

**ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΦΥΤΕΙΕΣ  
ΒΙΟΜΑΖΑΣ/ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΞΥΛΩΔΩΝ  
ΕΙΔΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΠΕΡΙΤΡΟΠΟΥ ΧΡΟΝΟΥ  
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΜΑΣΤΕ – ΠΟΥ  
ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ**

**Φ.Α. ΑΡΑΒΑΝΟΠΟΥΛΟΣ**

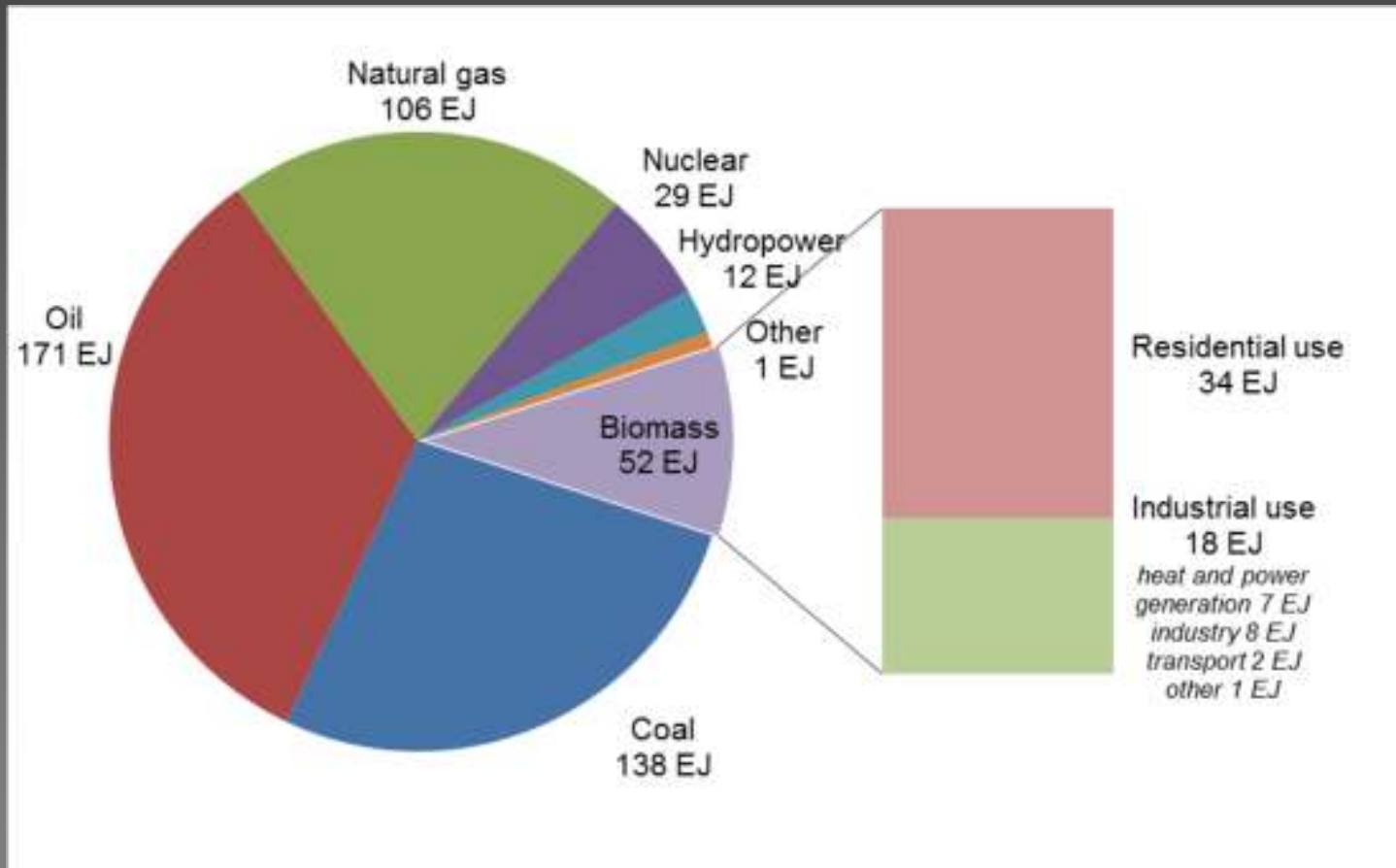
*Σχολη Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, E-mail:  
[aravanop@for.auth.gr](mailto:aravanop@for.auth.gr)*

