεν θα πρέπει να παραμεληθούν. Όπως, για παράδειγμα, η χρήση των παραγόμενων χρωστικών από την βιομηχανία τροφίμων με σκοπό την αντικατάσταση των σημερινών χρησιμοποιούμενων χρωστικών στα τρόφιμα. Επιπλέον τα άνθη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θεραπευτικούς σκοπούς σε πολλές ασθένειες του ανθρώπου, όπως ο καρκίνος, καρδιαγγειακά προβλήματα κ.τ.λ., από την φαρμακοβιομηχανία. Έτσι, απαιτείται περισσότερη έρευνα στο μέλλον και από τις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων, προκειμένου να αυξηθεί η χρήση της ατρακτυλίδας.

Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της ατρακτυλίδας είναι μηδαμινή και βρίσκεται σε δοκιμαστική φάση. Η παραγωγή βιοκαυσίμου στην Ελλάδα αναμένεται πολύ σύντομα να αυξηθεί. Η ατρακτυλίδα αποτελεί μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση και η καλλιέργειά της θα μπορούσε να συνδυαστεί τόσο με την παραγωγή βιοκαυσίμου για την προστασία του περιβάλλοντος όσο και με την παραγωγή των διάφορων άλλων προαναφερθέντων πολύτιμων προϊόντων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Δαναλάτο, αφενός μεν για την ανάθεση του θέματος, αφετέρου δε για τις συμβουλές και την καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ πολύ την κα. Σκουφογιάννη Έλπη, Γεωπόνο, για τη βοήθειά της και την υπομονή της σε όλα τα επιμέρους στάδια συγγραφής και διόρθωσης της εργασίας. Ανεκτίμητη υπήρξε επίσης η ηθική αλλά και οικονομική υποστήριξη της οικογένειάς μου και γενικά θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους βοήθησαν στη διεκπεραίωση αυτού του πολύ ενδιαφέροντος εγχειρήματος.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Alexopoulou E, Christou M, Cosentino SL, Danalatos NG, Archontoulis SV, Veccheit M, Picco D, Venturi G, Virgillo N, Fernando AL, Tenorio JL, Gonzalez J, Gosse G, Lips S, van Berg D, Heaton R, 2005. Biokenaf, a European Network for Biomass Production Chain of Kenaf. 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 14th European Biomass Conference, 17–21 October, Paris, France, pp. 290–293.
2. Bates Chris and Roeland M. Kapsenberg, *Safflower in the Pacific North West A report on 2007 trials* Corvallis, Feb., 2008.
3. Bauen, A., & Kaltschmitt, M., Current use and potential of solid biomass in developing countries and their implications for CO₂ emissions. *Proceedings of the World Biomass Conference*. London: James & James, 2001.
4. Becker, Arnol., Adenäuer, Marcell Maria Blanco Fonseca Witzke, Heinz Peter. Technical Paper 2010:1. *Development of a biofuel database for the CAPRI modeling system*.
5. Bergman, J. W. and Flynn, C.R 2001. *High oleic safflower as a diesel fuel extender. A potential new market for Montana safflower*. In: J. W. Bergman, and H. H. Mündel (eds), Proc. 5th Int. Safflower Conf., Williston, ND and Sidney, MO, USA, July 23-27, 2001 pp 289-293.

