

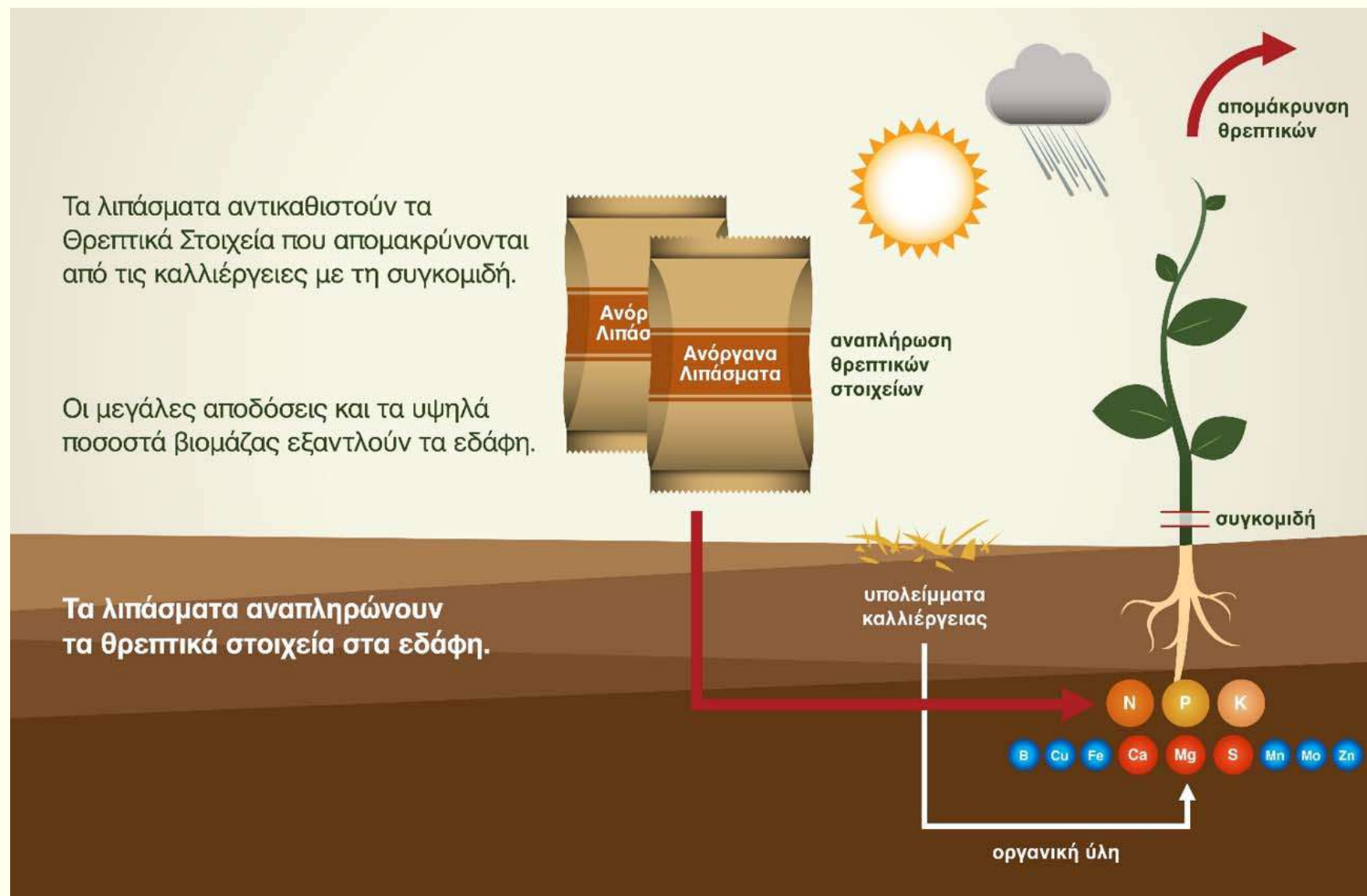
Λιπάνσεις και Θρέψη φυτών: Περιβαλλοντικές – Βιοτεχνολογικές προκλήσεις και Ολιστικές εφαρμογές

Κωνσταντίνος Οιχαλιώτης

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και
Εδαφολογίας, Ιερά Οδός 75 Αθήνα 118 55, ehaliotis@aua.gr

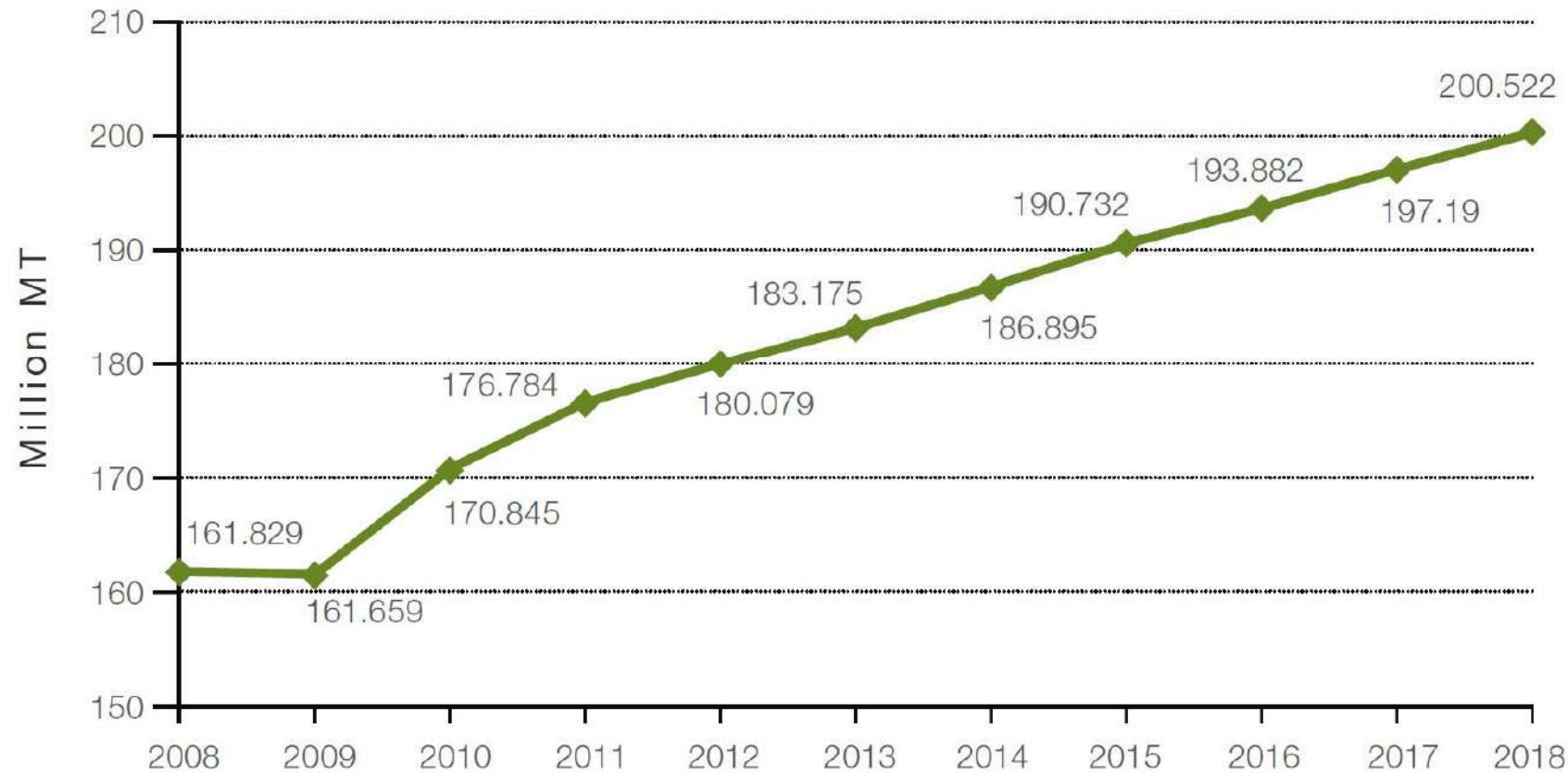


Γιατί χρησιμοποιούμε λιπάσματα ?

