

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 30ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1992

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΜΙΧΑΗΛ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ.— Έκτίμηση του διαθεσίμου καλίου και των έδαφών με
τή μέθοδο του όξεικου άμμωνίου και τὰ προβλήματά της, υπό
Α. Δ. Σιμόνη και Σ. Μπλαδενοπούλου*, δια του 'Ακαδημαϊκου κ. 'Ιωάννου
Παπαδάκη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κάλι υπάρχει στο έδαφος σε διάφορες μορφές [31, 32], που ανάλογα με το βαθμό διαθεσιμότητάς του στο φυτό, χαρακτηρίζεται ως Κ-έδαφοδιαλύματος (ύδατοδιαλυτό), Κ-έναλλακτικό και Κ-μη-έναλλακτικό. Το κάλι του έδαφοδιαλύματος και το έναλλακτικό αποτελούν τις μορφές του έδαφικου καλίου που κυρίως προσλαμβάνουν τα φυτά, και μολονότι τα φυτά προσλαμβάνουν και μη-έναλλακτικό κάλι [1, 32], οι περισσότερες μέθοδοι που χαρακτηρίζουν τα έδάφη άναφορικά με τη διαθέσιμη ποσότητα που περιέχουν, βασίζονται στον προσδιορισμό του έναλλακτικού καλίου [4, 34, 43].

Για την έκχύλιση του έναλλακτικού καλίου των έδαφών χρησιμοποιούνται διάφορα έκχυλιστικά διαλύματα [31, 37]. Ανάλογα με τις ιδιότητες των έκχυλιστικών αυτών και τις συνθήκες έκχύλισης που εφαρμόζονται, έκχυλίζονται διάφορα ποσοστά του έναλλακτικού καλίου [21, 36]. Άραια διαλύματα άλάτων θεωρούνται, γενικά, ως τα πιο κατάλληλα έκχυλιστικά για τον προσδιορισμό του έναλλακτικού καλίου του έδαφους και ή διάκριση μεταξύ έναλλακτικού και μη-έναλλακτικού καλίου επιτυγχάνεται καλύτερα με διαλύματα άλάτων άμμωνίου [21, 31, 36]. Άπ' αυτά, το

* A. D. SIMONIS, S. B. BLADENOPOULOU, **Assessment of available potassium of soils by the method of ammonium acetate and its problems.**

διάλυμα του όξιου άμμωνίου (NH_4OAc) θεωρείται λόγω των χαρακτηριστικών του να έχυλιζει μια όρισμένη μορφή του έδαφικού καλίου και να μὴ αφήνει ύπολείμματα άλάτων στον καυστήρα του φλογοφωτομέτρου, ως το πρότυπο έχυλιστικό διάλυμα για τον προσδιορισμό του έναλλακτικού καλίου των έδαφών [10, 28, 31]. Πιο ειδικά, το έναλλακτικό κάλι όρίζεται ως εκείνο που έχυλιζεται με ουδέτερο κανονικό διάλυμα NH_4OAc , εκτός από το ύδατοδιαλυτό κάλι [16] που συνυπολογίζεται συνήθως με το έναλλακτικό και οι δυο μορφές μαζί αναφέρονται ως όλικό κάλι του έδάφους.

Το έναλλακτικό κάλι του έδάφους έπικράτησε να ύποδηλώνει το διαθέσιμο κάλι του έδάφους και να εκφράζει την έννοια της παραμέτρου ποσότητας [31], αλλά αυτό επιτυγχάνεται μερικώς μόνο, αφού τα φυτά μπορούν να προσλαμβάνουν και μη-έναλλακτικό κάλι του έδάφους. Έπιπλέον ό προσδιορισμός του έναλλακτικού καλίου των έδαφών δέν μάς δίνει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα διάχυσης των ίόντων καλίου προς τις ρίζες των φυτών και κατ' επέκταση για το βαθμό διαθεσιμότητάς τους στα φυτά [14]. Είναι άναγκαίο να γνωρίζουμε κατά πόσο ό ρυθμός με τον όποιο οι ρίζες των φυτών τροφοδοτούνται με κάλι είναι ίκανοποιητικός ώστε να συμβαδίζει με το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών [14].

Πολλές ιδιότητες του έδάφους επηρεάζουν το βαθμό διαθεσιμότητας του έναλλακτικού καλίου [7, 41, 44], μεταξύ των όποιων ή μηχανική σύσταση βρέθηκε να παίζει το σημαντικότερο ρόλο [11, 20, 23]. Σε έδαφη που διαφέρουν κατά την περιεκτικότητά τους σε άργιλλο παρατηρήθηκε μια φτωχή σχέση του έναλλακτικού καλίου των έδαφών με τη συγκέντρωση καλίου του έδαφοδιαλύματος [23, 39], καθώς και με την πρόσληψη καλίου από τα φυτά [12, 22]. Στην Όλλανδία [8] ή εκτίμηση του διαθέσιμου καλίου των έδαφών γίνεται με τη μέθοδο του HCl . Βρέθηκε, όμως, ότι ή ποσότητα του έχυλιζόμενου καλίου του έδάφους με το διάλυμα 0,1N HCl χρειάζεται να εκτιμηθεϊ διαφορετικά για έδαφη που διαφέρουν κατά την περιεκτικότητά τους σε κλάσματα μηχανικής σύστασης $< 16 \mu$ ή $\text{pH} < 5$, (26, 27). Η μέθοδος Morgan, όπως τροποποιήθηκε από τον Barbier [2] αναφέρεται στη βιβλιογραφία [4] ότι, δίνει άποτελέσματα ανάλογα με κείνα που λαμβάνονται από μετρήσεις του έναλλακτικού καλίου διορθωμένες για την περιεκτικότητα σε άργιλλο, διάλυμα δέ 0,025 N CaCl_2 ότι έχυλιζει μια έλαττούμενη αναλογία του έναλλακτικού καλίου από έδαφη με αυξανόμενη ποσότητα άργίλλου [13, 33]. Στα έπόμενα λίγα χρόνια παραπέρα προσοχή άναμένεται να δοθεϊ πάνω στις ιδιότητες του έδάφους που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του έδαφικού καλίου και στις άλληλεπιδράσεις τους [7, 41].