**ΠΡΙΝ ΑΠΟ 30 ΧΡΟΝΙΑ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ  
ΕΡΕΥΝΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΧΕΙ ΜΕΤΑΒΛΗΘΕΙ**



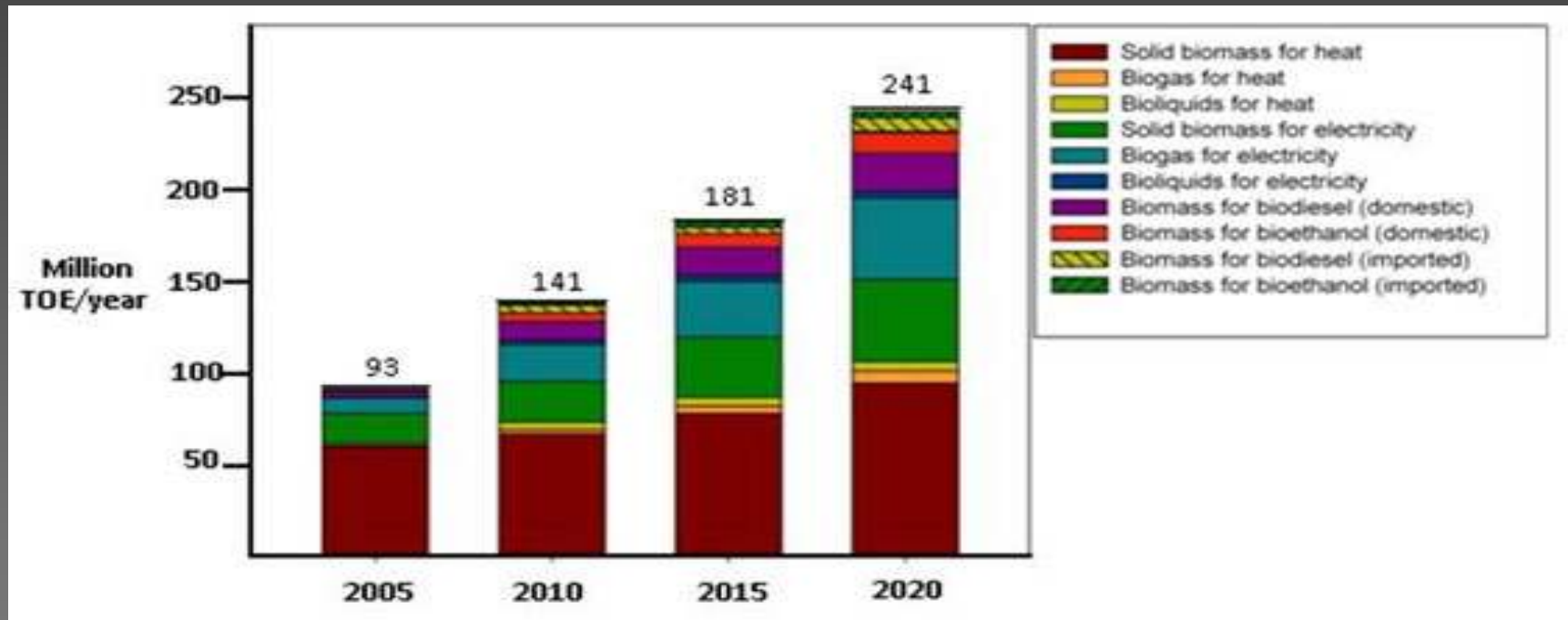
UNIVERSITY OF  
**TORONTO**

# Φυτείες βιομάζας: σημερινή κατάσταση



- Παγκόσμιες πηγές ενέργειας

# Φυτείες βιομάζας: σημερινή κατάσταση



- Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η βιομάζα συνεισφέρει κατά 8.4% στις συνολικές ενεργειακές ανάγκες και κατά 68% των συνολικών ΑΠΕ (2014, αύξηση ~30% από το 2008).
- Ελλάδα: 0.2% και 4% αντίστοιχα (2010).