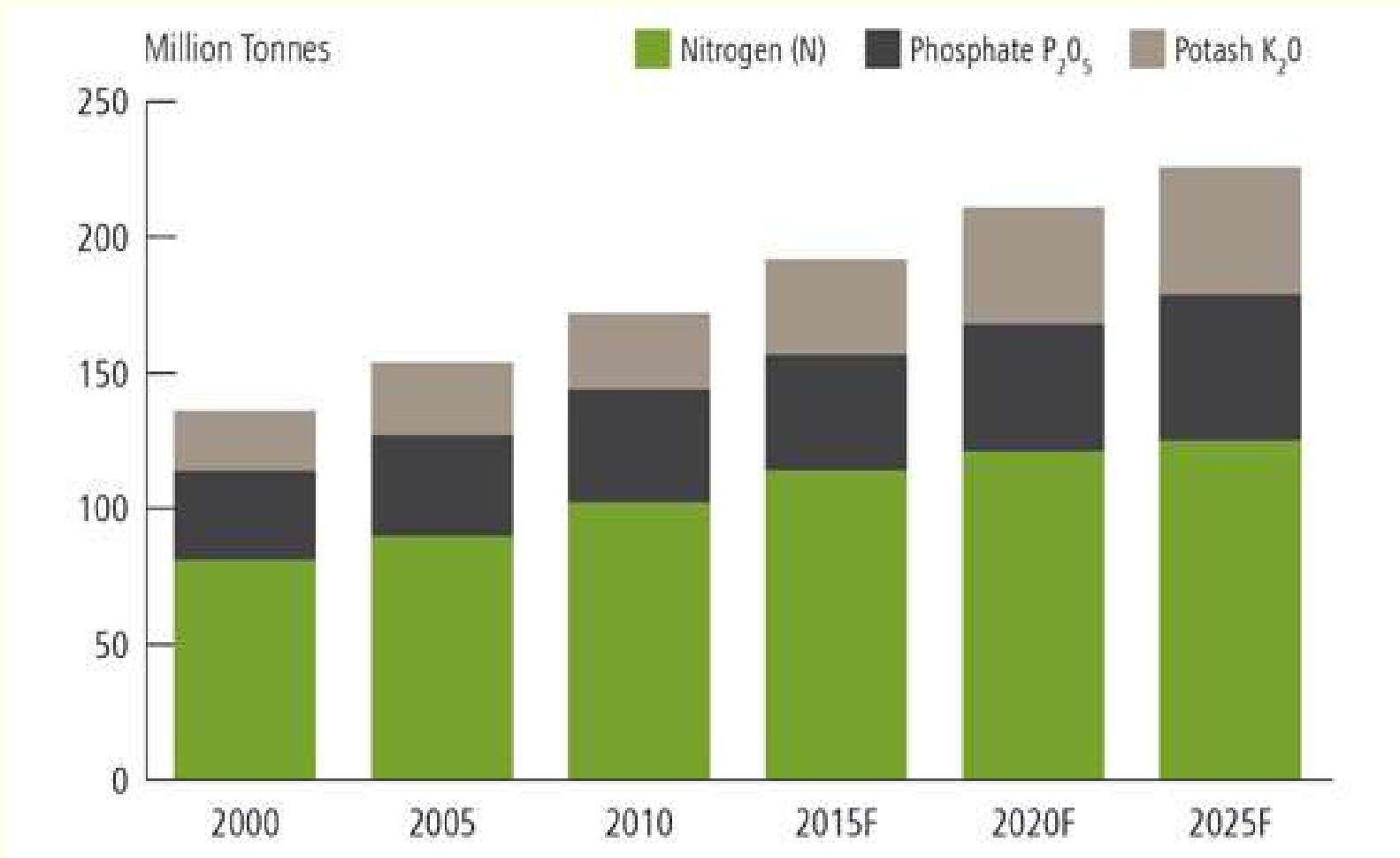


Παγκόσμια κατανάλωση Λιπασμάτων

Figure 2. Global nutrients (N+P₂O₅+K₂O) consumption



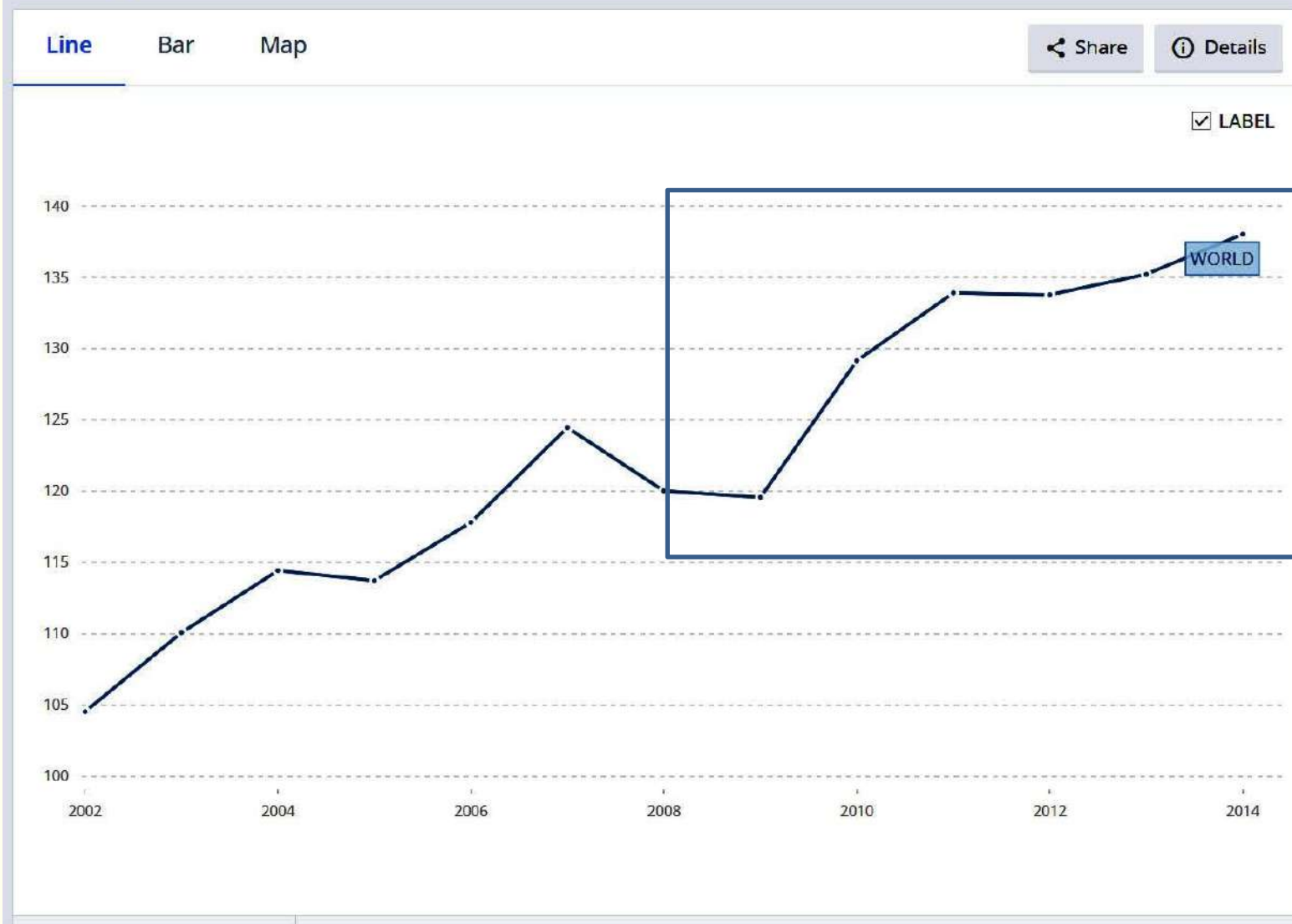
Παγκόσμια κατανάλωση: 2% ετήσια αύξηση



Fertilizer consumption (kilograms per hectare of arable land)

Food and Agriculture Organization, electronic files and web site.

License: [Open](#)



<https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS>

Cereal production (metric tons)

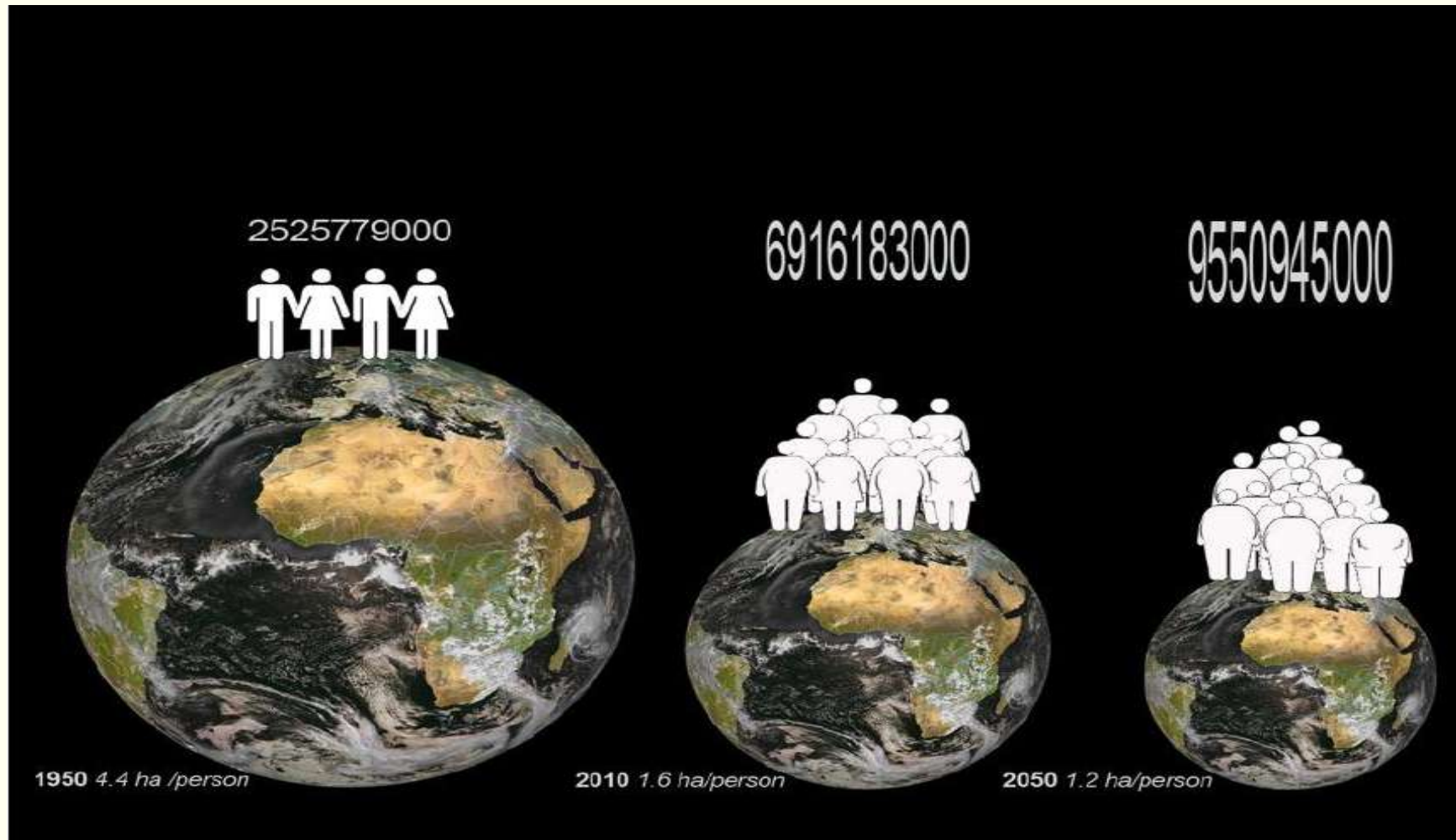
Food and Agriculture Organization, electronic files and web site.