6. Berndes, G., *Biomass in the energy system resource requirements and competition for land*.
7. Chiaramonti David a., Herbert-Peter Grimm, Nasir El Bassam, Manuel Cendagorta *Energy crops and bioenergy for rescuing deserting coastal area by desalination: feasibility study Bioresource Technology* 72 (2000), Gothenburg.
8. Cross M., «Grow your own energy». *A new Scientist guide*, Basil Blackwell and new Scientist, 1984.
9. Cumali İlkılıç Selman Aydın, Rasim Behcet Hüseyin Aydın. Biodiesel from safflower oil and its application in a diesel engine. 2011.
10. Dajue, L., and Mundel, H.H. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant GeneticResources Institute, Rome, Italy, 83 pp.
11. Danalatos NG, Archontoulis SV, 2004. Potential growth and biomass productivity of kenaf under central Greek conditions: II. the influence of variety, sowing time and plant density. In: Van Swaalj, W.P.M., Fjalistrom, T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.), *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference, 10–14 May, Roma, Italy*, pp 319–322.
12. Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Irrigation and N-fertilization effects on growth and productivity of three sunflower hybrids in an aquic soil in central Greece. In: M.J Pascual-Villalobos, F.S. Nakayama, C.A. Bailey, E. Correal and W.W. Schloman, Jr. *Proceeding of 2005 Annual Meeting of the Association for Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development 17–21 September 2005, Murcia, Spain*, pp 129–138.

13. Danalatos NG, Gintsioudis II, Skoufogianni E, Giannoulis K, Chatzidimopoulos M, Gourmezakis G, Alexopoulou E, Archontoulis SV, 2006. Three Years Kenaf Cultivation In Central Greece: Assessment And Future Perspectives. International Conference, on Information Systems, Sustainable Agriculture, Agro-environment and Food technology, Volos, Greece, September 20–23, pp. 382–386.
14. Danalatos NG, Archontoulis SV, Mitsios I, 2007a. Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *J. Biomass & Bioenergy* (2007) 31: 145–152.
15. Danalatos NG, Archontoulis SV, Giannoulis K, Rozakis S, 2007b. *Miscanthus* and *Cardoon* as alternative energy crop for solid fuel production in Greece. 15th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 7–11 May, Berlin, German.
16. Demirbas, A., *Energy Conversion and Management*, 2001.
17. Ekin Zehra. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Utilization: A Global View. *Journal of Agronomy* 4 (2): 83-87, 2005.
18. Geronikolou L., Danalatos N. G., Kalavriotou P., Archondoulis S., Papadakis G., 2004. An experimental study of sunflower oil production in Greece to be used as an alternative fuel. Proceedings 2nd World Biomass Conference- Rome, 10-14 May 2004.
19. Gilbert John. *International safflower production- an overview*. 7th *International Safflower Conference*. 2008.
20. Gill Tucka, Margaret J. Glendininga, Pete Smithb, Jo I. Housec, Martin Wattenbachb., The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. *Biomass and Bioenergy* 30 (2006) 183–197.

21. Gyulai, J. 1996. *Market outlook for safflower*. P. 15 in *Proceedings of North American Safflower Conference*, Great Falls, Montana, January 17-18 (H.-H. Mündel, J. Braun and C. Daniels, eds.). Lethbridge, AB, Canada.
22. Hansen Alan. *Combustion and emissions characteristics of biodiesel fuel*. Caber seminar, May 5, 2008.of
23. Hegde, D.M., V. Singh, and N. Nimbkar. 2002. Safflower. In *Genetic Improvement of Field Crops*. Singh, C.B. and D. Khare, Eds. Scientific Publishers, Jodhpur, India, pp. 199–221.
24. Kaffka, S.R., Kearney, T.E., Knowles, P.D., and Miller, M.D. 2000. *Safflower Production in California*.
25. Keimer L., *Die Gartendflanzen im Alten Agypten*, Hamburg, Germany, 1924.
26. Knothe Gerhard, Robert O. Dunn and Marvin O. Bagby Biodiesel: *The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels*. 1996.
27. Knowles, P.F. 1969. *Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm: Safflower*. *Econ. Botany*. 23: 324-329.
28. Li, D. and H. Yuanzhou. 1993. The development and exploitation of safflower tea. In *Proceedings of the 3rd International Safflower Conference*, Beijing, June 14–18, 1993. Li, D. and H. Yuanzhou, Eds., pp. 837–843.
29. Liu Bing *Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Corpus Christi, TX, February 5-8, 2011*.