Η έργασία αυτή περιλαμβάνεται στο γενικότερο πλαίσιο των έρευνητικών δραστηριοτήτων του Ίδρύματος πάνω σε θέματα γονιμότητας του έδάφους. Έχει σαν

σκοπό τή διερεύνηση-αξιολόγηση τῆς μεθόδου τοῦ δξικιοῦ ἀμμωνίου, πού χρησιμοποιεῖται στίς πιό πολλές χώρες τοῦ κόσμου γιά τήν ἐκτίμηση τοῦ διαθέσιμου καλίου τῶν ἐδαφῶν [4, 8, 28, 31, 43] καί στήν ἀπόκτηση τῶν βασικῶν ἐκείνων γνώσεων πού θεωροῦνται ἀπαραίτητες γιά τήν καλύτερη κατανόηση τῶν προβλημάτων πού συναντῶνται κατὰ τή χρήση της. Ἡ μέθοδος συμπεριλήφθηκε ἤδη πρὸς βαθμολόγηση, μὲ κατάλληλα πειράματα, στὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα «Ἐκτίμηση τῶν ἀπαιτήσεων τῶν λιπασμάτων βασικῶν καλλιεργειῶν μὲ βάση τήν ἀνάλυση τοῦ ἐδάφους». Παράλληλα μελετᾶται καί ἡ μέθοδος Dirks, πού στή χώρα μας ἔχει μιὰ μακρὰ ἱστορία καί τὰ πειραματικὰ δεδομένα πού πάρθηκαν [29, 40, 42] συνέτειναν στὸ νὰ χρησιμοποιεῖται ἀκόμα στὸ Ἴδρυμά μας.

ΥΛΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν, συνολικά, εἰκοσιπέντε ἐπιφανειακὰ δείγματα ἐδάφους ἀπὸ διάφορες γεωργικὲς περιοχὲς τῆς Βόρειας Ἑλλάδος καί στὸ ἐργαστήριο προσδιορίστηκαν σύμφωνα μὲ τήν ἰσχύουσα μεθοδολογία [15] τὰ γενικὰ χαρακτηριστικὰ τους. Ἡ περιεκτικότητα τῶν ἐδαφῶν σὲ κλάσματα μηχανικῆς σύστασης <20 μ (ἄργιλλος + λεπτὴ ἰλύς) κυμαίνονταν ἀπὸ 9-56%, οἱ τιμὲς pH (KCl) ἀπὸ 4,18-7,53, ἡ περιεκτικότητα σὲ ὀργανικὴ ὕλη ἀπὸ 0,9-12% καί τὸ CaCO₃ ἀπὸ 0-28,3%. Τὰ ἐδάφη στή συνέχεια ἐκχυλίστηκαν μὲ διάλυμα NH₄OAc σὲ δυὸ ἀναλογίαις ἔδαφος: ἐκχυλιστικὸ 1:10 καί 1:25 (ἀπλή ἐκχύλιση 5 g ἐδάφους + 50 ml ἐκχυλιστικὸ καί τριπλὴ ἐκχύλιση 4 g ἐδάφους + 33 ml ἐκχυλιστικὸ), μὲ κορεσμένο μὲ CO₂ ἀπεσταγμένο νερό (μέθοδος Dirks) (9) καί μὲ ζέον διάλυμα 1 N HNO₃ [45].

Γιὰ τή λήψη βιολογικῶν κριτηρίων ἀξιολόγησης τῶν τιμῶν ἀνάλυσης τοῦ ἐδαφικοῦ καλίου, τὰ ἐδάφη καλλιεργήθηκαν μὲ φυτὰ ryegrass (*Lolium perenne*) σὲ δοχεῖα (3 ἐπαναλήψεις), σύμφωνα μὲ τήν τεχνικὴ πειραματισμοῦ πού περιγράφεται σὲ ἄλλη μας ἐργασία [38]. Ἐγιναν συνολικά 5 κοπὲς τῶν φυτῶν (ἀνὰ 5 βδομάδες περίπου κάθε κοπή) καί ἀντίστοιχοι προσδιορισμοὶ καλίου στή φυτικὴ ὕλη.

Ἡ συγκέντρωση καλίου στὰ διάφορα ἐκχυλίσματα ἐδάφους καί φυτικῆς ὕλης προσδιορίστηκε φλογοφωτομετρικά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στὸν Πίν. 1 δίνονται τὸ εὔρος τῶν τιμῶν καί οἱ μέσες τιμὲς τοῦ καλίου πού ἐκχυλίστηκε ἀπὸ τὰ 25 ἐδάφη μὲ τὰ ἐκχυλιστικὰ πού χρησιμοποιήθηκαν. Οἱ διορθωμένες NH₄OAc-K τιμὲς προέκυψαν ἀπὸ τήν παρακάτω σχέση πού χρησιμοποιεῖ-

τα στην 'Ολλανδία [5, 26, 27] για τή διόρθωση τῶν τιμῶν τοῦ ἐναλλακτικοῦ καλίου πού λαμβάνονται μετὴ τῆ μέθοδο τοῦ HCl:

$$\text{διορθωμένες τιμές ἐναλλακτικοῦ K} = \frac{\text{τιμές ἐναλ. K} \times \text{b}}{0,15 \times \text{pH(KCl)} - 0,05}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Εὔρος τιμῶν καὶ μέσες τιμές τοῦ καλίου πού ἐκχυλίστηκε ἀπὸ τὰ 25 ἐδάφη μετὰ τὰ ἐκχυλιστικά πού χρησιμοποιήθηκαν.