# Φυτείες βιομάζας ταχυαυξών δασικών ειδών: σημερινή κατάσταση

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση συστήνει στα κράτη-μέλη:
- Απαγόρευση χρήσης βιομάζας φυσικών δασών, ιδιαίτερα περιοχών υψηλής βιοποικιλότητας και αποθήκευσης άνθρακα.
- Διασφάλιση μειωμένων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά τον κύκλο ζωής SRIC τουλάχιστον 35% σε σχέση με ορυκτά καύσιμα (50% το 2017, 60% το 2018).
- Βιοπαρακολούθηση βιομάζας για διασφάλιση ολικής αειφορικότητας.
- <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass>

# Αποτελέσματα δοκιμής κλώνων ταχυαξών δασικών ειδών για παραγωγή βιομάζας στην Ελλάδα

- 30 πειραματικές επιφάνειες, διαχρονικά στοιχεία, συνολικά 1967-2015.
- 5 γένη: *Populus*, *Platanus*, *Robinia*, *Salix*, *Eucalyptus*.
- Μετα-ανάλυση δημοσιευμένων αποτελεσμάτων (& grey literature).
- Αναγωγή σε  $t\ ha^{-1}\ y^{-1}$  (bone dry tonne) &  $m^3\ ha^{-1}\ y^{-1}$

# Είδη λεύκης / παραγωγή βιομάζας

- Αυτόχθονα: *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *P. alba x tremula* (*P. x canescens*).
- Ξενικά: *Populus deltoides*, *P. trichocarpa*, *P. x euramericana*.
- Το 1999 είχαμε: Φυτείες (Ha): 17600 εκ των οποίων καλλιεργούμενες 16100 (91%) με ετήσιο λήμμα 400000 m<sup>3</sup> , σε σύνολο λήμματος ~1500000 m<sup>3</sup>



# Είδη λεύκης / παραγωγή βιομάζας – Πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης

- Άρχισε τη δεκαετία του 1960.
- 20 κλώνοι έχουν δωθεί στην πράξη.
- 11 κλώνοι σε δασικά και άλλα παραγωγικά φυτώρια.
- Εύρος παραγωγικότητας: 30.3 m<sup>3</sup>/y.Ηα (πρώτος) to 16.1 m<sup>3</sup>/y.Ηα (τελευταίος).