License: [Open](#)



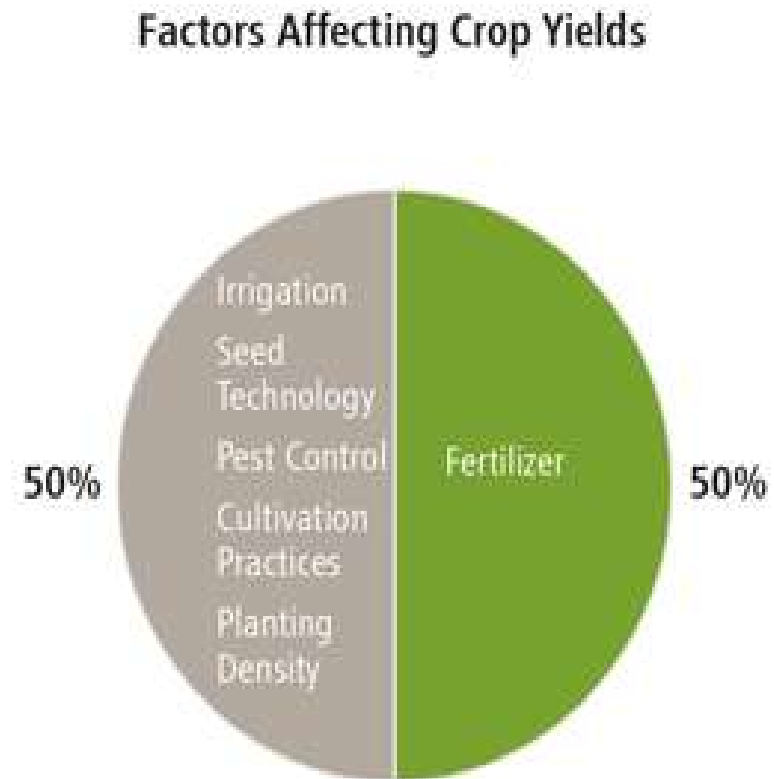
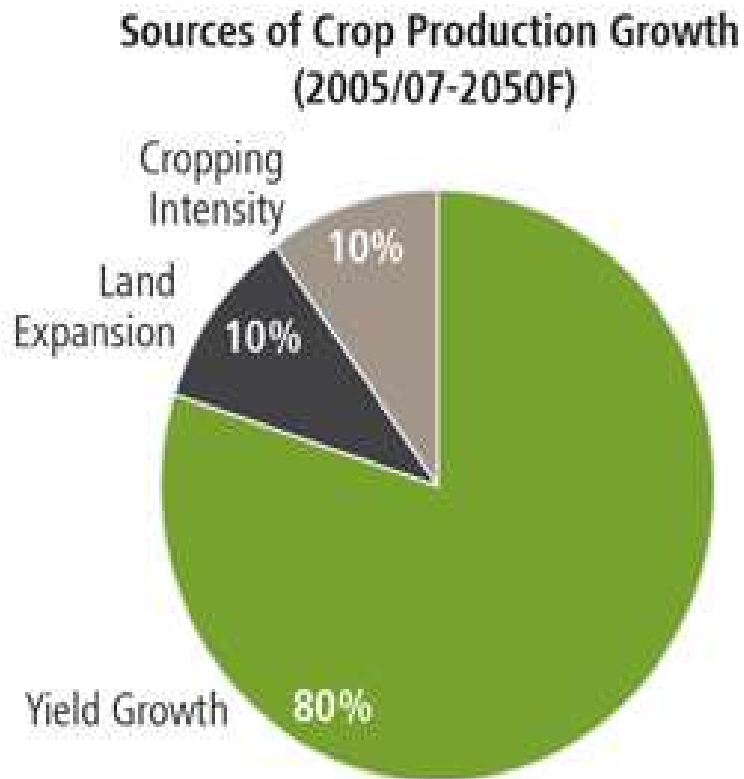
<https://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.CREL.MT>

Η καλλιεργήσιμη έκταση ανά άνθρωπο μειώνεται



Source: Population data from UN

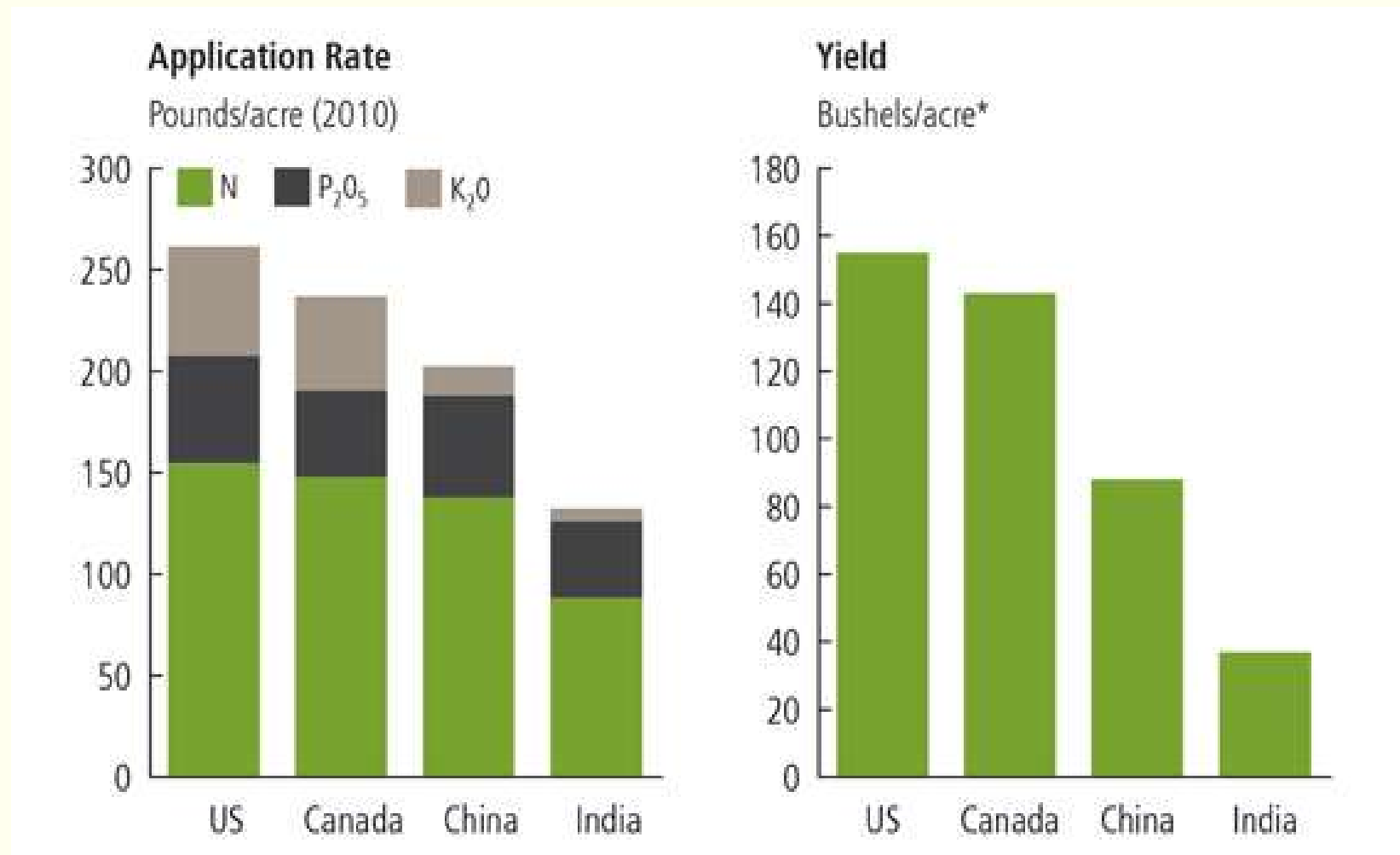
Τις ερχόμενες δεκαετίες το 80% της αύξησης της παραγωγής αναμένεται να προέλθει από αύξηση των στρεμματικών αποδόσεων
Και το 50% αυτής της αύξησης να προέλθει από βελτίωση των λιπάνσεων



Source: IPNI, Agronomy Journal, FAO

<http://www.potashcorp.com/overview/fertilizer-101/agriculture/impact-of-fertilizer-on-crop-production>

Λιπάνσεις και αποδόσεις Αραβοσίτου



Crop and Fertilizer Price Index

Fertilizer Remains Affordable Despite Lower Crop Prices

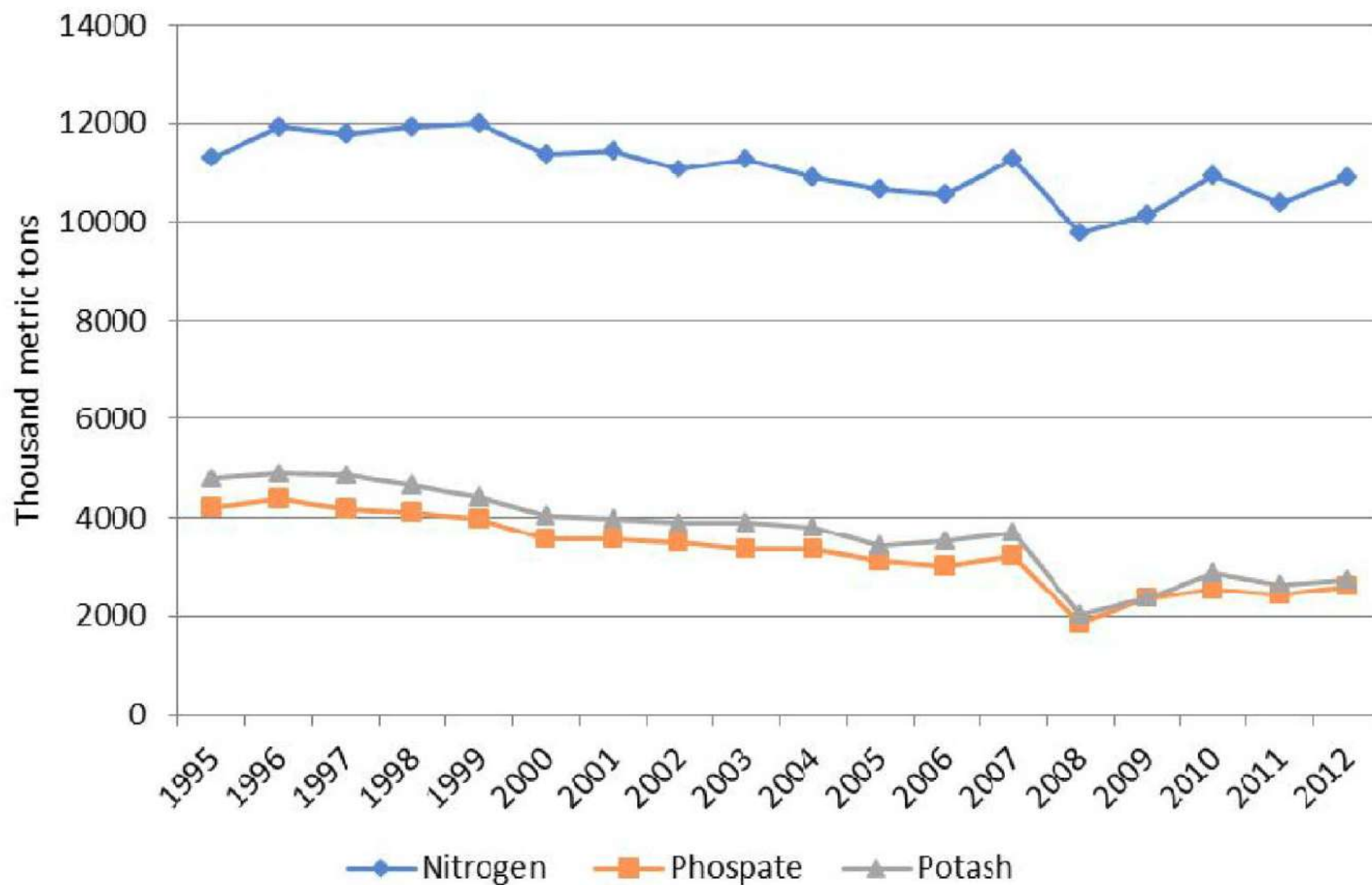


* Based on corn, soybean and wheat prices (weighted by global consumption).

