

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ- ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ  
ΙΣΤΟΥΣ



Εισηγητές: Βασίλειος Τζανακάκης & Φοιτητές ΕΛΜΕΠΑ



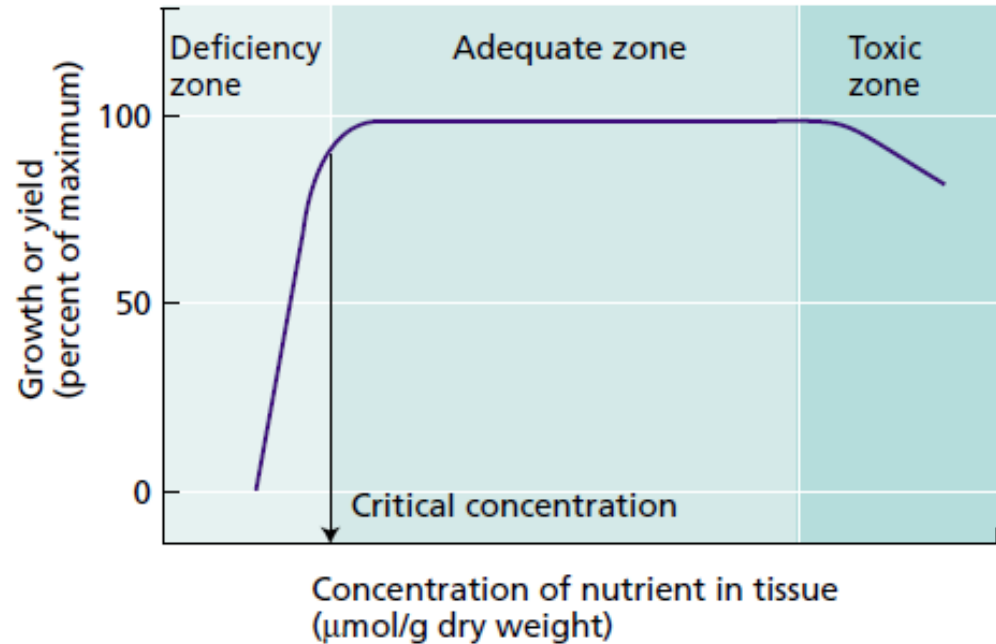
# Εκτίμηση της Θρεπτικής Διαθεσιμότητας-Αναλύσεις εδάφους

- ✓ Εφαρμόζονται αναλύσεις εδάφους και φυτικών ιστών.
- ✓ Η ανάλυση εδάφους αποσκοπεί στην απόκτηση πληροφοριών για τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους.
- ✓ ΣΚΟΠΟΣ Η ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.
- ✓ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ: Η ικανότητα του εδάφους να εξασφαλίζει στα φυτά τις προϋποθέσεις για την άριστη (μέγιστη) σοδειά. Η παραγωγικότητα περιλαμβάνει την γονιμότητα:
- ✓ ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ: Η ικανότητα του εδάφους να παρέχει στα φυτά τα θρεπτικά στοιχεία σε επαρκείς ποσότητες και με σχετικά γρήγορο ρυθμό.
- ✓ Η δειγματοληψία γίνεται για να γίνει έλεγχος της ποιότητας του εδάφους (φυσικά, χημικές και βιολογικές ιδιότητες πχ. N, P, K κα.).
- ✓ Το δείγμα θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό (Θέση και βάθος εδάφους)
- ✓ Ο αριθμός και η συχνότητα των δειγμάτων εξαρτάται από τη φυσιογραφία της περιοχής την καλλιέργεια και την επιδιωκόμενη ακρίβεια.