Ranges and mean values of potassium extracted by the extractants used from the 25 soils.

Ἐκχυλιστικό	Εὔρος τιμῶν mgK/100 g ἐδάφους	Μέσες τιμές mgK/100 g ἐδάφους
1N NH ₄ OAc (1:10)	6,2-45,9	25,9
1N NH ₄ OAc (1:25)	7,8-49,5	28,2
κορεσμέν. μετὰ CO ₂ ἀπεσταγμένο H ₂ O	0,21-0,90	0,52
1N NH ₄ OAc (1:10) (διορθωμένες τιμές)	7,6-58,6	31,1
1N HNO ₃	20,4-130,2	74,2

Οἱ τιμές τοῦ b ὑπολογίστηκαν ἀπὸ τὴν ἐκατοστιαία περιεκτικότητα τῶν ἐδαφῶν σὲ κλάσματα μηχανικῆς σύστασης <20 μ (ἄργιλλος + λεπτή ἰλύς) καὶ τοὺς συντελεστὲς διόρθωσης πού χρησιμοποιοῦνται ἀντίστοιχα στὴν 'Ολλανδία [26] γιὰ τὴν ἐκατοστιαία περιεκτικότητα τῶν ἐδαφῶν σὲ κλάσματα μηχανικῆς σύστασης <16 μ.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος τοῦ θερμοκηπίου καὶ τῶν ἐργαστηριακῶν ἀναλύσεων ὑπέστησαν στατιστικὴ ἐπεξεργασία. Στὸν Πίν. 2 δίνονται οἱ ἀριθμητικὲς τιμές καὶ τὰ ἐπίπεδα σημαντικότητας τῶν συντελεστῶν συσχέτισης μεταξὺ δεικτῶν διαθεσιμότητας τοῦ καλίου τῶν ἐδαφῶν (ἐκχυλισθέντων ποσῶν καλίου) καὶ ἀπόδοσης ξηρῆς οὐσίας φυτῶν ryegrass - πρόσληψης καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ ryegrass κατὰ τὴν 1η, 1η+2η, 1η+2η+3η, 1η+2η+3η+4η, 1η+2η+3η+4η+5η κοπή. Στὶς Εἰκ. 1 καὶ 2 παρίσταται γραφικὰ ἡ σχέση τῆς ὀλικῆς πρόσληψης καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ (σύνολο πέντε κοπῶν) ἀντίστοιχα, μετὰ τις τιμές NH₄OAc-K τῶν ἐδαφῶν (Εἰκ. 1) καὶ μετὰ τις διορθωμένες τιμές NH₄OAc-K τῶν ἐδαφῶν (Εἰκ. 2), στὴ δὲ Εἰκ. 3 παρίστανται οἱ διαφορὲς σὲ ἐναλλακτικὸ καὶ μὴ-ἐναλλακτικὸ κάλι τῶν 25 ἐδαφῶν πού μελετήθηκαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

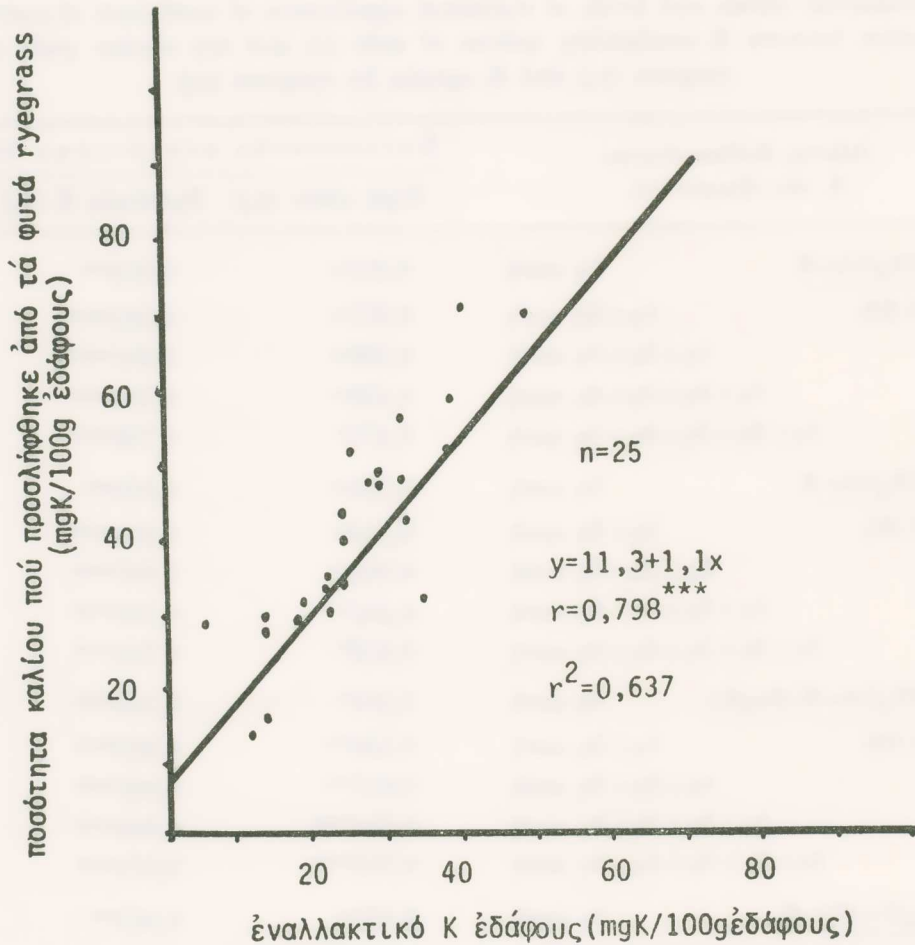
Αριθμητικές τιμές και επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ δεικτών διαθεσιμότητας του καλίου των έδαφών (χ) και απόδοσης ξηρής ουσίας φυτών ryegrass (y_1) και πρόσληψης καλίου από τα φυτά ryegrass (y_2).