** Based on urea, DAP and KCI prices (weighted by global consumption).

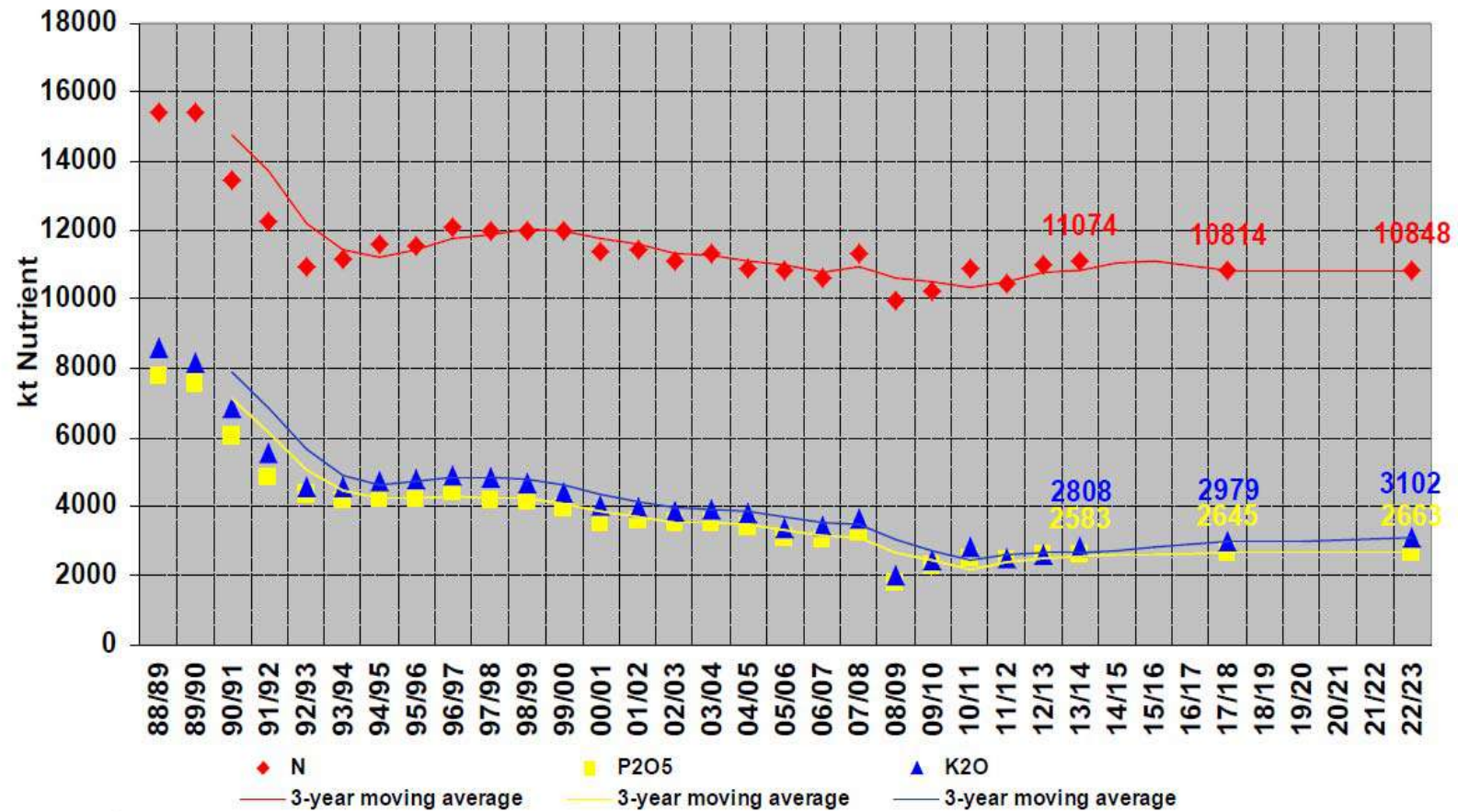
Κατανάλωση Λιπασμάτων στην ΕΕ

Figure 5.1: Consumption of fertilizers in EU-27



Overview of the Agricultural Inputs Sector in the EU, Study requested by the European Parliament's Committee on Agriculture and Rural Development EU, July 2015

4.10. EU-28 Fertilizers Consumption for Agricultural Use per Nutrient in 1988-2023 (kt Nutrient)



Source: Fertilizers Europe

Η κατανάλωση λιπασμάτων μειώνεται στην ΕΕ των 27

Η μείωση της κατανάλωσης είναι περισσότερο έντονη για τα Κ και Ρ.

Οι Μεσογειακές περιοχές δείχνουν χαμηλότερη κατανάλωση Ν και την υψηλότερη κατανάλωση Ρ σε σύγκριση με άλλες χώρες.

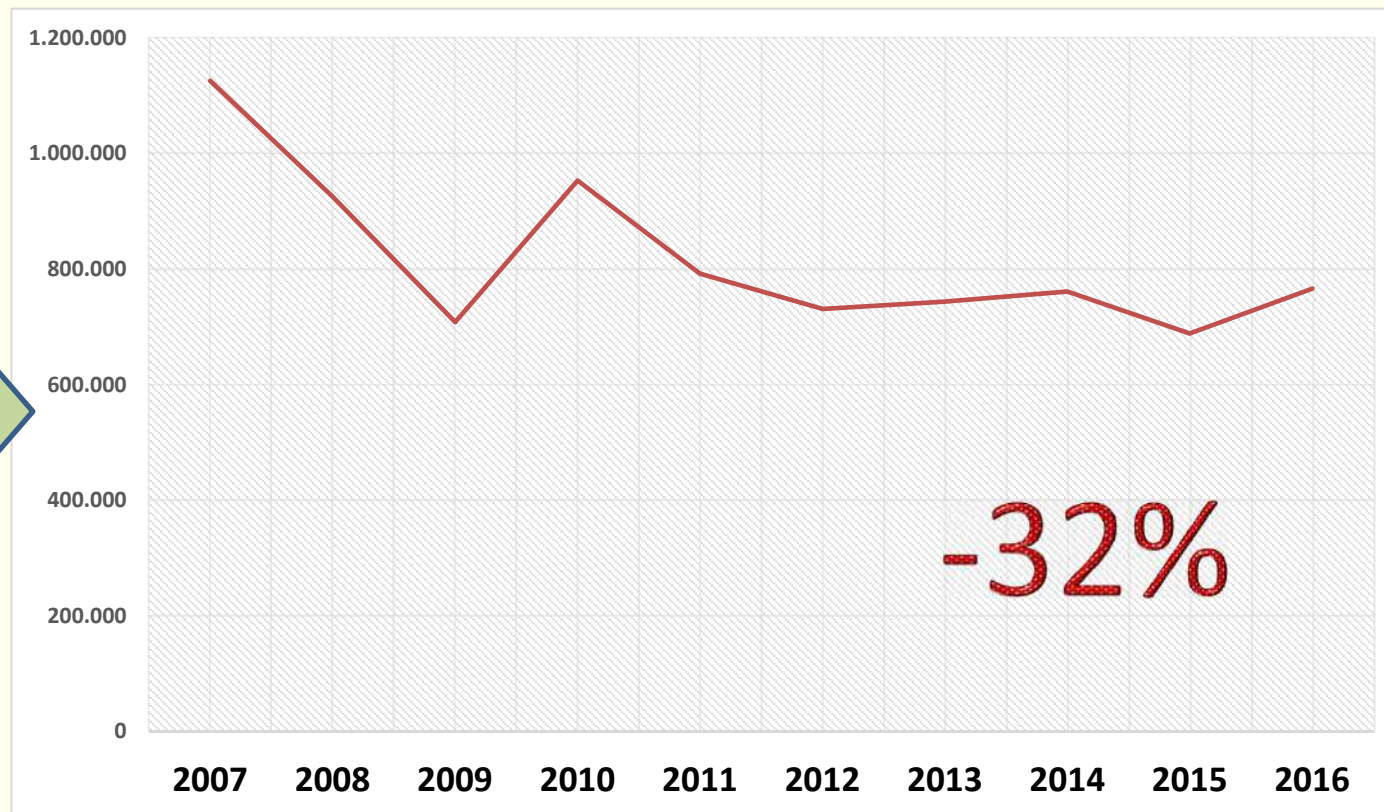
Ο αριθμός επιχειρήσεων που παράγουν λιπάσματα και βελτιωτικά εδάφους έχει αυξηθεί στην περίοδο 2003-2012.