# Σχέσεις θρεπτικής διαθεσιμότητας και φυτικής παραγωγής- Κρίσιμη Συγκέντρωση-Ζώνες επάρκειας/αναπάρκειας/τοξικότητας

- ✓ «Κρίσιμη συγκέντρωση» στον φυτικό ιστό είναι εκείνη η συγκέντρωση κατά από την οποία η ανάπτυξη του φυτού-απόδοση περιορίζεται σημαντική (Αντιπροσωπεύει το 90-95% της μέγιστης απόδοσης).
- ✓ «Αριστη συγκέντρωση» είναι εκείνη η συγκέντρωση κατά από την οποία επιτυγχάνεται σχεδόν η μέγιστη απόδοση.
- ✓ Κάτω από την κρίσιμη συγκέντρωση δημιουργείται μία ζώνη **ανεπάρκειας** στην οποία η απόδοση μειώνεται σημαντικά
- ✓ Η ζώνη **επάρκειας** έπεται της κρίσιμης συγκέντρωσης και στην οποία η αύξηση της συγκέντρωσης ενός στοιχείου σχετίζεται με την μέγιστη απόδοση.
- ✓ Περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του θρεπτικού στοιχείου στους φυτικούς ιστούς προκαλεί ελάττωση της απόδοσης πιθανότατα λόγω τοξικότητας από το θρεπτικό στοιχείο γιαυτό και ονομάζεται ζώνη **τοξικότητας**.



**FIGURE 5.3** Relationship between yield (or growth) and the nutrient content of the plant tissue. The yield parameter may be expressed in terms of shoot dry weight or height. Three zones—deficiency, adequate, and toxic—are indicated on the graph. To yield data of this type, plants are grown under conditions in which the concentration of one essential nutrient is varied while all others are in adequate supply. The effect of varying the concentration of this nutrient during plant growth is reflected in the growth or yield. The critical concentration for that nutrient is the concentration below which yield or growth is reduced.

# Ο ρόλος του P στη θρέψη των φυτών - Συμπτώματα ανεπάρκειας

- ✓ Ο P είναι συστατικό φωσφορικών σακχάρων, νουκλεϊκών οξέων, νουκλεοτιδίων, συνενζύμων, φωσφολιπιδίων, φυτικού οξέος κ.λπ.
- ✓ Βασικός ρόλος στις αντιδράσεις που περιλαμβάνουν ATP.
- ✓ Εμπλέκεται στην αναπνοή και φωτοσύνθεση.
- ✓ Ο P ρυθμίζει το pH του κυττάρου, τα αναπαραγωγικά όργανα και την αύξηση της ρίζας.
- ✓ Η ανεπάρκεια P επηρεάζει την ανάπτυξη των νεαρών φυτών και δίνει ένα **σκούρο πράσινο χρώμα στα φύλλα**, τα οποία ενδέχεται παραμορφωθούν ή να περιέχουν νεκρωτικά σημεία
- ✓ Όπως και στην έλλειψη αζώτου, ορισμένα είδη μπορεί να παράγουν περίσσεια ανθοκυανινών, δίνοντας στα φύλλα έναν ελαφρύ μωβ χρωματισμό.
- ✓ Πρόσθετα συμπτώματα ανεπάρκειας φωσφόρου περιλαμβάνουν την παραγωγή λεπτών (αλλά όχι ξυλώδους υφής) στελεχών και του θάνατος παλαιότερων φύλλων.
- ✓ Η ωρίμανση του φυτού μπορεί επίσης να καθυστερήσει.



Phosphorus deficiency symptoms in tomato. (Epstein and Bloom 2004)

# Οι διαταραχές της θρεπτικής κατάστασης του φυτού

## Ασβέστιο

Καχεκτική ανάπτυξη του φυτού.  
Στρέβλωση και ακανόνιστο σχήμα νεαρών φύλλων.

νέα βλάστηση

## Σίδηρος

Μεσονεύριες χλωρώσεις στα νεαρά φύλλα (σε ακραίες περιπτώσεις τα φύλλα αποχρωματίζονται και παρουσιάζουν λεύκανση ή καστανές κηλίδες).

παλιά

## Κάλιο

Ωχροκίτρινη απόχρωση της περιφέρειας των φύλλων. Οι βλαστοί του φυτού είναι ασυνήθιστα λεπτοί. Δυσκαμψία και πρόωρη ξυλοποίηση των βλαστών.

## Άζωτο

Κιτρίνισμα των γηραιότερων φύλλων (κυρίως στη βάση του φυτού). Μικρό μεσογονάτιο διαστήματα.

Ολόκληρο το φυτό έχει ένα ανοιχτό πράσινο χρώμα.