Numerical values and levels of statistical significance of coefficient of correlation between K-availability indices of soils (x) and dry matter yield of ryegrass (y_1) and K-uptake by ryegrass (y_2).

Δείκτης διαθεσιμότητας K των έδαφών (x)	Συντελεστής συσχέτισης (r)		
	Ξηρή ουσία (y_1)	Πρόσληψη K (y_2)	
NH ₄ OAc-K	1η κοπή	0,351 ^{ns}	0,612 ^{**}
(1:10)	1η+2η κοπή	0,377 ^{ns}	0,673 ^{***}
	1η+2η+3η κοπή	0,388 ^{ns}	0,697 ^{***}
	1η+2η+3η+4η κοπή	0,428 ^{ns}	0,781 ^{***}
	1η+2η+3η+4η+5η κοπή	0,475 [*]	0,798 ^{***}
NH ₄ OAc-K	1η κοπή	0,325 ^{ns}	0,570 ^{**}
(1:25)	1η+2η κοπή	0,340 ^{ns}	0,635 ^{***}
	1η+2η+3η κοπή	0,362 ^{ns}	0,667 ^{***}
	1η+2η+3η+4η κοπή	0,372 ^{ns}	0,745 ^{***}
	1η+2η+3η+4η+5η κοπή	0,432 [*]	0,754 ^{***}
NH ₄ OAc-K (διορθ.)	1η κοπή	0,514 [*]	0,745 ^{***}
(1:10)	1η+2η κοπή	0,530 ^{**}	0,833 ^{***}
	1η+2η+3η κοπή	0,617 ^{**}	0,907 ^{***}
	1η+2η+3η+4η κοπή	0,644 ^{***}	0,948 ^{***}
	1η+2η+3η+4η+5η κοπή	0,734 ^{***}	0,972 ^{***}
H ₂ O+CO ₂ -K	1η κοπή	0,425 ^{ns}	0,562 ^{**}
(Dirks)	1η+2η κοπή	0,322 ^{ns}	0,573 ^{**}
	1η+2η+3η κοπή	0,352 ^{ns}	0,601 ^{**}
	1η+2η+3η+4η κοπή	0,375 ^{ns}	0,631 ^{***}
	1η+2η+3η+4η+5η κοπή	0,380 ^{ns}	0,638 ^{***}

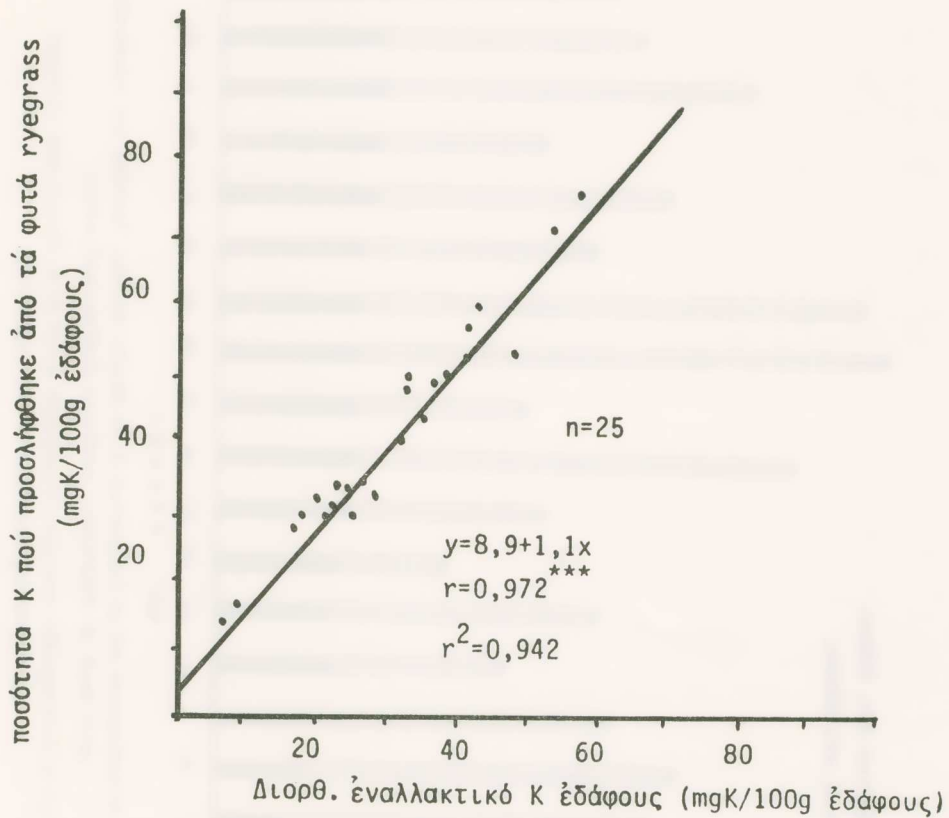
*' **' ***= Σημαντικότητα σε επίπεδο 0,05, 0,01, 0,001, αντίστοιχα.