Κατανάλωση Λιπασμάτων στην Ελλάδα



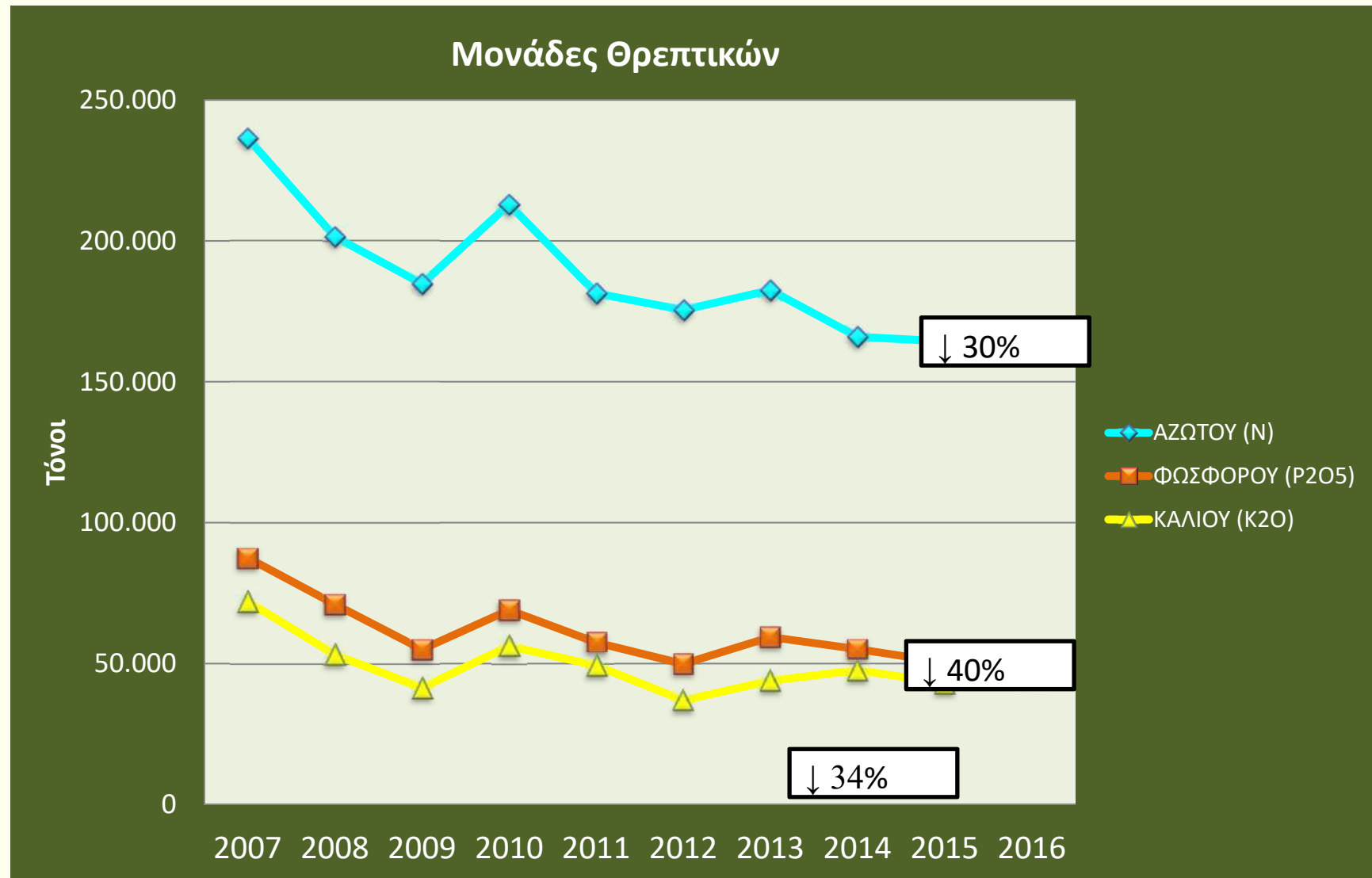
- Μείωση 65% από το 1992 ως το 2016 στην κατανάλωση λιπασμάτων

Συνολική
κατανάλωση
Λιπασμάτων σε
τόνους



- **Μείωση 32% από το 2007** στην κατανάλωση λιπασμάτων
- Η μείωση παρατηρείται σε όλους τους τύπους λιπασμάτων και σε όλες τις περιοχές

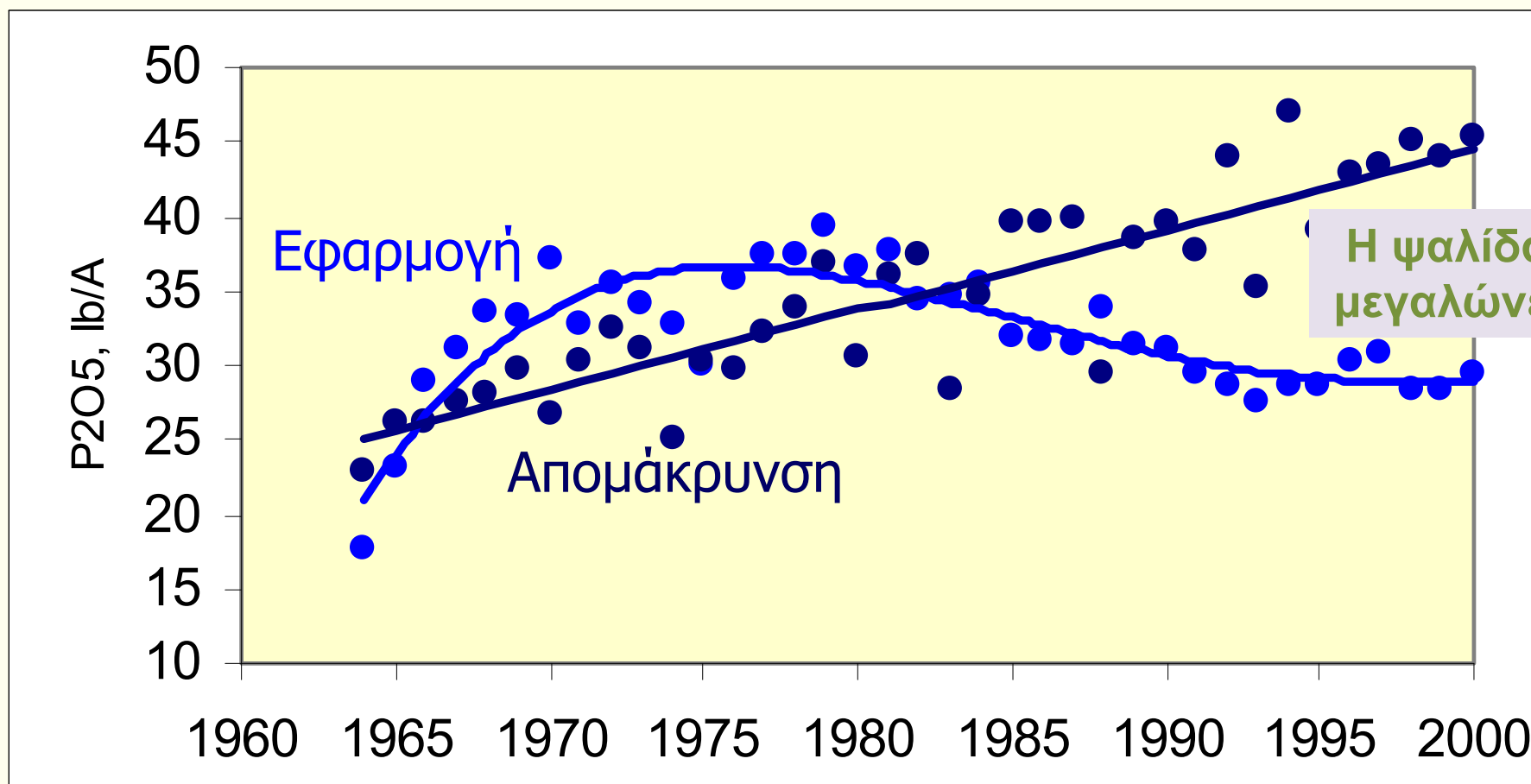
Μονάδες Θρεπτικών



Συστηματική Υπολίπανση των ελληνικών εδαφών ???

Απαιτούνται στοιχεία ισοζυγίων
ανά καλλιέργεια και τύπους
εδαφικών οικοσυστημάτων, αλλά
το σενάριο το έχουμε ξαναδεί:

ΗΠΑ: Εφαρμογές P σε αραβόσιτο και σόγια συγκριτικά με την απομάκρυνση λόγω συγκομιδής



Αρνητικά ισοζύγια θρεπτικών στην υπο-Σαχάρια Αφρική

Table 10. Average nutrient balances for selected Sub-Saharan African countries (Adapted from Roy *et al.* , 2003)

Country	N		P		K	
	1982-84	2000	1982-84	2000	1982-84	2000
	kg/ha/year					
Benin	-14	-16	-1	-2	-9	-11
Botswana	0	-2	1	0	0	-2
Cameroon	-20	-21	-2	-2	-12	-13
Ethiopia	-41	-47	-6	-7	-26	-32
Ghana	-30	-35	-3	-4	-17	-20
Kenya	-42	-46	-3	-1	-29	-36
Malawi	-68	-67	-10	-10	-44	-48
Mali	-8	-11	-1	-2	-7	-10
Nigeria	-34	-37	-4	-4	-24	-31
Rwanda	-54	-60	-9	-11	-47	-61
Senegal	-12	-16	-2	-2	-10	-14
Tanzania	-27	-32	-4	-5	-18	-21
Zimbabwe	-31	-27	-2	2	-22	-26

Alley MM, Vanlauwe B (2009) The role of fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management, First edition, IFA, Paris, France. TSBF-CIAT, Nairobi, Kenya

