

## ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**Ηλίας Γ. Ελευθεροχωρινός**, Ομότιμος καθηγητής Γεωπονίας,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Μέλος Ελληνικής Γεωργικής Ακαδημίας, [eleftero@agro.auth.gr](mailto:eleftero@agro.auth.gr)

### Σπουδαιότητα της χρήσης των λιπασμάτων

Τα λιπάσματα είναι απαραίτητα για την παραγωγή επαρκών και ποιοτικών προϊόντων, όχι μόνον διότι παρέχουν τα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών στοιχεία (κύρια μακροθρεπτικά N, P, K, δευτερεύοντα μακροθρεπτικά S, Ca, Mg και μικροθρεπτικά Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, B, Cl, Ni, Si, Co) αλλά, επιπλέον, επειδή βελτιώνουν τη γονιμότητα του εδάφους (αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων που απορροφήθηκαν από φυτά προηγούμενων καλλιεργειών ή απομακρύνθηκαν λόγω έκπλυσης, απορροής, διάβρωσης, απονιτροποίησης, αμμωνιοποίησης ή συγκομιδής). Μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων, το **άζωτο** (N) θεωρείται ως το σημαντικότερο διότι είναι 1) συστατικό των αμινοξέων, δομικών πρωτεϊνών, ενζύμων, χλωροφύλλης, αλκαλοειδών, ορμονών, RNA, DNA, της δι- ή τρι-φωσφορικής αδενοσίνης (ADP, ATP, συστατικού αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας), 2) στοιχείο των μεγαλύτερων απαιτήσεων των φυτών και της μεγαλύτερης επίδρασης στην απόδοσή τους, και 3) το πρώτο στοιχείο έναρξης ανταγωνισμού μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργειών. Ο **φωσφόρος** (P) είναι το δεύτερο, από πλευράς σπουδαιότητας, στοιχείο, αφού είναι δομικό συστατικό των φωσφολιπιδίων (κυτταρικές μεμβράνες), RNA, DNA, ενζύμων (NADP, φωσφολιπασών, Συνενζύμου A), ADP, ATP, καθώς και συστατικό συμμετοχής στη φωτοσύνθεση, γλυκόλυση, αναπνοή, ενεργοποίηση ενζύμων, ορμονών και μορίων μεταγωγής μηνυμάτων εντός και μεταξύ των κυττάρων μέσω της διαδικασίας των φωσφορυλίσεων, καθώς και σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, στο μεταβολισμό υδατανθράκων και στη βιολογική δέσμευση αζώτου. Το **κάλιο** (K) θεωρείται επίσης σημαντικό θρεπτικό στοιχείο διότι είναι 1) συμπαραγόντας πολλών ενζύμων, απαραίτητος για την δράση τους, 2) κύριος ρυθμιστής της σπαργής των κυττάρων (δημιουργία ωσμωτικών φαινομένων στο χυμοτόπιο), 3) κατιόν ρύθμισης του ηλεκτρικού δυναμικού των κυττάρων, 4) στοιχείο ρύθμισης της κίνησης των στοματίων των φύλλων, και 5) στοιχείο για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων (Μπουράνης, 2014). Τέλος, απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη των φυτών είναι και το **μαγνήσιο** (Mg, συστατικό της χλωροφύλλης), ο **σίδηρος** (Fe,

συστατικό σιδηροθειούχων ενζύμων και μονοοξυγονασών), τα στοιχεία Mn, Mg, Ca, Zn, Cu, Ni (συμπαράγοντες ενζυμικών συστημάτων) και το **ασβέστιο** (Ca, συστατικό κυτταρικών τοιχωμάτων). Αυτό όμως που πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερος είναι ότι αρκετές από τις προαναφερθείσες δομικές και λειτουργικές ιδιότητες των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων στα φυτά είναι παρόμοιες στον άνθρωπο και στα ζώα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πρόσληψη των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων από τον άνθρωπο και τα ζώα βασίζεται σε προϊόντα φυτών, τα οποία ‘τρέφονται’ με λιπάσματα, μπορεί να λεχθεί ότι τα **λιπάσματα**, εκτός από ‘**τροφή των φυτών**’, είναι και η ‘**τροφή των ανθρώπων και των ζώων**’.