30. Mundel, H.H. and H.C. Huang. 2003. Control of major diseases of safflower by breeding for resistance and using cultural practices. In *Advances in Plant Disease Management*. Huang, H.C. and S.N. Acharya, Eds. Research Signpost, Trivandrum, Kerala, India, pp. 293–310.

31. Nagaraj, G. 1993. *Seed composition and fatty acid profile of some Indian safflower cultivars*. In Proceedings Third International Safflower Conference, Beijing, China, 9-13 June (Li Dajue and Han Yunzhou, eds.). Beijing Botanical Garden, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, pp. 246-249.

32. Nimbkar, N. 2002. Safflower rediscovered. *Times Agric. J.* 2: 32–36.

33. Nitske, W.R., Wilson, C.M. Rudolf Diesel: *Pioneer of the Age of Power*; University of Oklahoma Press, 1965, p.139.

34. Oelke E.A., E.S. Oplinger, T.M. Teynor, D.H. Putnam, J.D. Doll, K.A. Kelling, B. R. Durgan, and D.M. Noetzel. Safflower. *Alternative crops manual*, 1992.

35. Pahl Greg. 2005. Biodiesel: *Growing A New Energy Economy*, Green Pub Co., Chelsea.

36. Ping Sun, Jiang QingYang, Yuan YinNan. Effect of biodiesel on the environment and energy. *Journal: Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 2003 Vol. 19 No. 1 pp. 187-191

37. Raj, A.G. and Kothandaraman, P. 1981. Utilization of undecorticated safflower seed meal in layer rations. *Indian J. Poultry Sci.* 16: 364-370.

38. Rashid Umer and Anwar Farooq. Production of Biodiesel through Base-Catalyzed Transesterification of Safflower Oil Using an Optimized Protocol *Energy & Fuels* 2008, 22, 1306–1312

39. Sagirolgu Ayten, Sebnem Selen, Isbilir, Hakki Mevlut Ozcan Hatice Paluzar, Neslihanm Toprakkiran, Comparison of Biodiesel Productivities of different vegetable oils by acidic catalysis. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 17 (1) 53–58 (2011).
40. Sawant, A.R., M.K. Saxena, S.L. Deshpande, and G.S. Bharaj. 2000. Cultivation of spineless safflower is profitable. In *Extended Summaries. National Seminar on "Oilseeds and Oils Research and Development Needs in the Millennium,"* Hyderabad, India, February 2–4, 2000. ISOR, Directorate of Oilseeds Research, pp. 39–40.
41. Shay, E.G. *Biomass Bioenergy* 1993, 4, 227-242. *White paper for a community strategy and action plan for the renewable sources of energy-European-commission report.*
42. Singh, R.P. and A.B. Abidi. 2005. Protein enriched biscuits from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cake. *Beverage Food World* 32: 46.
43. Singh, V. 2005. Annual Report of Ad Hoc Project on "To Study the Usefulness of Petal from Indian Cultivars of Safflower for Developing Value Added Products of Edible Nature." *Paper presented at Group Monitoring Workshop on DST*, New Delhi, February 3–5, pp. 7–11.
44. Singh Vrijendra and Nimbkar N.:Chapter6, Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), 2006
45. Smith, J.R. 1996. *Safflower*. AOCS Press, Champaign, IL, p. 624.
46. Tickell, Joshua. *From the Fryer to the Fuel Tank: The Complete Guide to Using Vegetable Oil as an Alternative Fuel*. Joshua Tickell Media Productions, New Orleans LA, 2003.