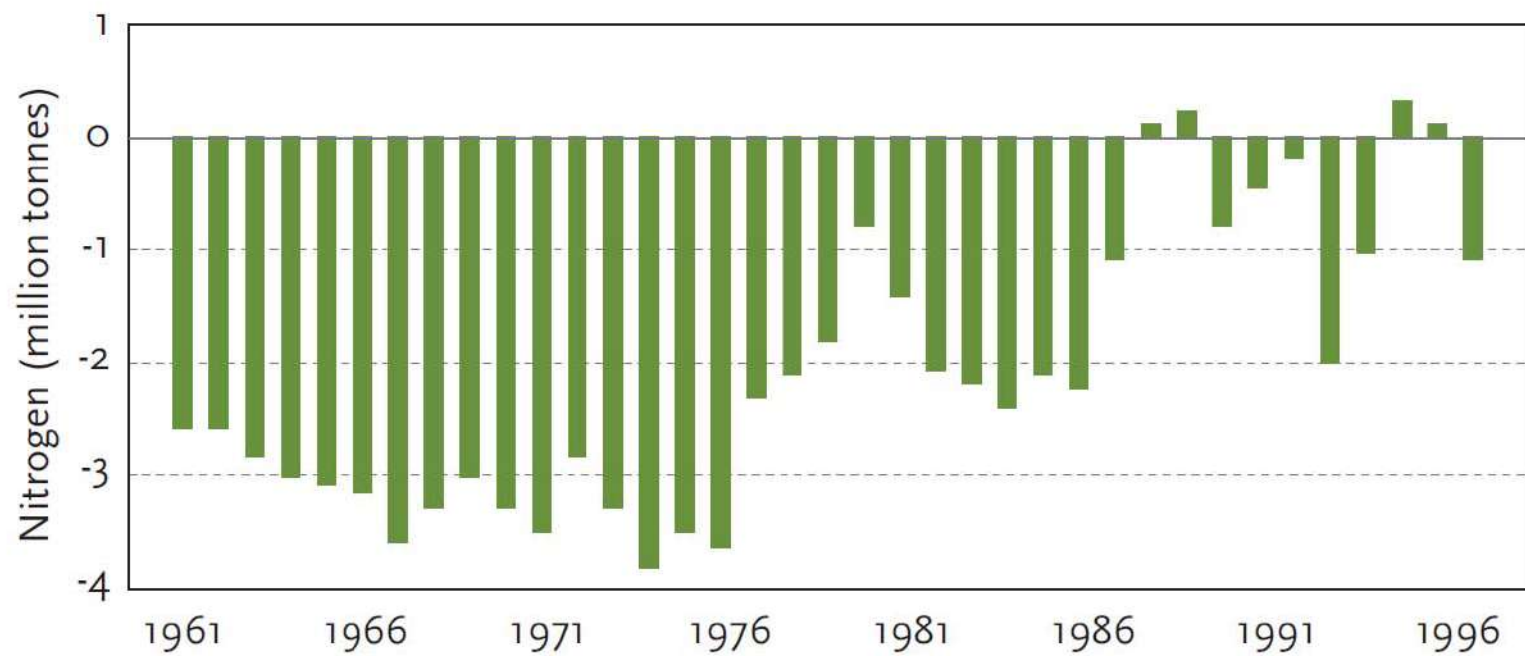


Figure 13. Nitrogen balances for China, 1961-97 (Adapted from Sheldrick *et al.*, 2003).



Fig. 9 Effect of balanced nutrition on maize performance, Kenya

Jonas Chianu, Justina Chianu, Mairura. Mineral fertilizers in the farming systems of sub-Saharan Africa. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2012, 32 (2), pp.545-566.

Ποιά λίπανση χρειάζεται?
Δεν υπάρχει μαγική συνταγή.
Απαιτούνται διαφοροποιήσεις λίπανσης
για κάθε γεωργικό οικοσύστημα.

Shamie Zingore, Better Crops/Vol. 95 (2011, No. 1)



Differences in response to fertilizers under low (top photo), medium (middle), and high soil fertility conditions.



Fig. 9 Effect of balanced nutrition on maize performance, Kenya

Jonas Chianu, Justina Chianu, Mairura. Mineral fertilizers in the farming systems of sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2012, 32 (2), pp.545-566.

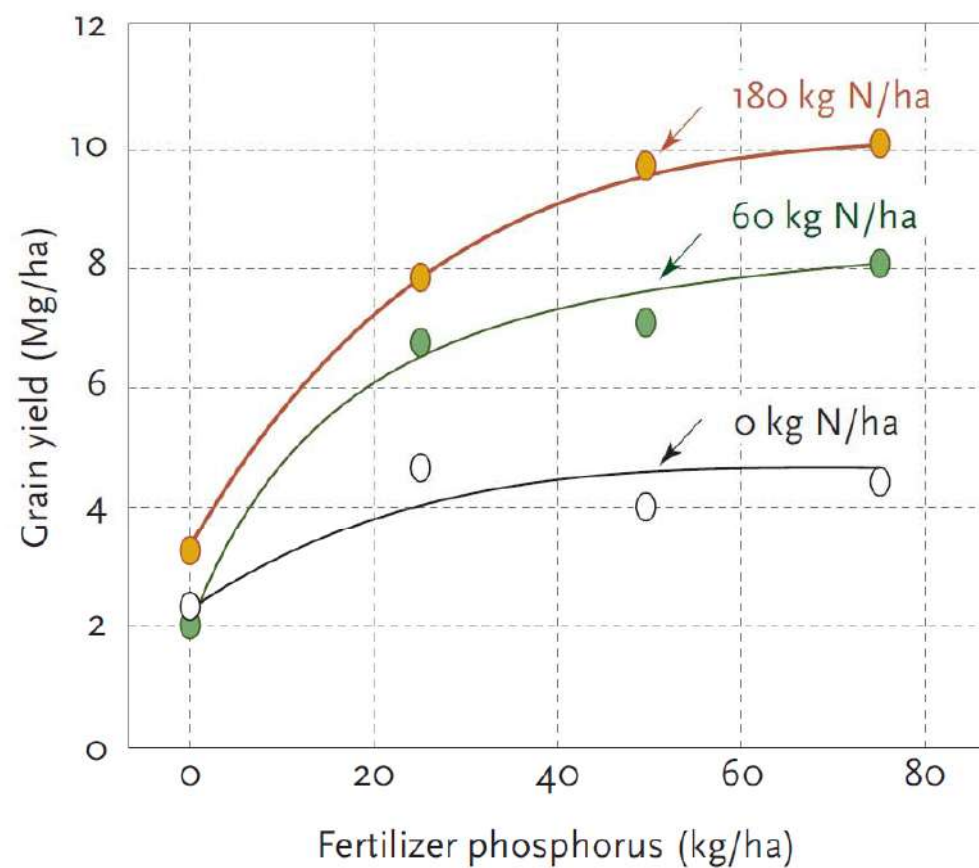


Figure 6. Maize grain yield response to fertilizer P applications for three levels of N fertilization (Adapted from Sumner and Farina, 1986).

**To replenish soil fertility in Sub-Saharan Africa,
increasing fertilizer use through subsidies to
smallholder farms will be necessary**

**P. M. Vitousek et al., "Nutrient Imbalances in Agricultural
Development," *Science* 324, 1519 (2009).**

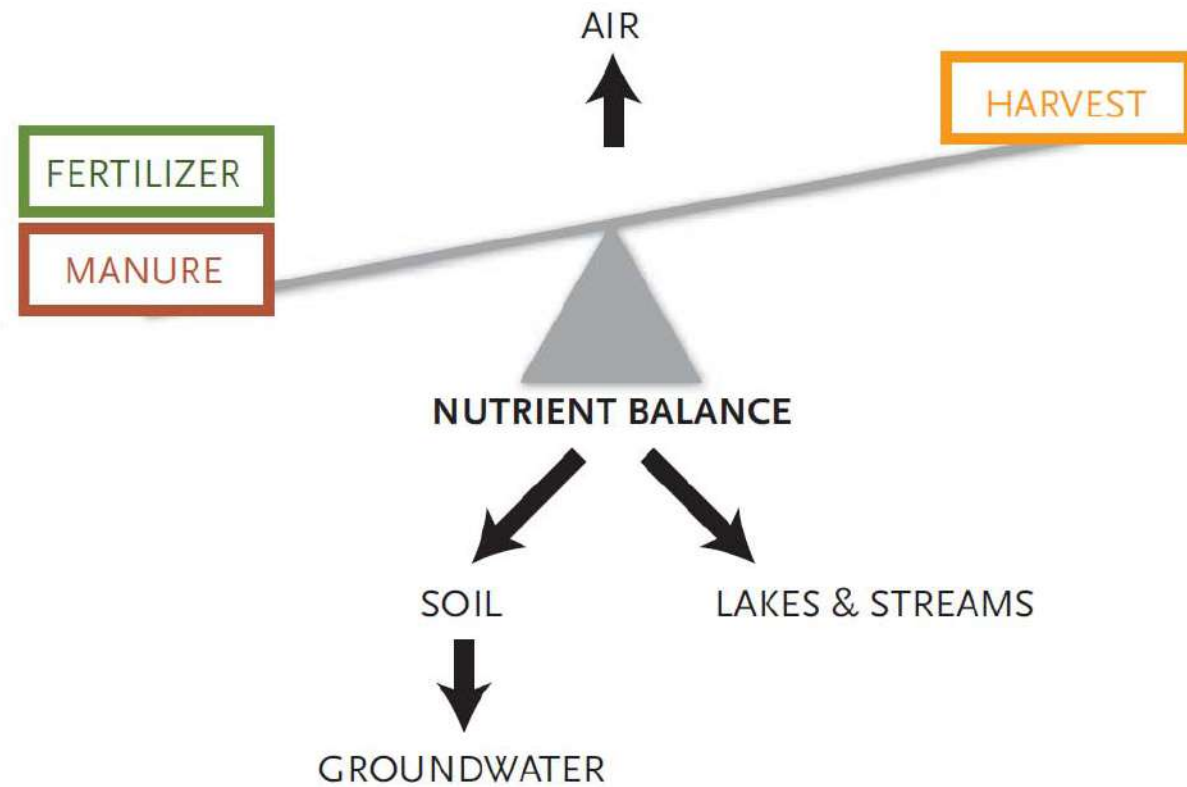


Figure 14. Simplified nutrient balance diagram illustrating potential environmental problems associated with excess nutrient inputs relative to crop removal (Adapted from Parker *et al.*, 2006).