### **Παράγοντες αξιοποίησης των λιπασμάτων από καλλιεργούμενα φυτά**

Η αξιοποίηση των λιπασμάτων από τα φυτά επηρεάζεται σημαντικά από την **ποιότητα** των σκευασμάτων (καλή κοκκομετρική σύσταση, αντοχή κόκκων στην τριβή, απουσία βαρέων μετάλλων, ευκολία χρήσης, ικανοποιητική απόδοση-διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών, μειωμένη δυνατότητα απώλειας θρεπτικών στοιχείων λόγω έκπλυσης, απορροής ή και εξάτμισης) και από τον **τρόπο** και τον **χρόνο χρήσης** τους. Γενικώς, η αξιοποίησή τους είναι αποτελεσματικότερη όταν η χρήση τους βασίζεται στην επιλογή των καταλληλότερων σκευασμάτων και στην εφαρμογή της απαιτούμενης ποσότητας με τον κατάλληλο τρόπο και στον κατάλληλο χρόνο. Όσον αφορά τον υπολογισμό των απαιτήσεων της καλλιέργειας και του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία, αυτός πρέπει να βασίζεται στο συνδυασμό στοιχείων και πληροφοριών που προκύπτουν από την ανάλυση του εδάφους, τη φυλλοδιαγνωστική, τη μακροσκοπική παρατήρηση της καλλιέργειας και το ιστορικό του αγρού (εδάφους). Επίσης, σχετικώς με τον τρόπο και τον χρόνο λίπανσης [βασική (πριν ή κατά τη σπορά), επιφανειακή ή διαφυλλική, τμηματική ή μία εφαρμογή, γραμμική ή καθολική, υδρολίπανση ή με διασπορά], αυτοί πρέπει να καθορίζονται με βάση τις ανάγκες της καλλιέργειας, τη γονιμότητα του εδάφους και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Η **συμπεριφορά** των θρεπτικών **στοιχείων** στο **έδαφος** και οι **μηχανισμοί πρόσληψής** τους από τα φυτά επηρεάζουν την αξιοποίηση των λιπασμάτων εξίσου σημαντικά, με την ποιότητα και τον τρόπο και τον χρόνο χρήσης τους. Γενικώς, τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται στο έδαφος είτε προσροφημένα στα ανόργανα και οργανικά κolloειδή ή ελεύθερα εντός του εδαφικού διαλύματος. Η πρόσληψή τους από τις ρίζες των φυτών γίνεται υπό μορφή διαλυμένων ιόντων, ενώ η μετακίνησή τους