ns = μη σημαντική



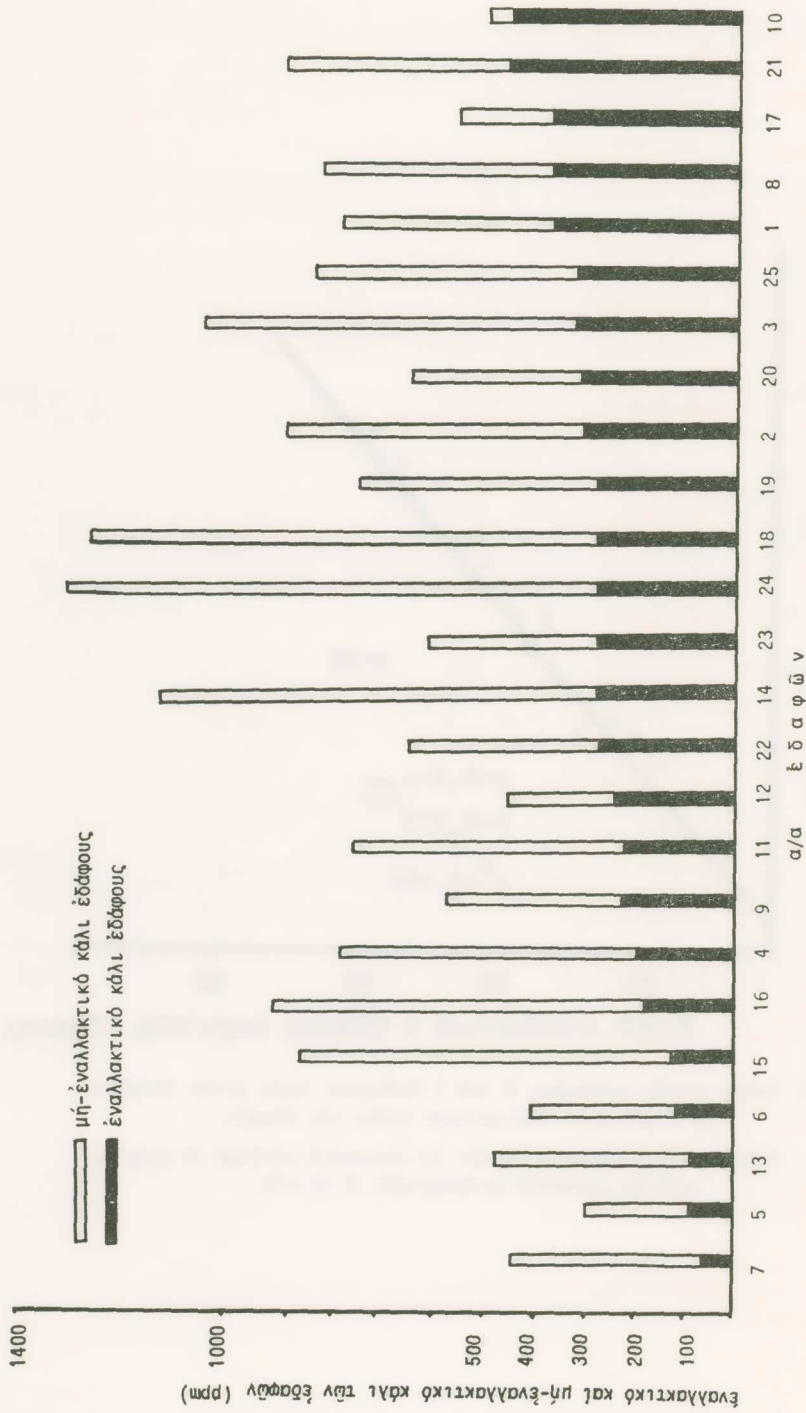
Εικ. 1. Σχέση μεταξύ πρόσληψης K από 5 διαδοχικές κοπές φυτών ryegrass και έναλλακτικού καλίου του εδάφους.

Relationship between K-uptake by successive cuttings of ryegrass and the exchangeable K of soils.



Εικ. 2. Σχέση μεταξύ πρόσληψης Κ από 5 διαδοχικές κοπές φυτών ryegrass και διορθωμένου έναλλακτικού καλίου τών εδαφών.

Relationship between K-uptake by successive cuttings of ryegrass and the corrected exchangeable K of soils.



Εικ. 3. Διαφορές σε έναλλακτικό και μη έναλλακτικό K 25 εδαφών τής Βορ. Ελλάδας που τοποθετήθηκαν κατά σειρά με αυξανόμενες ποσότητες έναλλακτικού καλίου.

Differences in exchangeable and non-exchangeable K for 25 N. Greece soils arranged in increasing amounts of exchangeable-K.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἡ ἀπλή ἐκχύλιση μὲ κανονικὸ διάλυμα ὀξεικοῦ ἀμμωνίου (NH_4OAc) ἐκχύλισε ἀπὸ τὰ ἐδάφη, κατὰ μέσο ὄρο, 25,9 mgK/100 g ἐδάφους ἔναντι 28,2 mgK/100 g ἐδάφους τῆς τριπλῆς (Πίν. 1).

Ἡ ἐξίσωση τῆς εὐθύγραμμης συσχέτισης ἀνάμεσα στὶς ποσότητες καλίου ποὺ ἐκχυλίστηκαν ἀπὸ τὰ ἐδάφη μὲ τὴν ἀπλή καὶ τριπλή ἐκχύλιση ἦταν $y=0,443+0,930x$, ὁ δὲ συντελεστὴς συσχέτισης ἦταν $r=0,989^{***}$. Συγκρίνοντας τὶς τιμὲς τῶν συντελεστῶν συσχέτισης (Πίν. 2) ἀνάμεσα στὴν ὀλικὴ πρόσληψη καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ καὶ τὶς ποσότητες καλίου ποὺ ἐκχυλίστηκαν ἀπὸ τὰ ἐδάφη μὲ τὴν ἀπλή καὶ τριπλή ἐκχύλιση μὲ διάλυμα NH_4OAc , παρατηροῦμε μιὰ μικρὴ ὑπεροχὴ τῆς ἀπλῆς ἐκχύλισης. Τὰ ἐδαφολογικὰ ἐργαστήρια χρειάζονται ἀπλές, γρήγορες καὶ ἀκριβεῖς μεθόδους [10, 16] καὶ ἀπὸ τὴν ἄποψη αὐτὴ ἡ ἀπλή ἐκχύλιση εἶναι πιὸ οἰκονομικὴ, πιὸ γρήγορη καὶ πιὸ ἀπλή στὸ χειρισμό.