## Διοξείδιο του άνθρακα

Τα φυτά μένουν μικρότερα και αναπτύσσονται αργά. Το μέγεθος φύλλων είναι μικρό, η ανάπτυξη αργή. Συχνά υπάρχουν λευκές εναποθέσεις στα φύλλα (βιογενική απαβεστοποίηση)

## Μαγγάνιο

Μεσονεύριες χλωρώσεις στα νεαρά φύλλα. Νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα. Κακοσχηματισμός των φύλλων. Καχεξία φυτού.

## Φώσφορο

Αποχρωματισμός των γηραιότερων φύλλων (μωβ και χαλκίνο χρώμα). Νεκρωτικές κηλίδες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Κοκκίνισμα των μίσχων. Ολόκληρο το φυτό έχει ένα σκούρο πράσινο χρώμα.

## Μαγνήσιο

Περιφερειακή και αργότερα πλάγια ή μεσονεύρια χλωρώση των φύλλων μεταξύ των κυρίων νεύρωσεων. Ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων αντί χλωρώσης.

www.plantpro.gr



Plant Protection



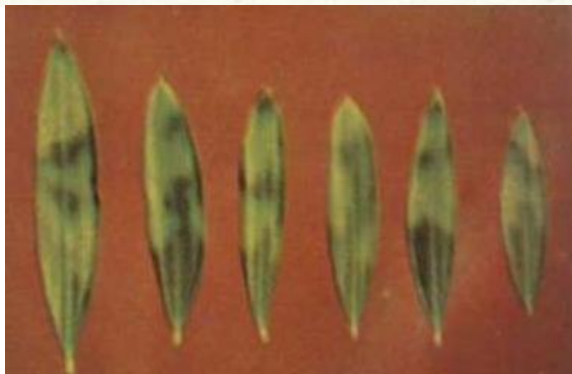
<https://plantpro.gr/kaliergies/f1120503/469>



<https://plantpro.gr/kaliergies/f1041000/112>



[https://agritech.tnau.ac.in/horticulture/plant\\_nutri/guava\\_phos.html](https://agritech.tnau.ac.in/horticulture/plant_nutri/guava_phos.html)



<https://plantpro.gr/post/626>



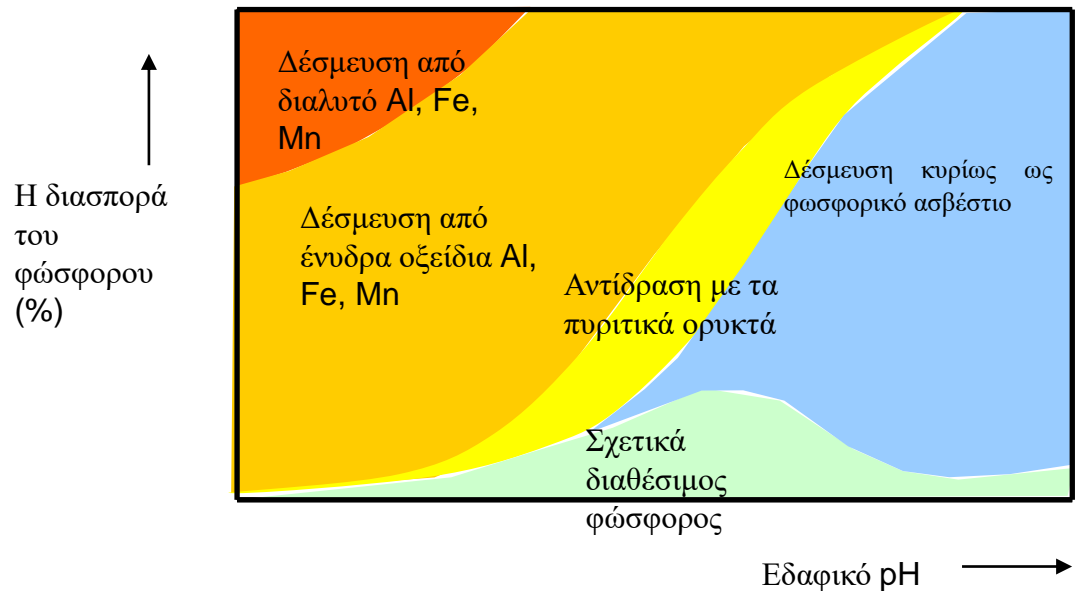
<https://plantpro.gr/kaliergies/f1019999/778>