Πηγές: Aravanopoulos & Panetsos 1995, Aravanopoulos 2008, 2010

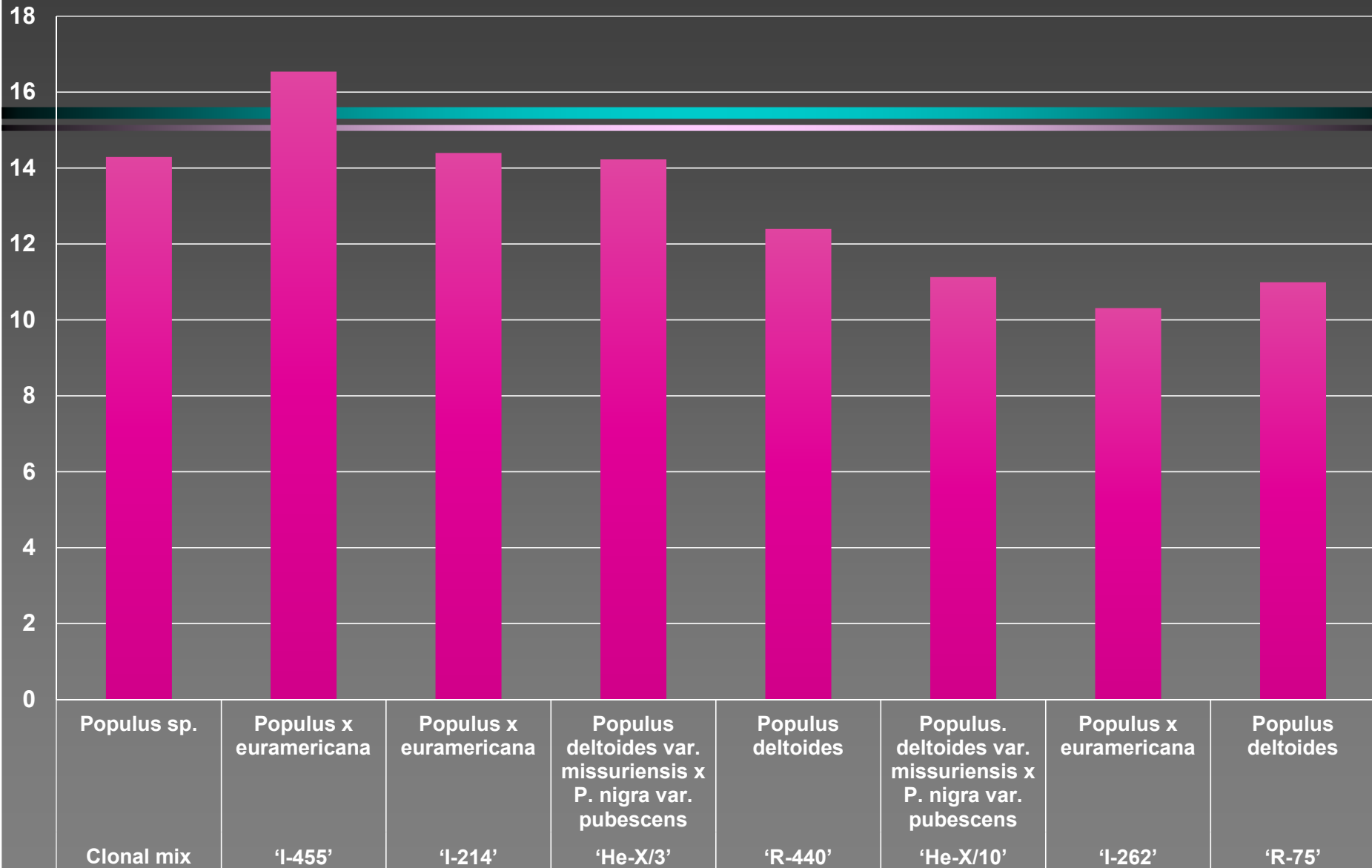


# Αποτελέσματα Προγράμματος Γενετικής Βελτίωσης Λεύκης

- Ανάπτυξη κλώνων – ιδεοτύπων σε ευρείς φυτευτικούς συνδέσμους (4 x 4 έως 6 x 6 m) & περίτροπους χρόνους (12-15 έτη) για παραγωγή ξυλείας και χαρτοπολτού.
- Ανάπτυξη κλώνων – ιδεοτύπων σε στενούς φυτευτικούς συνδέσμους (0.40 x 0.40 έως 1 x 1 m) & μικρούς περίτροπους χρόνου (1-3 y) για παραγωγή βιομάζας – βιοενέργειας (SRIC).
- Αύξηση έως 40% της παραγωγής βιομάζας μετά την πρώτη υλοτομία.
- Αύξηση έως 30% παραγωγής βιομάζας σε μεικτές έναντι αμιγών φυτειών .
- Γενετική ταυτοποίηση και μοριακό αποτύπωμα (DNA fingerprinting) όλων των κύριων κλώνων.

# Populus - Παραγωγή (t/ha.year)

■ Production...



*Populus* L.

Αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών κλώνων λεύκης (μετα-  
 ανάλυση διαχρονικών αποτελεσμάτων, σε διαφορετικές  
 δοκιμές, περίτροπους χρόνους & φυτευτικούς συνδέσμους )

Κλώνος	Προέλευση	Παραγωγή (tn/y.Ha)
He-X/3	<i>P. deltoides</i> var. <i>missouriensis</i> x <i>P. nigra</i> cv. <i>italica</i>	14.8 (06.3)
He-X/10	<i>P. deltoides</i> var. <i>missouriensis</i> x <i>P. nigra</i> cv. <i>italica</i>	12.8 (08.8)
I-262	<i>P. x euramericana</i>	17.7 (09.6)
I-214	<i>P. x euramericana</i>	17.4 (10.3)
	<i>Populus</i> sp. (clonal mix)	14.3 (07.3)

# Αποτελέσματα Προγράμματος Γενετικής Βελτίωσης Λεύκης

- Θετικές συσχετίσεις ετεροζυγωτίας – παραγωγής βιομάζας σε είδη που η παραγωγή βιομάζας αποτελεί εξεληκτικά σταθερή στρατηγική, χρήση ετεροζυγωτίας ως κριτηρίου επιλογής.

(Aravanopoulos & Zsuffa 1998. *Heredity* 81:396-403, Aravanopoulos 2000. *TAG* 100: 1203-8).

- Οι σχέσεις αλλομετρίας και παραγωγής βιομάζας είναι εξειδικευμένες στο επίπεδο της ομοθαλούς ή ετεροθαλούς οικογένειας.

(Aravanopoulos & Zsuffa 1993. *For. Chron.* 69: 717-720).

- Η γενετική ποικιλότητα των ταχυσυζών κλώνων της φυτείας σχετίζεται με τη μελλοντική σταθερότητα της πολυκλωνικής φυτείας.