από το έδαφος προς τις ρίζες γίνεται μέσω μαζικής ροής ή/και διάχυσης (Μπουράνης, 2014). Ειδικότερα, το **άζωτο προσλαμβάνεται** από τις ρίζες των φυτών κυρίως υπό μορφή νιτρικών ( $-\text{NO}_3$ ) ή αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ) ιόντων. Τα νιτρικά ( $-\text{NO}_3$ ), ως αρνητικώς φορτισμένα ιόντα, έχουν μειωμένη ικανότητα προσρόφησης στο αρνητικώς κυρίως φορτισμένο έδαφος, με αποτέλεσμα τη μεγάλη έκπλυση και την, ως εκ τούτου, ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων. Επίσης, τα  $-\text{NO}_3$  έχουν και την επιπρόσθετη δυνατότητα ρύπανσης της ατμόσφαιρας μέσω της απονιτροποίησής τους σε  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  και  $\text{N}_2$ , ενώ τα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ) μπορούν να ρυπάνουν την ατμόσφαιρα μέσω της μετατροπής τους σε αέριο αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ). Όλα αυτά, όπως είναι φυσικό, περιορίζουν τη δυνατότητα **αξιοποίησης** του **αζώτου** από φυτά στο **30-70%** του εφαρμοζόμενου, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η βελτίωση των αζωτούχων λιπασμάτων και, επιπλέον, η ορθολογική χρήση τους. Αυτό όμως που χρήζει ιδιαίτερης μνείας είναι ότι το **90-95%** του **συνολικού αζώτου** του εδάφους είναι **οργανικό** και μάλιστα ενσωματωμένο σε οργανικές πηγές αζώτου (φυτικά υπολείμματα, ζωικοί ιστοί, μικροοργανισμοί, κόπρος ζώων, διάφορα απόβλητα και λύματα) με τη μορφή αμινοξέων, πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων και άλλων πολύπλοκων μιγμάτων αζώτου (Walworth, 2013). Το οργανικό άζωτο είναι αδιάλυτο και μη διαθέσιμο για πρόσληψη, αλλά, μέσω μικροβιακής **ανοργανοποίησης** (mineralization), παρέχει αφομοιώσιμα αμμωνιακά και νιτρικά σε φυτά και άλλους οργανισμούς του εδάφους. Η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας (οργανικών πηγών θρεπτικών στοιχείων) του εδάφους σε άζωτο εκτιμάται στο 5%, ενώ η ανοργανοποίησή του στο 2% της οργανικής ουσίας ανά έτος (Halvin κ.ά., 2014). Αυτό σημαίνει ότι, για ένα έδαφος με 2% οργανική ουσία, σε βάθος 0,30 m (βάθος ριζικού συστήματος) και με 1,3 g/cm<sup>3</sup> φαινομενική πυκνότητα, το **ανοργανοποιημένο άζωτο** θα είναι **7,8 kg/στρέμμα ανά έτος**. Αυτό υπολογίζεται ως εξής: 0,02 (οργανική ουσία) x 0,05 (N σε οργανική ουσία) x 0,02 (ανοργανοποίηση/έτος) x 1000 m<sup>2</sup> (στρέμμα) x 1,3 g/cm<sup>3</sup> x 0,30 m (βάθος). Οι μικροοργανισμοί όμως του εδάφους ανοργανοποιούν οργανικές πηγές αζώτου με μέτρια επίπεδα άνθρακα προς άζωτο (C:N<40:1), ενώ καταναλώνουν/**ακινητοποιούν** (immobilization) αμμωνιακό ή/και νιτρικό άζωτο κατά την ανοργανοποίηση οργανικών πηγών αζώτου με C:N>40:1. Η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου περιλαμβάνει αρχικώς την αντίδραση της αμινοποίησης (aminization, παραγωγή αμινών και αμινοξέων), και ακολούθως την αντίδραση της αμμωνιοποίησης (ammonification, παροχή αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ )). Είναι προφανές, από τα προαναφερθέντα, ότι μόνο το **2-5%** του **συνολικού αζώτου** του εδάφους είναι