<http://geoponicblog.blogspot.com/2014/12/ph.html>

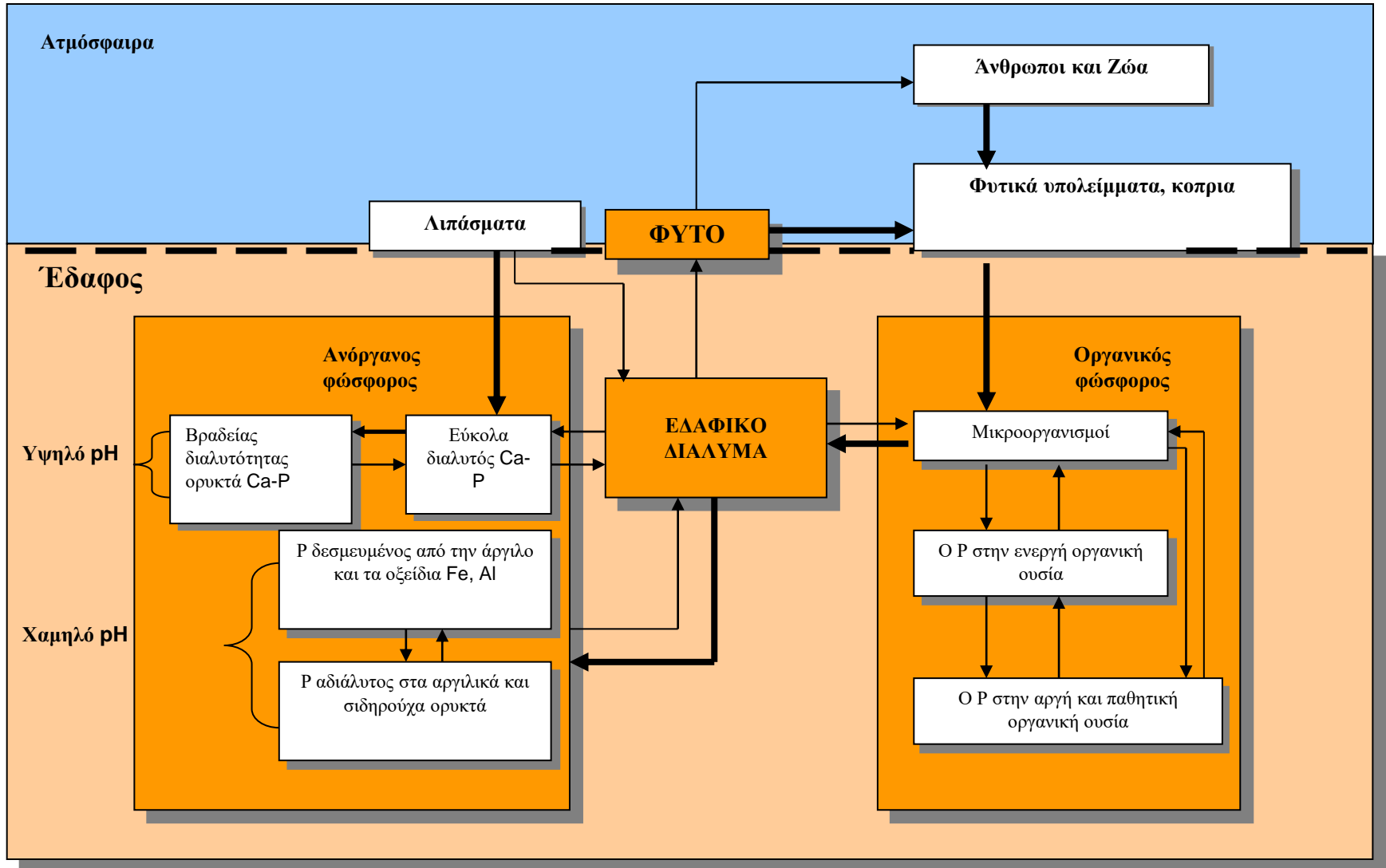
# Το pH είναι σημαντικός παράγοντας που ρυθμίζει την κινητικότητα του φωσφόρου