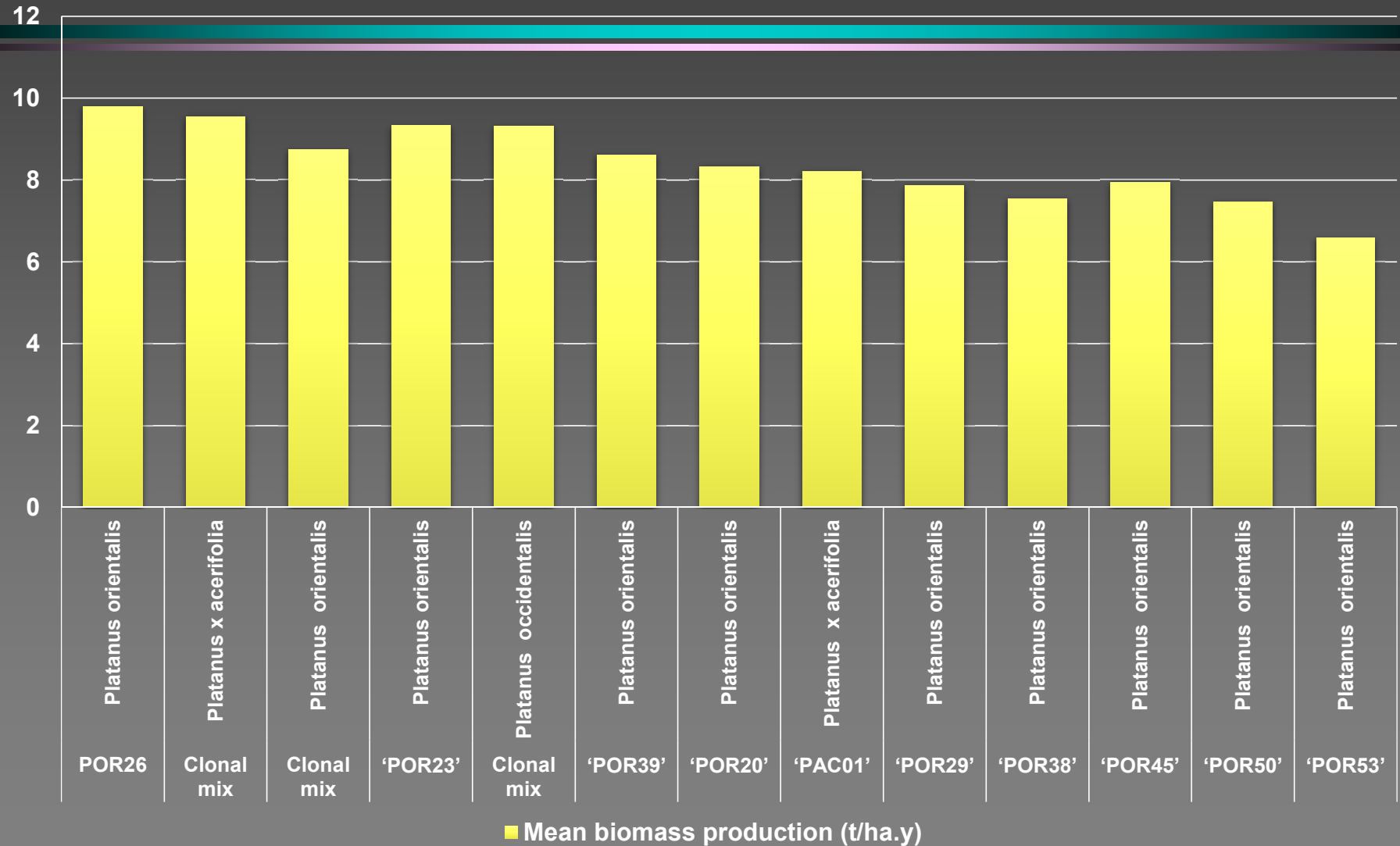
(Aravanopoulos et al. 1999. *Biomass Bioen.* 16: 249-255).

# Είδη πλατάνου / παραγωγή βιομάζας

- Αυτοφυή
  - *Platanus orientalis*
- Ξενικά
  - *Platanus occidentalis*
- Ενδιαφέροντα για παραγωγή βιομάζας
  - Δυειδικά υβρίδια *Platanus x acerifolia*, πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης από τη δεκαετία 1970, βελτιωμένοι κλώνοι διαθέσιμοι
- Καλύτερα της λεύκης σε:
  - Φτωχά εδάφη
  - Περιοχές με χαμηλό υδροφόρο ορίζοντα



# Platanus Mean Biomass Production (t/ha.y)



Αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών κλώνων πλατάνου (μετα-  
ανάλυση διαχρονικών αποτελεσμάτων, σε διαφορετικές  
δοκιμές, περίτροπους χρόνους & φυτευτικούς συνδέσμους )

Προέλευση	Παραγωγή (tn/y.Ha)
<i>Platanus x acerifolia</i> (clonal mix)	9.6 (2.3)
<i>Platanus occidentalis</i> (clonal mix)	9.3 (3.2)
<i>Platanus orientalis</i> (clonal mix)	8.7 (3.1)