**ανόργανο** [αφομοιώσιμα αμμωνιακά ( $\text{NH}_4^+$ ) και νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ )], το οποίο προέρχεται από την προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων ή από αερόβια μικροβιακή αποδόμηση της οργανικής ύλης του εδάφους ή από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Ο **φωσφόρος προσλαμβάνεται** από τις ρίζες των φυτών υπό μορφή φωσφορικών ανιόντων ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ή  $\text{HPO}_4^-$ ), ενώ η κινητικότητά του στο έδαφος και η ως εκ τούτου διαθέσιμη ποσότητα στα φυτά είναι περιορισμένη εξαιτίας της δέσμευσής του στο έδαφος υπό μορφή κυρίως συμπλόκων (αλάτων) με κατιόντα, αλλά και διότι σημαντικό μέρος του (50%) είναι υπό οργανική μορφή. Αυτό καθιστά αναγκαία τη βελτίωση των φωσφορικών λιπασμάτων με σκοπό την αύξηση της διαθεσιμότητας-απόδοσης του φωσφόρου, τη γενετική βελτίωση των φυτών για αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του φωσφόρου, ή την εφαρμογή ‘βιοδιεγερτών’ των φυτών που βελτιώνουν την ικανότητα των φυτών να αξιοποιούν καλύτερα τον φωσφόρο. Αυτό όμως που χρήζει ιδιαίτερης μνείας είναι ότι τα φυτά αδυνατούν να διαχωρίσουν εάν τα θρεπτικά στοιχεία προέρχονται από οργανικά ή ανόργανα λιπάσματα. Τέλος, η πρόσληψη των **διαφυλλικών λιπασμάτων**, η οποία γίνεται από τα φύλλα, καλύπτει κυρίως ανάγκες σε μικροθρεπτικά και δευτερευόντως σε μακροθρεπτικά στοιχεία. Τα διαφυλλικά λιπάσματα εφαρμόζονται συνήθως σε φυτά που αντιμετωπίζουν αντίξοες συνθήκες απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. θειικό αμμώνιο), δρουν ως επιφανειοδραστικές ουσίες κατά την εφαρμογή γεωργικών φαρμάκων.

### **Οφέλη και επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων**

Η χρήση των **λιπασμάτων αυξάνει** σημαντικά την **απόδοση** των καλλιεργειών και **βελτιώνει** την **ποιότητα** των παραγόμενων προϊόντων, με αποτέλεσμα τη μείωση των προβλημάτων της ‘πείνας’ και της εξεύρεσης νέων εκτάσεων για καλλιέργεια, την αύξηση του γεωργικού εισοδήματος και τη βελτίωση της βιωσιμότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και γενικότερα των δεικτών της αγροτικής οικονομίας. Επίσης, η βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας αυξάνει την απασχόληση μέσω της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας στην παραγωγή, τη συσκευασία, τη μεταποίηση, τις μεταφορές και την εμπορία-διάθεση των παραγόμενων προϊόντων. Όσον αφορά το **κόστος συμμετοχής των λιπασμάτων** στα προαναφερθέντα επιτεύγματα, αυτό κυμαίνεται από 4 έως 20% στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ το αντίστοιχο κόστος των γεωργικών φαρμάκων και των σπόρων είναι 8-15% και 2-15% (Wesseler κ.ά., 2015).

Η χρήση των ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων εκτιμάται ότι αύξησε την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων κατά 48% και, επιπροσθέτως, συνέβαλε στην επιπλέον