Το υψηλό pH οδηγεί στην εναλλαγή των προσροφημένων φωσφορικών ιόντων με τα  $\text{OH}^-$  και  $\text{HCO}_3^-$  του εδαφικού διαλύματος αυξάνοντας την συγκέντρωσή τους μέσα σε αυτό. Επίσης, η διαλυτότητα του φωσφόρου σε υψηλό pH εξαρτάται από την διαλυτότητα των υπαρχόντων ασβεστούχων φωσφορικών ορυκτών.



Σε χαμηλό pH, προκαλείται κατακρήμνιση του φωσφόρου από τα διαλυτά ιόντα  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  και  $\text{Mn}^{3+}$ .

# Ο κύκλος του φωσφόρου (P)



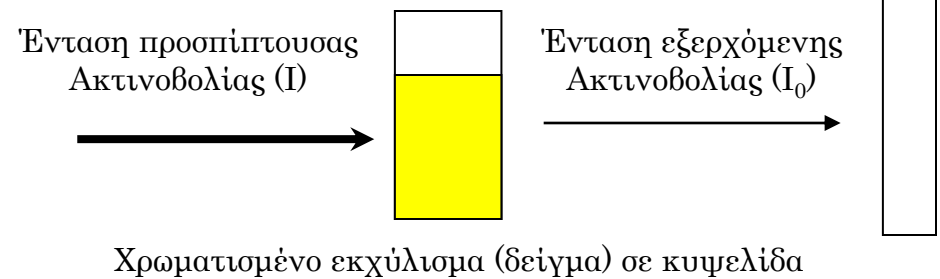
# Φασματοφωτομετρία

Η μέθοδος στηρίζεται στην ιδιότητα χρωματισμένων ουσιών να απορροφούν ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος. Η ένταση της απορρόφησης είναι συνάρτηση της έντασης του χρώματος άρα και της συγκέντρωσης του στοιχείου ή της ένωσης που έδωσε το χρώμα. Οι παραπάνω αλληλεπιδράσεις περιγράφονται από τον νόμο των Lambert-Beer:

$$\log I/I_0 = ebC = A$$

Όπου:

- (I) Ένταση προσπίπτουσας Ακτινοβολίας
- ( $I_0$ ) Ένταση εξερχόμενης Ακτινοβολίας
- (e) Μοριακός συντελεστής απορρόφησης
- (b) Μήκος διανυθείσας διαδρομής
- (C) Συγκέντρωση διαλύματος
- (A) Απορρόφηση



**Ο νόμος των Lambert-Beer** ισχύει υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις:

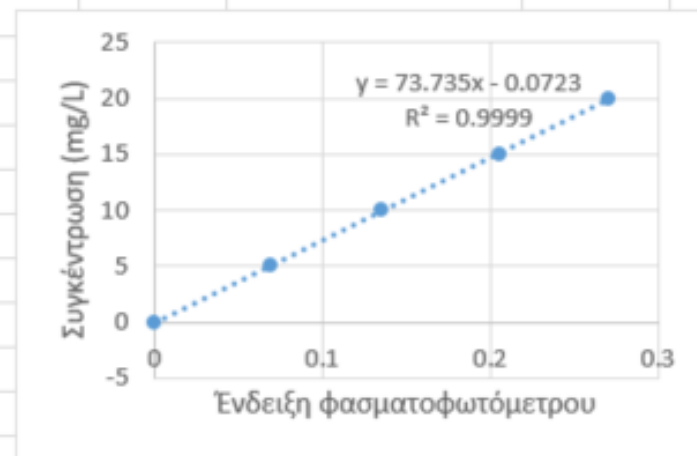
- Η απορρόφηση είναι ο μόνος μηχανισμός αλληλεπίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και της διαλυμένης ουσίας.
- Η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι μονοχρωματική.
- Η διατομή του όγκου του διαλύματος είναι ομοιόμορφη.
- Τα απορροφούντα μόρια της ουσίας δρουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.