Συγχρονισμός Απαιτήσεων - Διαθεσιμότητας

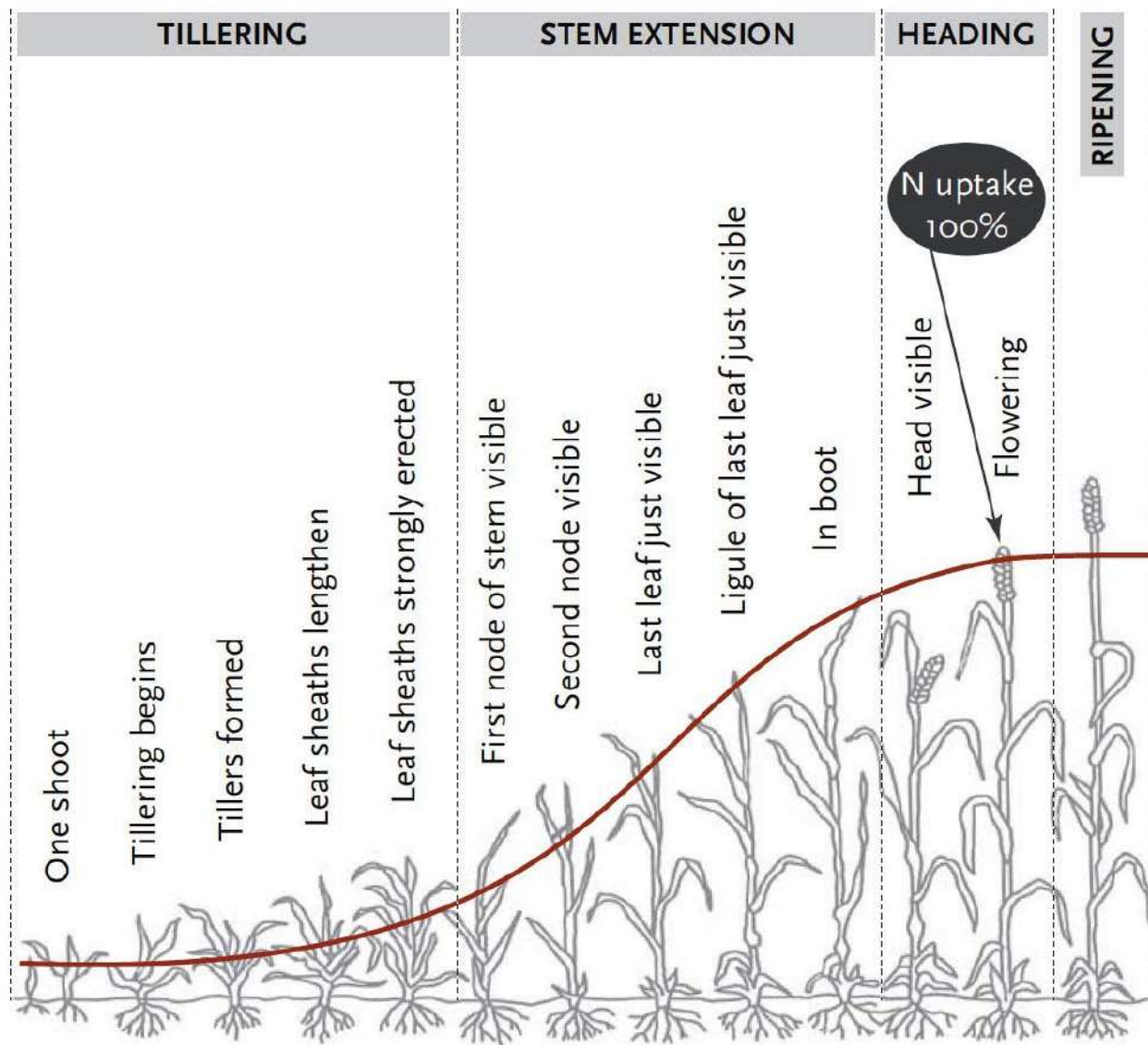


Figure 3. Nitrogen uptake as related to winter wheat plant growth stage in the mid-Atlantic USA (Adapted from Alley *et al.*, 1993).



No Starter

Starter Fertilizer

Ammonium polyphosphate (10-34-0 or 11-37-0)

Corn Belt growers often use coulter rigs that band starter fertilizer to the side and below the seed

How to Plant Corn for Higher Yields. Erick Larson, State Extension Specialist - Grain Crops
<http://www.mississippi-crops.com/2012/03/19/how-to-plant-corn-for-higher-yields-2/>

Εναλλακτικοί τρόποι αναπλήρωσης θρεπτικών?

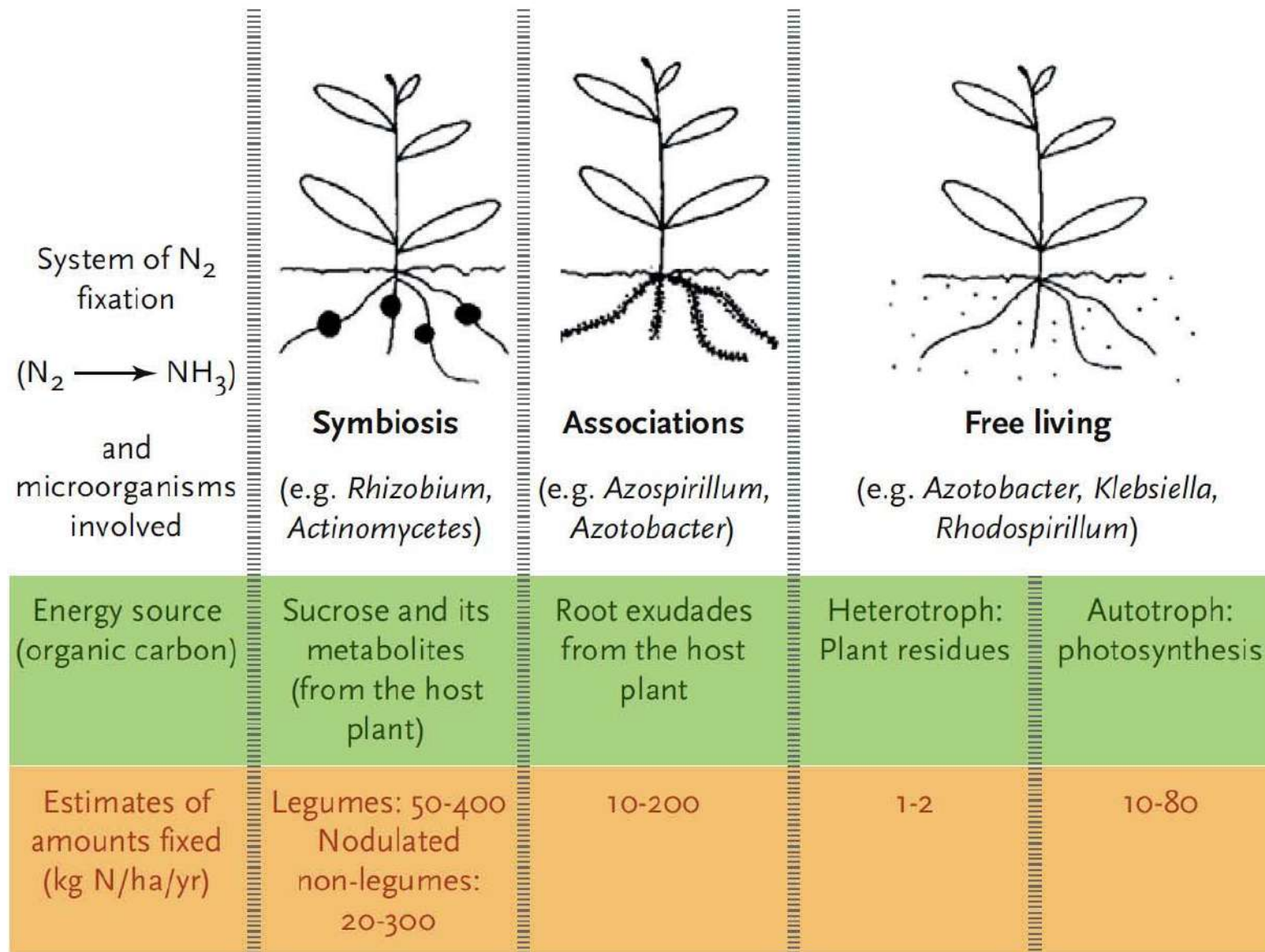


Figure 9. Biological N fixation systems (Adapted from Marschner, 1995).

Soybean Seed Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A New Biotechnological Tool to Improve Yield and Sustainability

Mariangela Hungria^{1*}, Marco Antonio Nogueira¹, Ricardo Silva Araujo²

¹Embrapa Soja, Londrina, Brazil

²Total Biotecnologia Indústria e Comércio Ltda, Curitiba, Brazil

Email: *mariangela.hungria@embrapa.br, *hungria@pq.cnpq.br, *biotecnologia.solo@hotmail.com,
marco.nogueira@embrapa.br, rsaraujo@totalbiotecnologia.com.br

«...In Brazil, the success of the soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] as a cash crop is highly attributed to the benefits obtained from inoculating seeds with elite strains of *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii*, and *B. diazoefficiens*, a partnership that is **capable of completely meeting the crop's nitrogen requirement** to sustain high yields.

Soybean seeds can be inoculated with both *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* inoculants, and co-inoculation improves soybean yield **without the addition of any chemical N fertilizers**

«...Στη Βραζιλία, η επιτυχία της σόγιας [*Glycine max* (L.) Merr.] ως καλλιέργεια αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στα οφέλη που προκύπτουν από εμβολιασμό σπόρων με επιλεγμένα στελέχη *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* και *B. diazoefficiens*, μια εταιρική σχέση **ικανή να ανταποκριθεί πλήρως στην απαίτηση αζώτου της καλλιέργειας** για τη διατήρηση υψηλών αποδόσεων.

Οι σπόροι σόγιας μπορούν επιπλέον να εμβολιαστούν με εμβόλια *Azospirillum* και *Bradyrhizobium* και ο συν-εμβολιασμός βελτιώνει την απόδοση σόγιας **χωρίς την προσθήκη οποιωνδήποτε χημικών λιπασμάτων N**

Η οικοσυστημική προσέγγιση της γεωργίας ώθησε την εφαρμοσμένη έρευνα και την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών σε κατευθύνσεις όπως:

1. Λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης (συγχρονισμός με τις απαιτήσεις των φυτών, αυξημένοι συντελεστές απόδοσης, χαμηλή οσμωτική καταπόνηση, μείωση ενεργειακού κόστους σταδιακών εφαρμογών)

2. Λιπάσματα με ενσωματωμένους παρεμποδιστές νιτροποίησης, ουρεάσης (παρόμοια πλεονεκτήματα με τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης)

3. Οργανικά λιπάσματα και εδαφοβελτιωτικά από ανακυκλώσιμες οργανικές ύλες (composts & μίγματα από: αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα και υποπροϊόντα, επεξεργασμένες λυματολάσπες, ακόμα και στερεά αστικά οργανικά απόβλητα)

**Τα προϊόντα αυτά προσφέρουν ευελιξία
και σημαντικές εναλλακτικές λύσεις.**

**Δεν προβλέπεται όμως να υποκαταστήσουν
τα «κλασικά» ανόργανα λιπάσματα.**

Κανονιστικό πλαίσιο για τα Λιπασμάτα

Κοινοτική νομοθεσία Καν.
2003/2003 ΕΚ

Εθνική Νομοθεσία για τα
νέου τύπου λιπάσματα
(ΝΟΜΟΣ 1565/1985 ,
Ν.4235/2014)

**Σε συζήτηση ο Νέος
Κανονισμός στα
Ευρωπαϊκά όργανα**





Γενικά στοιχεία- Στόχοι

- Μοντέλο της κυκλικής οικονομίας
- Έμφαση στην αειφορία και Προστασία του περιβάλλοντος
- Ανάπτυξη και προώθηση Καινοτόμων προϊόντων λίπανσης
- Στρατηγική ενιαίας αγοράς
- Παροχή κινήτρων για επενδύσεις- δημιουργία θέσεων εργασίας
- Εξασφάλιση ισότιμων όρων ανταγωνισμού και στα οργανικά προϊόντα και απόβλητα
- Κάλυψη αναγκών σε φωσφορικά
- Όρια στα βαρέα μέταλλα
- Εξορθολογισμός της αξιολόγησης και της συμμόρφωσης του προϊόντος – απλούστευση διαδικασιών
- Διαφορετικές απαιτήσεις και διαδικασίες ανάλογα με το προϊόν

CE προϊόν λίπασμα περιέχει...