επιβίωση 3,5 δισεκατομμυρίων ανθρώπων (Erisman κ.ά., 2008). Αντιθέτως, η χρήση κόπρου ζώων, οστεάλευρων, φυκών ή αστικών αποβλήτων, γνωστών και ως **οργανικών λιπασμάτων**, σύμφωνα με τα διεθνή δεδομένα, μειώνει την απόδοση των καλλιεργειών κατά 30-60% σε σύγκριση με τα ανόργανα λιπάσματα (Kirchmann και Ryan, 2004; Ønsthus κ.ά., 2017). Η επίδρασή τους (οργανικών λιπασμάτων) όμως στην ποιότητα (σύνολο φυσικών, οργανοληπτικών και θρεπτικών χαρακτηριστικών) των παραγόμενων προϊόντων δεν είναι σταθερή. Αυτό τεκμαίρεται από το γεγονός ότι η μετα-ανάλυση 343 ερευνητικών εργασιών έδειξε ότι τα προϊόντα βιολογικών καλλιεργειών (καρότο, μπρόκολο, μήλο και βατόμουρο) έχουν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις αντιοξειδωτικών και άλλων δυνητικά ωφέλιμων ενώσεων σε σύγκριση με τα προϊόντα καλλιεργειών συμβατικής γεωργίας (Barański κ.ά., 2014), ενώ άλλες εργασίες έδειξαν το αντίθετο ή ανύπαρκτη διαφορά. Ειδικότερα, η ανασκόπηση των αποτελεσμάτων 150 ερευνητικών εργασιών (Woese κ.ά., 1997) δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ προϊόντων (φρούτων, σιτηρών, πατάτας και λαχανικών) ή τροφίμων προερχόμενων από βιολογική και συμβατική γεωργία ως προς τις βιταμίνες A (β-καροτένιο), B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), C, τα θρεπτικά στοιχεία, τη φρουκτόζη, τις πρωτεΐνες και τις φαινολικές ενώσεις. Οι μόνες διαφορές που παρατηρήθηκαν στην προαναφερθείσα μελέτη ήταν η υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών σε φυλλώδη λαχανικά της συμβατικής γεωργίας, αλλά και η χαμηλότερη περιεκτικότητα του σιταριού βιολογικής γεωργίας σε πρωτεΐνη και η ως εκ τούτου υποβαθμισμένη αρτοποιητική του ποιότητα. Όλα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα να συμπεράνουμε ότι τα υπάρχοντα δεδομένα δεν τεκμηριώνουν επαρκώς την άποψη ότι τα προϊόντα-τρόφιμα βιολογικής γεωργίας είναι θρεπτικότερα από εκείνα της συμβατικής γεωργίας. Αυτό όμως που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι οι μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών και η ασταθής ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων λόγω χρήσης οργανικών λιπασμάτων οφείλονται κυρίως στο βραδύ ρυθμό διαθεσιμότητας-απόδοσης των θρεπτικών στοιχείων, στη μη συγχρονισμένη απόδοσή τους ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας, στη χαμηλή τους περιεκτικότητα σε N, P, K (2-7 kg N/tn, 1-4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/tn, 2-9 kg K<sub>2</sub>O/tn), καθώς και στο υψηλό C/N (10-150). Η προσθήκη κόπρου ζώων, οστεάλευρων, φυκών ή αστικών αποβλήτων αναμφίβολα συμβάλλει 1) στην αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, 2) στη βελτίωση της δομής του εδάφους, 3) στην αύξηση της ικανότητας του εδάφους για συγκράτηση θρεπτικών στοιχείων, υγρασίας και ανταλλαγής κατιόντων, και 4) στην παροχή μικρών ποσοτήτων μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στοιχείων. Όλα αυτά όμως δείχνουν ότι τα

οργανικά λιπάσματα είναι μάλλον βελτιωτικά εδάφους παρά λιπάσματα, γεγονός που τεκμαίρει την αναγκαιότητα της προσθήκης ανόργανων λιπασμάτων και σε καλλιέργειες βιολογικής γεωργίας.

Οι **επιπτώσεις** από τη χρήση χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων σχετίζονται κυρίως με το περιβάλλον και ειδικότερα με 1) τη ρύπανση υπόγειων και επιφανειακών υδάτων από νιτρικά, 2) τη δημιουργία φαινομένων ευτροφισμού σε λίμνες και ποτάμια, 3) τη ρύπανση εδαφών με βαρέα μέταλλα (αρσενικό, χρώμιο, υδράργυρο, μόλυβδο, κάδμιο) από ορισμένα ακατάλληλα λιπάσματα, και 4) τη ρύπανση της ατμόσφαιρας από οξείδια αζώτου ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) λόγω απονιτροποίησης των νιτρικών ή από αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) που προέρχεται από τη μετατροπή των αμμωνιακών. Βέβαια, η **ρύπανση** των υδάτων από νιτρικά ( $-\text{NO}_3$ ) και της ατμόσφαιρας από  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  και  $\text{NH}_3$  προκαλείται και από **οργανικές πηγές αζώτου** (φυτικά υπολείμματα, ζωικοί ιστοί, μικροοργανισμοί, κόπρος ζώων, διάφορα απόβλητα και λύματα), αφού, όπως προαναφέρθηκε, το 2% του οργανικού αζώτου (90-95% του συνολικού αζώτου του εδάφους) ανοργανοποιείται ανά έτος (Halvin κ.ά., 2014; Walworth, 2013). Επιπροσθέτως, η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου στο έδαφος ρυπαίνει την ατμόσφαιρα και με  $\text{CO}_2$  (αέριο του θερμοκηπίου), το οποίο εκλύεται κατά την αντίδραση αυτή.