# Βαθμολόγηση του φασματοφωτόμετρου

- Η βαθμολόγηση (κατασκευή της συνάρτησης) γίνεται για να βρεθεί η σχέση της ένδειξης του οργάνου με την συγκέντρωση σε P. Γίνεται συγχρόνως με την ανάλυση και για να γίνει χρησιμοποιούνται πρότυπα διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης σε P.
- **Μετά την βαθμονόμηση** γίνεται η μέτρηση του δείγματος και λαμβάνουμε την ένδειξη του οργάνου. Με βάση τη κατασκευασμένη συνάρτηση αντιστοιχούμε την ένδειξη του οργάνου σε συγκέντρωση P στο δείγμα.

Ένδειξη	Συγκέντρωση (mg/L)
0	0
0.07	5
0.136	10
0.206	15
0.271	20



# Μέθοδος Βαναδομολυβδαινικού Αμμωνίου-Αρχή μεθόδου-Αντιδραστήρια

## Αρχή της μεθόδου.

Βαναδικές, μολυβδαινικές και ορθοφωσφορικές ενώσεις αντιδρούν μεταξύ τους σε όξινο περιβάλλον και δίνουν ένα σύμπλοκο με κίτρινο χρώμα. Η ένταση του χρώματος είναι πρακτικά ανάλογη με την περιεκτικότητα του P στο διάλυμα μέσα όμως σ' ορισμένα όρια.

## Αντιδραστήρια

### *Βαναδομολυβδαινικό αμμώνιο.*

- 22,5 g μολυβδαινικού αμμωνίου διαλύονται σε 400 ml νερό.
- 1,25 g βαναδικού αμμωνίου διαλύονται σε 300 ml νερό που βράζει.
- Προστίθενται 250 ml πυκνό νιτρικό οξύ.

### *Διάλυμα P 50 ppm.*

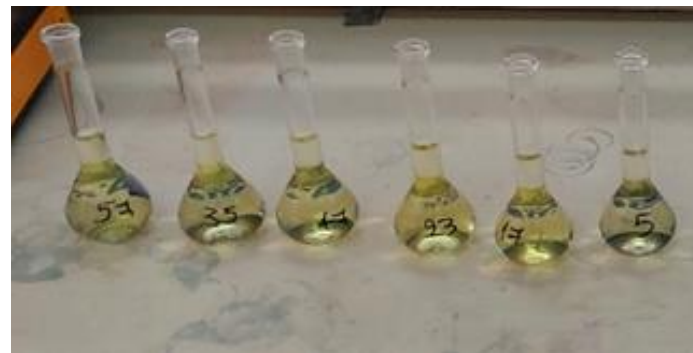
- Παρασκευάζεται διαλύοντας 0,2195 g δισόξινο φωσφορικό κάλι ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) σε ένα λίτρο νερό.
- Με αραιώσεις προκύπτουν τα διαλύματα 0-5-10-15-20 ppm P (standards).

# Μέθοδος Βαναδομολυβδαινικού Αμμωνίου-Αρχή μεθόδου-Διαδικασία

- Προσθήκη 10 ml stock διαλύματος (διάλυμα στο οποίο περιέχονται τα θρεπτικά στοιχεία)
- Προσθήκη 10 ml διαλύματος βαναδομολυβδαινικού αμμώνιου
- Συμπληρώνουμε με νερό έως τα 50 ml
- Κατασκευάζουμε τα πρότυπα διαλύματα 0-5-10-15-20 ppm P
  - ✓ (προσθήκη 0, 5, 10, 15, και 20 ml από το διάλυμα P 50 ppm,
  - ✓ προσθήκη 10 ml διαλύματος βαναδομολυβδαινικού αμμώνιου στο κάθε ένα,
  - ✓ συμπληρώνουμε με νερό έως τα 50 ml σε όλα όπως στο δείγμα
- Αφήνουμε 30 όλα τα διαλύματα σε θερμοκρασία δωματίου για την ανάπτυξη του κίτρινου χρώματος.