Κατηγορίες Συστατικών Υλικών

ΚΣΥ 1: Ουσίες και μείγματα
παρθένων υλικών

ΚΣΥ 2: Μη επεξεργασμένα ή
μηχανικώς επεξεργασμένα φυτά,
μέρη φυτών ή εκχυλίσματα φυτών

ΚΣΥ 3: Κομπόστ

ΚΣΥ 4: Χώνευμα
ενεργειακών καλλιεργειών

ΚΣΥ 5: Χώνευμα άλλο από τα
χωνεύματα ενεργειακών
καλλιεργειών

ΚΣΥ 6: Υποπροϊόντα της
βιομηχανίας τροφίμων

ΚΣΥ 7:
Μικροοργανισμοί

ΚΣΥ 8: Γεωπονικά
πρόσθετα

ΚΣΥ 9: Πολυμερή
θρεπτικών συστατικών

ΚΣΥ 10: Πολυμερή άλλα από
τα πολυμερή θρεπτικών
συστατικών

ΚΣΥ 11: Ορισμένα
ζωικά υποπροϊόντα

CE προϊόν λίπασμα ανήκει...

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΚΛΠ1
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

(A) Οργανικά

(I) Στερεά

(II) Λυγρά

(B) Οργανοα-
νόργανα

(I) Στερεά

(II) Υγρά

(C) Ανόργανα

(I) Μακροθρεπτικά

(II) Μικροθρεπτικά

ΚΛΠ2 –
Υλικό Ασβέστωσης

ΚΛΠ3 – Βελτιωτικό
Εδάφους

(A) Οργανικό

(B) Ανόργανο

ΚΛΠ4 – Υπόστρωμα καλ.

(A) Αναστολέας

ΚΛΠ5 – Γεωπονικό
Πρόσθετο

(B) Χηλικός Παράγοντας

(C) Συμπλεκτικός
Παράγοντας

ΚΛΠ6 – Βιοδιενέρτης
Φυτών

(A) Μικροβιακός

(B) Μη Μικροβιακός

ΚΛΠ7 – Σύμμεκτο Προϊόν Λίπανσης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

- ΚΣΥ 1: Ουσίες και μείγματα παρθένων υλικών
- ΚΣΥ 2: Μη επεξεργασμένα ή μηχανικώς επεξεργασμένα φυτά, μέρη φυτών ή εκχυλίσματα φυτών
- ΚΣΥ 3: Κομπόστ
- ΚΣΥ 4: Χώνευμα ενεργειακών καλλιεργειών
- ΚΣΥ 5: Χώνευμα άλλο από τα χωνεύματα ενεργειακών καλλιεργειών
- ΚΣΥ 6: Υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων
- ΚΣΥ 7: Μικροοργανισμοί
- ΚΣΥ 8: Γεωπονικά πρόσθετα
- ΚΣΥ 9: Πολυμερή θρεπτικών συστατικών
- ΚΣΥ 10: Πολυμερή άλλα από τα πολυμερή θρεπτικών συστατικών
- ΚΣΥ 11: Ορισμένα ζωικά υποπροϊόντα

ΚΣΥ 7: ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Azotobacter spp.

Μυκορριζικοί μύκητες

Rhizobium spp.

Azospirillum spp.

...Στην πορεία αναμένεται να μεγαλώσει ο κατάλογος

**ΚΛΠ: Βιοδιεγερτικά προϊόντα (biostimulants) για
τα φυτά (αλλά και για τα ριζοσφαιρικά
μικροβιώματα):**

**Οι βιοδιεγέρτες είναι μικροβιακά προϊόντα
(συνήθως συγκεκριμένα, ταυτοποιημένα
μικροβιακά στελέχη)**

ή

**Προϊόντα φυτικής/μικροβιακής/ορυκτής
προέλευσης (συνήθως εκχυλίσματα)**

- **Μικροβιακά εμβόλια** (microbial inoculants),
- **Ενισχυτές ευρωστίας** (plant strengtheners),
- **Βιολιπάσματα** (biofertilizers, που κάποιοι τα θεωρούν χωριστή κατηγορία),
- **Προϊόντα με δραστικές ουσίες φυτικής κυρίως προέλευσης** (botanicals),
- **Εδαφοβελτιωτικά** (soil improvers),
- **Εδαφορυθμιστικά** (soil conditioners)

και ακόμα περισσότερες καινοφανείς και συχνά επικαλυπτόμενες κατηγορίες προϊόντων, που τείνουν να συμπεριληφθούν κάτω από την γενική ομπρέλα των **βιοδιεγερτών (biostimulants)**

Οι κυριότερες κατηγορίες βιοδιεγερτών που έχουν βρει σήμερα το δρόμο τους στην αγορά:

- **μικροβιακά στελέχη και μεταβολίτες τους**
- **εκχυλίσματα φυτών**
- **εκχυλίσματα φυκών**
- **υδρολυμένες πρωτεΐνες, αμινοξέα, πολυσακχαρίτες**
- **φουλβικά και χουμικά οξέα**
- **προϊόντα βιοπολυμερών (όπως της χιτίνης)**
- **ανόργανες ενώσεις (όπως του πυριτίου)**

- Διεγείρουν αμυντικούς μηχανισμούς των φυτών σε βιοτικές καταπονήσεις (κυρίως παθογόνα και ασθένειες) και αβιοτικές καταπονήσεις (ψύχος, αλατότητα, ξηρασία)
- Διεγείρουν/μεταβάλλουν τον μεταβολισμό των φυτών
- Διεγείρουν η μεταβάλλουν την ανάπτυξη και τη διαμόρφωση του ριζικού συστήματος
- Επηρεάζουν θετικά την αλληλοπαθητική δράση των φυτών
- Αυξάνουν την ευρωστία των φυτών
- Βελτιώνουν την πρόσληψη, αφομοίωση και/ή τη μεταφορά θρεπτικών
- Ενισχύουν ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως χρώμα, συγκέντρωση σακχάρων, αμύλου, πρωτεϊνών κλπ
- Βελτιώνουν άμεσα ή έμμεσα τη δομή και τις μικροβιακές κοινότητες στη ριζόσφαιρα προς όφελος των φυτών.

Η αγορά τους μεγαλώνει ραγδαία:

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας Βιοδιεγερτών (European Biostimulants Industry Council, EBIC) αναφέρει ότι το 2012 στην Ευρώπη εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες σε πάνω από 6,2 εκατομμύρια εκτάρια (EBIC, 2013).

Η αγορά των βιοδιεγερτών αναμένεται να αυξάνεται 12% το χρόνο και να ξεπεράσει τα 2.200 εκατομμύρια δολλάρια το 2018 (Calvo et al., 2014).

Φαίνεται ότι ένα μεγάλο μέρος αυτών των προϊόντων επηρεάζει τη φυσιολογία των φυτών δρώντας στα μονοπάτια σηματοδότησης (signaling pathways).

Εκεί εδράζεται η καινοτομία τους.

...και είναι καλή συγκυρία το ότι μπορούμε πλέον όλο και καλύτερα να ανιχνεύουμε μεταβολές στην ενεργοποίηση μονοπατιών σηματοδότησης (και αντίστοιχη έκφραση γονιδίων) και να τις πιστοποιήσουμε σε μοριακό επίπεδο.

Μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, αλλά η κύρια δράση τους δεν είναι να παρέχουν θρεπτικά στα φυτά.

Δεν περιέχουν μόρια ή οργανισμούς που να δρουν άμεσα (απ' ευθείας) κατά παθογόνων και ασθενειών

Δεν υπάρχει όμως ακόμα ακριβής ορισμός των βιοδιεγερτών των φυτών.

Η έννοια εξακολουθεί να εξελίσσεται, κάτι που εν μέρει αντανακλά τις πολύ διαφορετικές μεταξύ τους εισροές (προϊόντα) που μπορούν να θεωρηθούν βιοδιεγέρτες.

Τελικά μπορούν αυτοί οι τρόποι αναπλήρωσης
θρεπτικών (composts – ανακυκλώσιμες
οργανικές ύλες, μικροοργανισμοί) και
ενίσχυσης της ευρωστίας και αντοχής των
φυτών (μικροοργανισμοί – οργανικοί και
ανόργανοι βιοδιεγέρτες) να υποκαταστήσουν
τα ανόργανα λιπάσματα?

Όχι. Μπορούν όμως να συν-εξελιχθούν με τα
«ανόργανα» λιπάσματα και τις διατροφικές
μας συνήθειες και να συμβάλλουν
αποφασιστικά σε μια αειφορική γεωργία που
να τρέφει όλον τον πλανήτη.

Η κοινή προσπάθεια των τριών συνδέσμων δεν θα μπορούσε να είναι πιο επίκαιρη!!!

Οι εξελίξεις, ιδιαίτερα στους τομείς της εφαρμοσμένης οικολογίας και της βιοτεχνολογίας, έχουν ξεπεράσει τα παραδοσιακά κανονιστικά πλαίσια που διαχωρίζουν τις κατηγορίες γεωργικών εφοδίων, και η νέα σύνθεση δεν θα αργήσει να επιβληθεί.

Οι συνδυαστικές ιδιότητες στα καινοτόμα προϊόντα φυτοπροστασίας, ελέγχου του μεταβολισμού, οργανικής λίπανσης και χειρισμού των συμβιωτικών και συνεργιστικών μικροβιακών κοινοτήτων στη ρίζα, την ριζόσφαιρα και την φυλλόσφαιρα, καθώς και το νέο πολλαπλασιαστικό υλικό, θα επιβάλουν την παρουσία τους, την κοινή τους καταγωγή, την αδιάρρηκτη ολότητα του ρόλου τους, και την πολλαπλή τους στόχευση.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