# Αποτελέσματα δοκιμής κλώνων για παραγωγή βιομάζας

- *Robinia pseudoacacia*
- *Salix sp.*
- *Eucalyptus sp.*



# Ψευδακακία / παραγωγή βιομάζας στην Ελλάδα

- Ξενικό είδος εισήχθη ~ πριν 200 έτη.
- Αρχική χρήση ως καλλωπιστικό & στη σταθεροποίηση εδαφών, πρανών, λεκανών απορροής.
- Πλεονεκτήματα: παραγωγή βιομάζας, αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών, εδαφοβελτιωτικό.
- Μειονεκτήματα: ισχυρά χωροκατακτητικό.
- Φυτευθείσες εκτάσεις (Ha): >11000 (2010).
- Καλλιεργούμενες εκτάσεις (Ha): 9000 (2010).



# Είδη ιτιάς / παραγωγή βιομάζας

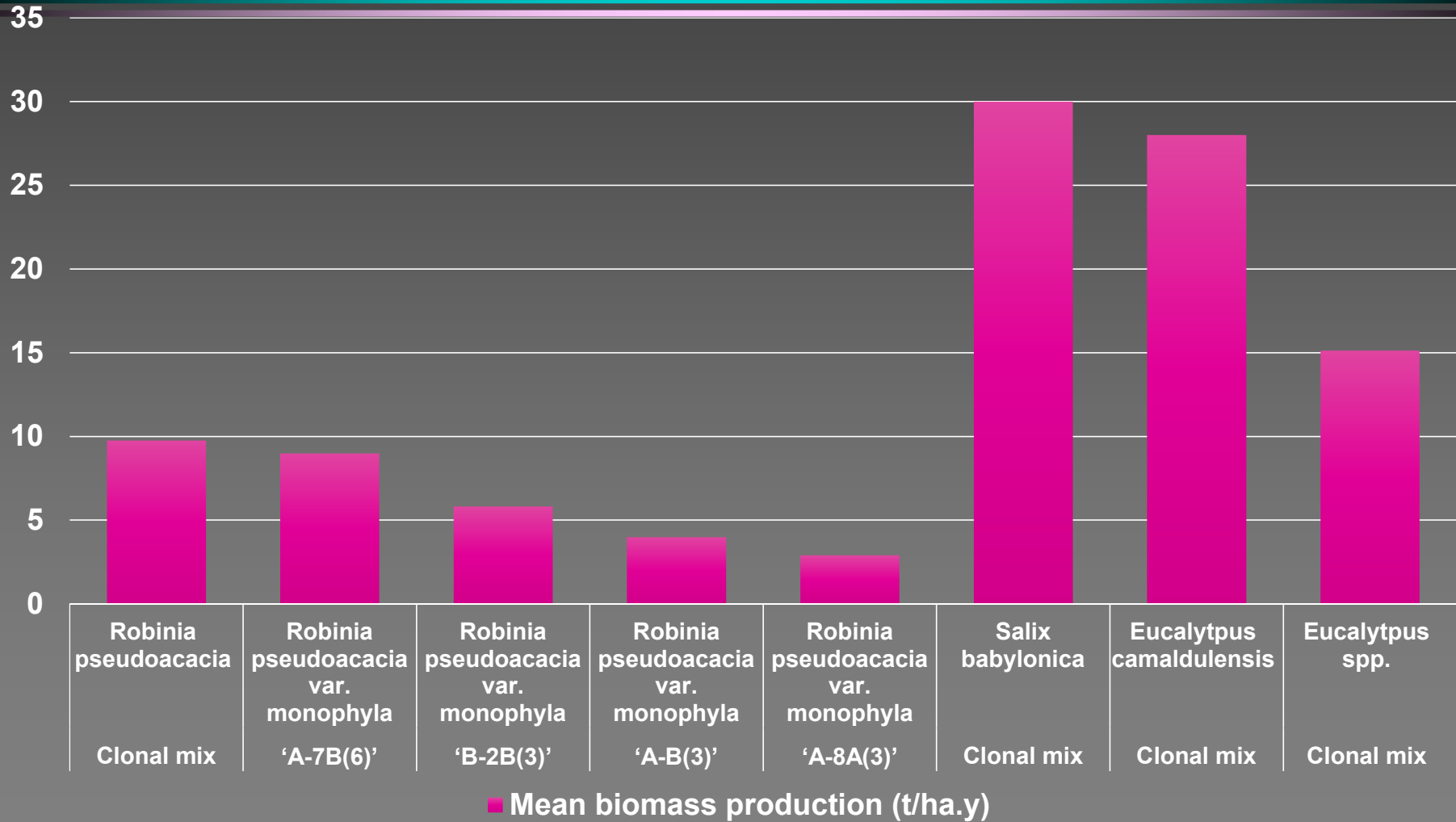
- **Αυτοφυή (11)**
  - *Salix alba*, *S. amygdalina*, *S. caprea*, *S. cinerea*, *S. incana*, *S. fragilis*, *S. pentandra*, *S. purpurea*, *S. aurita*, *S. xanthycola*, *S. viminalis*.
- **Ξενικά (1)**
  - *Salix babylonica*
- **Ενδιαφέροντα για παραγωγή βιομάζας (4)**
  - *S. viminalis*, *S. purpurea*.
  - *S. cinerea*, *S. caprea* (as parents in highly productive hybrids).
- **Πλέον ανθεκτικά της λεύκης σε ποικίλες κλιματικές και εδαφολογικές συνθήκες, ευνοϊκές βιολογικές ιδιότητες, άθικτο φυσικό και γενετικό απόθεμα.**