47. Weiss, E.A. 1971. *Castor, Sesame and Safflower*. Barnes and Noble, Inc., New York. Pp. 529-744.
48. Zhaomu, W. and D. Lijie. 2001. Current situation and prospects of safflower products development in China. In *Proceedings of the 5th International Safflower Conference*, Williston, ND, and Sidney, MT, July 23–27, 2001. Bergman, J.W. and H.H. Mundel, Eds., pp. 315–319.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

49. Αμπατζόγλου, Κ. 1979. *Ατρακτυλίδα (Carthamus tinctorius)*. Το ερευνητικό έργο του Ινστιτούτου Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών. Σύνδος, σσ. 185-191.
50. Βουρδουμπάς Γ., «*Το ενεργειακό πρόβλημα της Κρήτης και οι Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας*», Χανιά, 1998.
51. Βουρδουμπάς, Γ., *Εισαγωγή στις Τεχνολογίες της Ενεργειακής Αξιοποίησης της Βιομάζας*. Χανιά, 2002.
52. Γαλανοπούλου - Σενδούκα Στ., *Βιομηχανικά Φυτά*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, 2002, σ.σ. 223- 230.
53. Διαμαντίδης Χρ. Γ., *Εισαγωγή στην βιοχημεία*. University studio press. Θεσσαλονίκη, 1994.
54. Κέντρο Προγραμματισμού και οικονομικών ερευνών. Ομάδα εργασίας επιστημόνων Πανεπιστημίου Πατρών «*Θέματα προγραμματισμού 38* -

- Δυνατότητες και προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα», Αθήνα 1988.
55. Κίττας, Κ., Γέμτος, Θ., Φουντάς, Σ., & Μπαρτζάνας, Θ., *Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας*. Λάρισα: ΤΕΕ-Κ_Θ, 2007.
56. Κλουράς Ν., 2000. *Βασική ανόργανη χημεία*, εκδοτικός οίκος Π.Τραυλός
57. Κομπελίτου, Μ., και Κοσκινά, Ε., *Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας από ξυλεία*, 2004.
58. Ν.2601/98, ΦΕΚ 81, 15-4-1998 περί «Ενισχύσεων ιδιωτικών επενδύσεων για την Οικονομική και περιφερειακή Ανάπτυξη της χώρας»
59. ΠΕΠ 94-99, Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, «Αξιοποίηση Η.Μ.Ε. για τη βελτίωση της ποιότητας των κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων».
60. Σάμουελ Πιέρ «*Το φαινόμενο του θερμοκηπίου*» Εναλλακτικές εκδόσεις, Αθήνα, 1992.
61. Σκορδίλη Α., «*Τα γεωργικά υπολείμματα ως καύσιμη ύλη. Η μονάδα παραγωγής ασβέστη στα Τρίκαλα*». Πρακτικά 4ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1992) σελ. ΒΙΟ 26-30α.
62. Στοιχεία για το επιχειρησιακό πρόγραμμα ενέργειας, Υπουργείο Ανάπτυξης 1997.

63. Φασούλας, Α.Κ., και Φωτιάδης, Ν.Α. 1984. *Ατρακτυλίδα (Carthamus tinctorius)*. *Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών*. Σελ.165-169.
64. Χαρόνης Π., «*Βιοαέρια και ενέργεια από βιομάζα*» εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1989.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

65. http://www.express.gr/afieroma/trofima-pota/543839oz_20111209543839.php3 , «Στα 730.000 στέμματα οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα», (09/12/11).
66. <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&ID=75054> , «Τα βιοκαύσιμα της ΕΕ στερούν τροφή από 127 εκατ. ανθρώπους, υποστηρίζει η ανθρωπιστική οργάνωση Oxfam», (19/9/2012).
67. <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=70558> , «Προτάσεις της Ε.Ε. για μια βιώσιμη βιοοικονομία στην Ευρώπη με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», (13/2/2012).
68. <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=67660> , «Από την εφαρμογή της νομοθεσίας θα εξαρτηθεί το μέλλον της καλλιέργειας αγριαγκινάρας», (27/9/2011).

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- <http://visual.merriam-webster.com/earth/geology/ocean-floor.php>
- <http://agropedia.iitk.ac.in/>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Safflower>
- <http://www.rechargenews.com>
- <http://www.forestencyclopedia.net/>
- <http://www.sciencedirect.com>
- Britannica Illustrated Science Library -Vol. 14 –“Energy and Movement”.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000114118