Ὑπῆρχε, γενικά, μιὰ καλὴ συσχέτιση (Πίν. 2) μεταξὺ τιμῶν ἀνάλυσης τοῦ ἐδάφους γιὰ διαθέσιμο κάλι καὶ πρόσληψης καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ, ποὺ βελτιωνόταν διαδοχικὰ ἀπὸ τὴν 1η κοπὴ πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς 1ης+...+5ης κοπῆς, ἐνῶ ἡ ἀντίστοιχη συσχέτιση μὲ τὴν ξερὴ οὐσία τῶν φυτῶν (ἀπόδοση) —μὲ ἐξαίρεση τῆς συσχέτισης ἀνάμεσα στὶς διορθωμένες τιμὲς ἐναλλ. Κ τῶν ἐδαφῶν καὶ ἀπόδοσης τῶν φυτῶν— ἦταν στατιστικὰ μὴ-σημαντικὲς (Πίν. 2). Ἡ πρόσληψη θρεπτικῶν ἀπὸ τὰ φυτὰ θεωρεῖται, γενικά, ἡ πιὸ ἀμεση μέτρηση τοῦ διαθέσιμου καλίου τοῦ ἐδάφους, καὶ ἔναντι τῆς ἀπόδοσης, ἓνα καλῦτερο κριτήριο γιὰ σκοποὺς συσχέτισης μὲ τὶς τιμὲς ἀνάλυσης τοῦ ἐδάφους γιὰ κάλι. Ἡ μέθοδος τοῦ ὀξεικοῦ ἀμμωνίου ἀπέδωσε ἀκριβέστερα τὸ διαθέσιμο κλάσμα τοῦ ἐδαφικοῦ καλίου ἀπὸ ὅ,τι ἡ μέθοδος Dirks καὶ μπόρεσε νὰ ἐξηγήσει τὸ 63,7% (Εἰκ. 1) τῆς παραλλακτικότητος στὴν ὀλικὴ πρόσληψη καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ ryegrass. Λαμβάνοντας ὑπόψη τοὺς συντελεστὲς διόρθωσης (26, 27), ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν Ὀλλανδία γιὰ τὴ συνεκτίμηση τῶν ἐπιδράσεων τοῦ pH τῶν ἐδαφῶν καὶ τῆς περιεκτικότητάς τους σὲ ἄργιλλο + λεπτὴ ἰλὺ πάνω στὸ ἐναλλακτικὸ κάλι τῶν ἐδαφῶν, ἡ μέθοδος τοῦ ὀξεικοῦ ἀμμωνίου ἐπιτρέπει τὸν προσδιορισμὸ τῆς ὀλικῆς σχεδὸν πρόσληψης καλίου ἀπὸ τὰ φυτὰ (Εἰκ. 2).

Ἐνα ἀπὸ τὰ προβλήματα τῆς μεθόδου τοῦ ὀξεικοῦ ἀμμωνίου, ὅταν χρησιμοποιεῖται σὰν διαγνωστικὸ μέσο, ἀποτελεῖ ἡ μὴ σταθερὴ σχέση τοῦ NH_4OAc -ἐναλλακτικοῦ καλίου τοῦ ἐδάφους μὲ τὸ κάλι τοῦ ἐδαφοδιαλύματος (24, 35). Γιὰ τὰ ἐδάφη ποὺ μελετήθηκαν μεταξὺ τῆς συγκέντρωσης καλίου στὸ ἐκχύλισμα κορεσμοῦ (= στὸ ἐδαφοδιάλυμα) καὶ τοῦ ἐναλλακτικοῦ καλίου ἡ σχέση ἦταν στατιστικὰ μὴ σημαντικὴ ($r=0,218$). Γιὰ νὰ λάβουμε ὅμως ἓνα ἀξιόπιστο μέτρο τῆς ἰκανότητος

του εδάφους να εφοδιάζει επαρκώς με κάλι το εδαφοδιάλυμα για την κανονική ανάπτυξη των φυτών, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παράμετροι ποσότητας και διάχυσης.

Το έναλλακτικό κάλι δεν μᾶς δίνει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα διάχυσης των ιόντων καλίου στο εδαφοδιάλυμα. Στην Ολλανδία είχε επισημανθεί η επίδραση των ιδιοτήτων του εδάφους πάνω στη διαθεσιμότητα του έναλλακτικού καλίου, πολύ πιό πριν γίνει κατανοητό το επιστημονικό υπόβαθρο της και η επιστήμη την τεκμηριώσει με έρευνες [8]. Βρέθηκε με πειράματα στον αγρό [5, 26, 27] ότι όσο μεγαλύτερη ήταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε κλάσματα μηχανικής σύστασης $< 16 \mu$ και ψηλότερο το pH, τόσο περισσότερο έπρεπε να μειωθεί η αριθμητική τιμή του έναλλακτικού καλίου με διάλυμα $0,1 \text{ N HCl}$ για να δώσει ένα πραγματικό δείκτη της διαθέσιμης ποσότητας καλίου του εδάφους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν και οι συντελεστές διόρθωσης που χρησιμοποιούνται στην Ολλανδία προτάθηκαν μόνο για Ολλανδικές συνθήκες, αποδείχτηκαν όμως να είναι χρήσιμοι και κάτω από συνθήκες πολύ διαφορετικές από τις συνθήκες της Ολλανδίας (8). Για μᾶς έχουν καθαρά προσανατολιστικό χαρακτήρα, αφού θα πρέπει να αξιολογηθούν σε σχέση με το είδος της καλλιέργειας και τον τύπο του εδάφους κάτω από τις δικές μας συνθήκες.

Ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα κατά τη χρήση της μεθόδου του όξιου άμμωνίου είναι το γεγονός ότι το NH_4OAc -έναλλακτικό κάλι του εδάφους παρέχει ένα δείκτη της διαθέσιμης ποσότητας καλίου του εδάφους κατά το χρόνο της δειγματοληψίας, αλλά δεν παρέχει, κατ' ανάγκη, ένα δείκτη του ρυθμού με τον οποίο αναπληρώνεται το έναλλακτικό κάλι του εδάφους από μη-έναλλακτικές πηγές κατά τη διάρκεια μιᾶς καλλιεργητικής περιόδου [37]. Έκχυλιση του εδάφους με ζέον κανονικό διάλυμα HNO_3 χρησιμοποιείται επιτυχώς σε όρισμένες χώρες [6], για τον καθορισμό της σχετικής διαθεσιμότητας του μη-έναλλακτικού καλίου των εδαφών [30]. Στην Εικ. 3 βλέπουμε, διαγραμματικά, τη σχέση ανάμεσα στο έναλλακτικό κάλι των εδαφών και στο μη-έναλλακτικό κάλι που εκχυλίστηκε από τα εδάφη με διάλυμα HNO_3 (K- HNO_3 -K-έναλλακτικό). Ο συντελεστής συσχέτισης (r) για τη σύγκριση αυτή είναι 0,079 και μεταξύ του έναλλακτικού-K και K- HNO_3 των εδαφών 0,334. Τιμές έναλλακτικού καλίου του εδάφους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν μια επάρκεια καλίου έχουν βρεθεί για διάφορες Πολιτείες της Αμερικής να κυμαίνονται από 100-120 ppm ή και περισσότερο, ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλλο (6, 19, 25). Στην Καλιφόρνια [6] όταν λαμβάνονται χαμηλές τιμές NH_4OAc -έναλλακτικού καλίου ($< 100 \text{ ppm}$) μια δεύτερη εκχύλιση με ζέον διάλυμα 1 N HNO_3 εκτελείται στα εδάφη. Εάν η τιμή

που λαμβάνεται είναι κάτω από μια κρίσιμη περιεκτικότητα (<250 ppm) μπορεί να είναι κανείς βέβαιος ότι η ικανότητα των εδαφών να αναπληρώνουν το έναλλακτικό κάλι από μη-έναλλακτικές μορφές καλίου είναι μικρή και θα πρέπει να συσταθεί λίπανση με κάλι [6, 17, 18]. Σύμφωνα με τα παραπάνω μόνο για τα έδαφη 5, 7, 13 (Εικ. 3) θα χρειαζόταν έκχύλιση με HNO_3 , τα όποια όμως έχουν τιμές HNO_3 πολύ πάνω από την κρίσιμη περιεκτικότητα των 250 ppm.

S U M M A R Y

Assessment of available potassium of soils by the method of ammonium acetate and its problems.

Twenty five soils were cropped with ryegrass in greenhouse and the yield and the K content of the above ground parts of the plants were correlated with the quantities of the potassium extracted from the soils by the ammonium acetate (NH_4OAc) extractant. The 1N NH_4OAc single extraction at a 10:1 extractant-soil ratio gave a good correlation value ($r=0,798^{***}$) with the total K-content of plants. This correlation, however, was notably improved ($r=0,972^{***}$), when the NH_4OAc extractable K was multiplied by a correlation factor, resulted from the inclusion of the effects of pH and the content of soil particles smaller than 20 μ , on the exchangeable potassium of soils.

B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

1. Arnold, P. W. and Close, B. M. 1961. Release of non-exchangeable potassium from some British soils, cropped in the Glasshouse. *J. Agr. Sci. Camb.* 57:295-381.
2. Barbier, G. 1941. Dosage rapide de P_2O_5 et de K_2O dans les sols en vue de fixer la fumure. *Ann. Agron.* 208-222.
3. Black, C. A. 1968. Soil-plant relationships. Willy and Sons 2nd ed.
4. Blanchet, R. et Perigaud, S. 1960. Sur l'appréciation du niveau des réserves potassiques des sols; Possibilité d'utilisation d'un test Morgan-Barbier amélioré. *Ann. Agron.* II.3: 347-355.
5. Boon, J. van der. 1973. Development of soil testing in the Netherlands. Institute for Soil Fertility, Haren-Groningen.