Απεικόνιση standards (0,5,10,15,20)



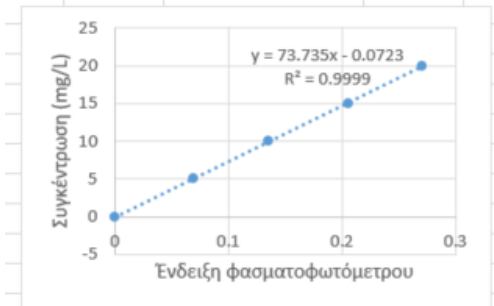
Απεικόνιση δειγμάτων

# Πρόβλημα-Υπολογισμοί

- Πραγματικό βάρος ξηρών φυτικών ιστών: 1,200g
- Stock διάλυμα που προήλθε από τους φυτικούς ιστούς: 100 ml.
- Ποσότητα αραιωμένου stock διαλύματος που λήφθηκε για τον προσδιορισμό :10 ml. (Αραίωση του stock διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε 1:4 (Σ.Δ.=5))
- Φιαλίδιο που χρησιμοποιήθηκε: 50 ml.

- Η απορρόφηση του διαλύματος μετρήθηκε 0.15
- Ζητείται η % περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε P

Ένδειξη	Συγκέντρωση (mg/L)
0	0
0.07	5
0.136	10
0.206	15
0.271	20



# Λύση

Με βάση την καμπύλη από τα πρότυπα διαλύματα προέκυψε ότι η συγκέντρωση P του διαλύματος που περιέχει τα 10 ml από το stock διάλυμα είναι **11 mg/L P**

Δηλαδή:

Τα 1000 ml διαλύματος που μετρήθηκε περιέχουν 11,0 mg P.

Τα 50 ml που είναι το φιαλίδιο περιέχουν  $X=?$  “ “

$$X=50 \times 11 / 1000 = 0,55 \text{ mg P.}$$

Τα 5 ml αραιωμένου stock διαλύματος περιέχουν 1 ml stock διάλυμα

Στα 10 ml αραιωμένου stock διαλύματος  $X=?$

$$X=1 \times 10/5=2 \text{ ml stock διάλυμα}$$

Άρα τα 2 ml του stock διαλύματος περιέχουν 0,55 mg P

Τα 100 ml “ “ “  $X$  “ “

$$0,55 \times 100/2 = 27,5 \text{ mg P.}$$

Τα 1,200 g ή 1200 mg φυτικών ιστών περιέχουν 27,5 mg P

Τα 100 mg φυτικών ιστών περιέχουν  $X$ ; mg P

$X= 27,5 \times 100/ 1200 = 2,29 \text{ mg P}$  δηλαδή η επί τοις εκατό περιεκτικότητα του φωσφόρου στον φυτικό ιστό (ξηρό βάρος) είναι 2,29 (2,29%)

# Αξιολόγηση αποτελέσματος: Παράδειγμα ανάλυσης σε φύλλα ελιάς

## ΠΙΝΑΚΑΣ

Αποτελεσμάτων Ανάλυσης Δείγματος Φύλλων.  
Ελιά (Χειμώνας) 25 ετών

	Μακροστοιχεία %										
	Ολικό N		P		K		Ca		Mg		S
Τιμές Επάρκειας:	1.60	2.00	0.09	0.12	0.70	1.00	1.00	2.50	0.10	0.30	
<b>Αποτέλεσμα:</b>	<b>1.554</b>		<b>0.41</b>		<b>0.77</b>		<b>2.12</b>		<b>0.24</b>		
Χαρακτηρισμός:	<b>MA</b>		Y		E		E		E		

	Ιχνοστοιχεία ppm										
	B		Mn		Zn		Fe		Cu		Mo
Τιμές Επάρκειας:	20	50	50	150	10	30	50	150	5.00	20.00	
<b>Αποτέλεσμα:</b>	<b>18.57</b>		<b>46.35</b>		<b>10.87</b>		<b>128.80</b>		<b>6.8</b>		
Χαρακτηρισμός:	<b>MA</b>		<b>MA</b>		<b>ME</b>		E		E		

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ: **A:** Ανεπάρκεια, **MA:** Μερική Ανεπάρκεια, **ME:** Μερική Επάρκεια, **E:** Επάρκεια, **Y:** Υπερεπάρκεια



Σας ευχαριστώ για την  
προσοχή σας