# Είδη Ευκαλύπτου / παραγωγή βιομάζας

- Είδη με ενδιαφέρον για παραγωγή βιομάζας στην Ελλάδα:
  - *E. camaldulensis*, *E. globulus*, *E. bicostata*, *E. viminalis*, *E. darlempleana*, κ.α.
- Καλύτερο λεύκης, ιτιάς, ψευδακακίας σε:
  - Άγονα εδάφη.
  - Μη αρδευόμενα εδάφη.
- Μειονεκτήματα:
  - Χαμηλή παραγωγή σε πτωχά εδάφη.
  - Χωροκατακτητικό, ιδίως μετά από πυρκαγιά.



# *Robinia, Salix, Eucalyptus* Mean Biomass Production (t/ha.y)



# Αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών κλώνων ψευδακακίας

(Dini-Papanastasi 2008, Kyritsis et al. 1994)

Κλώνος	Προέλευση	Παραγωγή (tn/y.Ha)
A-7B(6)	<i>Robinia pseudoacacia</i> var. <i>monophyla</i>	8.98
B-2B(3)	<i>Robinia pseudoacacia</i> var. <i>monophyla</i>	5.82
A-B(3)	<i>Robinia pseudoacacia</i> var. <i>monophyla</i>	3.98
	<i>Robinia pseudoacacia</i> (clonal mix)	9.75

## ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ: Φυτείες βιομάζας για παραγωγή ξύλου, ενέργειας, άλλων προϊόντων

- Η ενεργειακές φυτείες βιομάζας ταχυαυξών δασοπονικών ειδών (SRIC) για να είναι βιολογικά και οικονομικά αειφόρες πρέπει να χαρακτηρίζονται από:
- τον κατάλληλο σχεδιασμό εγκατάστασης,
- τον βέλτιστο αριθμό κλώνων (γενετικά βελτιωμένου και πιστοποιημένου υλικού) με κατάλληλο ιδεότυπο (ideotype) ανά μονάδα επιφανείας,
- Την οικολογική, ενεργειακή και οικονομική αειφορία.

# ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ: Φυτείες βιομάζας ταχυαυξών δασικών ειδών

- Παραγωγή βιομάζας: Παραδοσιακή ή σύγχρονη;
- Καλλιεργητικός σχεδιασμός
  - μονοκλωνικές (αμιγείς) φυτείες
  - μικτές φυτείες
    - μίξη κλώνων σε επίπεδο μονοκλωνικών επιφανειών - (μωσαϊκά με αμιγή τεμάχια)
    - μίξη κλώνων σε επίπεδο σειρών
    - μίξη κλώνων σε επίπεδο ατομικών φυτών

# ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ: Σύγχρονοι στόχοι & επιδιώξεις

- Βιολογική σταθερότητα και γενετική ποικιλότητα φυτείας (χρήση πόρων, οικο-πιστοποίηση, βέλτιστες πρακτικές).
- Αντοχή/ανθεκτικότητα σε βιοτικούς (ασθένειες/έντομα) και αβιοτικούς παράγοντες (κλιματική αλλαγή, περιβαλλοντική μεταβολή).
- Σύγχρονη διαχείριση φυτείας (διαχείριση big data), οικολογικά αποδεκτή & περιβαλλοντικά φιλική.



# ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ: Σύγχρονοι στόχοι και επιδιώξεις σχετικά με τις φυτείες βιομάζας δασοπονικών ειδών

- Η ορθή επιλογή σχεδιασμού εγκατάστασης και αριθμού κλώνων.
- Η διασφάλιση της βιολογικής σταθερότητας της φυτείας βιομάζας, η οποία πρέπει να είναι οικολογικά αποδεκτή και περιβαλλοντικά φιλική.
- Η οικονομικότητα της φυτείας και η ανταγωνιστικότητα της σε σχέση με αγροτικά προϊόντα οριακών περιοχών.
- Το θετικό ενεργειακό ισοζύγιο της φυτείας βιομάζας.
- Το θετικό ισοζύγιο CO<sub>2</sub>

## ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΦΤΑΣΟΥΜΕ: Προς το μέλλον

- Μικτές φυτείες, τουλάχιστον 10 κλώνοι, επιλογή ιδεοτύπων κλώνων.
- Το θέμα δεν είναι μόνο πόση βιομάζα παράγεται αλλά και πως.
- Περιβαλλοντική προστασία και εξασφάλιση ενεργειακών και οικονομικών ωφελειών.
- Η επιτυχία των φυτειών βιομάζας μας αφορά όλους: ο σχεδιασμός των φυτειών, η επιλογή του αριθμού και του τύπου των κλώνων, πρέπει να αποτελεί αντικείμενο ευρύτερης συζήτησης και συναίνεσης.

# ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

BIOMASS AND BIOENERGY 34 (2010) 1531–1537



Available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



<http://www.elsevier.com/locate/biombioe>



Review

## Breeding of fast growing forest tree species for biomass production in Greece

F.A. Aravanopoulos\*

## Inheritance and Linkage of Isozyme LocI in the Basket Willow (*Salix viminalis* L.)

J. Thorsén, P. E. Jorde, F. A. Aravanopoulos, U. Gullberg, and L. Zsuffa

150 The Journal of Heredity 1997:88(2)



PERGAMON

Biomass and Bioenergy 14 (1998) 209–215

BIOMASS & BIOENERGY

## Genetic diversity of superior *Salix* clones selected for intensive forestry plantations

F. A. Aravanopoulos<sup>a, \*</sup>, K. H. Kim<sup>b, 1</sup>, L. Zsuffa<sup>b</sup>

Αρβανιτοπούλος Φ. Α. και Κ. Η. Κιμ 1998. Διαθεσίμη στη γροιστική στη βελτίωση της βλάστησης της βλάστησης και της υγείας. Προσέγιο 7<sup>ο</sup> Συνέδριο Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Αθηνών/στη Δασολογία Πάριος, Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, 10-12 Οκτωβρίου 1998, Χαλάνδρι, 173-184.

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΥΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΤΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΔΑΣΟΠΟΝΙΑ.

Αρβανιτοπούλος Φ. Α., Ακκίδου Π. Γ. και Α. Σαββατοπούλου 1999. Μικτός ή μεγάλος ή μικτός ή μεγάλος κλώνος για βιομάζα. Τύπος κλώνου και υγεία. Πρακτικά 1<sup>ο</sup> Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Επιστημονικής Ημερίδας «Βιομάζα στην Αγροτική Οικονομία». Διεθνές ΑΠΕ, 18 Φεβρουαρίου, 1999, Θεσσαλονίκη. Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη, 155-160.

Μικτός ή μεγάλος ή μικτός κλώνος για βιομάζα. Τύπος κλώνου και υγεία.

Theor Appl Genet (2000) 100:1205–1208

© Springer-Verlag 2000

F.A. Aravanopoulos

association between heterozygosity  
biomass production in *Salix exigua* Nutt

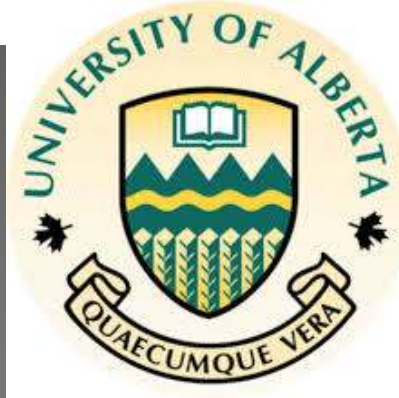
# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ



**NSERC**  
**CRSNG**



Swedish University of  
Agricultural Sciences



**ASO** LJUBLJANA  
SOFIA  
AUSTRIAN SCIENCE AND RESEARCH  
LIAISON OFFICE



Verket för näringslivet utveckling



Stockholm  
University



UNIVERSITY OF  
TORONTO