### Το μέλλον των λιπασμάτων

Η **αναγκαιότητα** της **μελλοντικής χρήσης** των χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων τεκμαίρεται από το ότι είναι δότες απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά και κύριοι συντελεστές της βελτίωσης της γονιμότητας του εδάφους. Οι απαιτούμενες ποσότητες λιπασμάτων, σύμφωνα με τον FAO (2016), αναμένεται να αυξηθούν τα επόμενα έτη εξαιτίας της ανάγκης για παραγωγή περισσότερων προϊόντων. Αυτό όμως που θα καθορίσει το μέλλον των λιπασμάτων είναι η **ορθολογική χρήση** τους, η οποία μπορεί να περιορίσει σημαντικά τις αρνητικές επιδράσεις τους στο περιβάλλον και να βελτιώσει την αξιοποίησή τους από τα φυτά, με αποτέλεσμα την παραγωγή επαρκών και ποιοτικών προϊόντων. Όλα αυτά μπορούν να επιτευχθούν μέσω 1) της επιλογής λιπασμάτων με ικανοποιητική δυνατότητα απόδοσης θρεπτικών στοιχείων στα φυτά, 2) της χρήσης των λιπασμάτων μετά από διάγνωση της αναγκαιότητας των καλλιεργειών και του εδάφους, και 3) της χρήσης σύγχρονης τεχνολογίας (GIS, GPS, Robot) για την ακριβή στον καλλιεργούμενο χώρο εφαρμογής και την ως εκ τούτου διαχείριση της χωρικής παραλλακτικότητας του εδάφους.

## Βιβλιογραφία

- Barański M., D. Srednicka-Tober et al. 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition* 112:794–811.
- Erisman, J.W., M.A. Sutton, J. Galloway et al. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1(10): 636-639.
- FAO (Food and Agriculture Organisation) of the United Nations. 2016. World fertilizer trends and outlook to 2019. Summary report. Rome. Pages 38.
- Havlin, H.L., S.L. Tisdale, W.L. Nelson, J.D. Beaton. 2014. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*, Eighth Edition. Published by Pearson.
- Kirchmann, H. and M.H. Ryan. 2004. Nutrients in Organic Farming – Are there advantages from the exclusive use of organic manures and untreated minerals? Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site [www.cropscience.org.au](http://www.cropscience.org.au).
- Μπουράνης, Δ. 2014. Θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών: Η μοριακή και φυσιολογική βάση της αποδοτικότητας της χρήσης των θρεπτικών στοιχείων από τα καλλιεργούμενα φυτά. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα. σελ. 423.
- Øvsthus, I., R. Seljassen, E. Stockdale, C. Uhlig, T. Torp, and T.A. Breland. 2017. Yield, nitrogen recovery efficiency and quality of vegetables grown with organic waste-derived fertilisers. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 109:233–248.
- Walworth, J. 2013. *Nitrogen in Soil and the Environment*. The University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. Tucson, Arizona 85721.
- Wesseler, J., A. Bonanno, D. Drabik, V.C. Matera, L. Malaguti, M. Meyer, and T.J. Venus. 2015. Overview of the agricultural inputs sector in the EU. Pages 128. Available at: <http://www.europarl.europa.eu/studies>.
- Woese, K., D. Lange, C. Boess, and K. Werner Bogl. 1997. A Comparison of organically and conventionally grown foods - Results of a review of the relevant literature. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 74:281-293.