6. Brown, A. L. Quicq, J., Gerald, J. der Boer. 1973. Diagnosing Potassium Deficiency by Soil Analysis. California Agriculture. June, p. 13-14.
7. Council on Soil Testing and Plant Analysis. 1974. Handbook on reference methods for Soil Testing .Council on Soil Testing and Plant Analysis. Athens, Ga.
8. Diest, A. van. 1978. Factors affecting the availability of Potassium in Soils. Proc. 14th Congr. Inter. Potash. Inst. Bern, p. 75-97.
9. Dirks-Scheffer. 1933. Ztscher für Pflanzenern und Bodenk B.12. 498.
10. Doll, E. C. and Lucas, R. E. 1973. Testing Soils for Potassium, Calcium and Magnesium. Soil Testing and Plant Analysis. Revised Edition. S.S.S.A. edited by L. M. Walsh and J. D. Beaton. Madison, Wisconsin USA, p. 133-151.
11. Grimme, H. 1976. Factors of potassium availability. Ind. Soil. Sci. Soc. Bull. 10: 144-163.
12. Grimme, H., Nemeth, K. and Brauschweig, L. C. von. 1971. Beziehungen zwischen dem verhalten des Kaliums im Boden und der Kaliumernahrung der Pflanze. Forsch. Sonder 26/1, 165-176.
13. Grimme, H. and Nemeth, K. 1976. Bietet die CaCl_2 -Methode vorteile bei der Bestimmung der K-Versorgung von Böden. Landw. Forsch. 2901-12.
14. Grimme, H. and Nemeth, K. 1978. The Evaluation of Soil K Status by Means of Soil Testing Proc. 11th. Congr. Inter. Potash Inst. Bern 99-108.
15. Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis Constable and Co Ltd London.
16. Knudsen, D., Peterson, G. A. and Pratt, P. F. 1982. Lithium, Sodium and Potassium. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties Agronomy Monograph no 9 (2nd ed.) p. 225-246.
17. Liebhardt, W. C. and Cotnoir, 1979. Potassium fertilizer recommendations and changes in potassium soil test values as influenced by additions of potassium. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 10 (5):831-840.
18. Liebhardt, W. C., Spoljaric, N., Wei-Wei Hsu and Cotnoir, L. 1979. Potassium release characteristics and mineralogical characteristics of some Delaware soils. Commun. Soil Plant Anal. 10 (7) 1025-1036.
19. MacLean, E. O. 1976. Exchangeable K levels for maximum crop yields on soils of different exchange capacities. Commun. Soil Plant Anal. 7 (9) 823-838.
20. MacLean, E. O. 1978. Influence of clay content and clay composition on potassium availability. In Potassium in soils and crops. Potash Res. Inst. of India, p. 1-19.
21. Merwin, H. D. and Peech, M. 1951. Exchangeability of soils potassium in the sand, silt and clay fractions as influenced by the nature of the complementary exchangeable cation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15:125-128.
22. Nemeth, K. 1978. Limitations of present soil test interpretations for K and suggestions for modifications. A. European experiance. In Potassium in soils and crops. Potash Res. Inst. of India New Delhi, p. 95-111.
23. Nemeth, K., Mengel, K. and Grimme, H. 1970. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. Soil Sci. 109:179-185.

23. N y e, P. H. 1972. Localized movement of potassium ions in soils. Proc. 9th Colloq. Inter. Potash, Inst. 147-175.
25. O l s o n, R. A., F r a n k, K. D., G r a b o u s k i, P. H. and R e h m, G. W. 1982. Soil Testing Philosophies ,consequences of varying recommendations. Crops and Soils Magazine, October, p. 15-18.
26. P a a u w, F r. van der. 1967. Probleme der Feldversuchmethodik. Vorträge eines symposiums im Institut für saagtut und Ackerbau Halle-Lauchstadt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaft zu Berlin V:5 bis 9 Juli 1965. Soderdrunk Tagungsberichte Nr 86:97-104.
27. P a a u w, F r. van der. 1973. Adjusting Fertilizer rates to soil fertility level on the basis of soil testing. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia No 38.
28. P e e c h, M. 1948. Chemical methods for assessing soil fertility. In H.M. Kitchen ed. Diagnostic Techniques for soils and crops. The American Potash Institute Washington. D.C.
29. Π ο λ υ ζ ό π ο υ λ ο ς, Ν., Σ ι μ ώ ν η ς, Α. 1968. 'Επιλογή και βαθμολόγηση μεθόδου έργαστηριακού προσδιορισμού άφομοιωσίμου καλίου εις τὰ έδάφη τής Βορ. 'Ελλάδος. 'Επιστ. Δελτίο No 3 104-115 ΣΕΕΛΘ.
30. P r a t t, P. F. 1952. Release of potassium from non-exchangeable forms from size fraction of several Iowa soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:25-29.
31. Q u e m e n e r, J. 1978. The measurement of soil potassium. IPI. Research Topics No 4. International Potash Institute Bern.
32. R e i t e m e i e r, R. F. 1951. Soil Potassium Adv. Agron. 3:113-134.
33. S c h a t s c h a b e l, P. and H e i n e m a n n, C. G. 1974. Beziehungen zwischen der Kaliumgehalten. In Boden und in jungen Haferpflanzen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 137, 123-134.
34. S c h e f f e r - S c h a c h s c h a b e l. 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart.
35. S c h u f e l l e n, A. C. 1972. The Cation Exchange System of the soil. 9th Colloq. of Inter. Potash Inst. Bern. p. 75-88.
36. S i m o n i s, A. D. 1973. Effect of temperature and solvent/soil ratio on the extraction of phosphorus and potassium. Ph. D. Thesis. University of Aberdeen. Gr. Britain.
37. Σ ι μ ώ ν η ς, Α. Δ. 1978. Τò διαθέσιμο για τὰ φυτά κάλι του έδάφους και αξιολόγηση τών μεθόδων εκτιμήσεως του. Διατριβή επί 'Υφηγεσία. 'Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή 'Αθηνών.
38. Σ ι μ ώ ν η ς, Α. Δ. 1980. 'Εκτίμηση τής Ικανότητας τών έδαφών να έφοδιάζουν με κάλι τις καλλιέργειες. I. Προσδιορισμός έναλλακτικού και μη έναλλακτικού καλίου τών έδαφών και του βαθμού διαθεσιμότητάς τους στα φυτά. Γεωργική 'Ερευνα IV:301-315.
39. S i m o n i s, A. D. 1982. Soil texture effect of the availability of exchangeable potassium. Séminaire CEE-Agrimed, Bari 28-30 Septembre 1982 on «Evaluation du niveau de fertilité des sols dans différentes de culture-criteres pour mesurer cette fertilité». Communaute Economique Europeenne - Instituto Sperimentale Agronomico, Bari, p. 61-75.

40. Σιμώνης, Α., Νικολαΐδου, Κ. 1974. Έπιλογή και βαθμολόγηση έργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού φωσφόρου και καλίου διά πολυετών πειραμάτων σε δοχεΐα. (Ίνστιτούτο Έδαφολογίας, Θεσσαλονίκη).
41. Skogley, E. O. 1980. Soil physical properties for a K soil Test. Better Crops with Plant Food. 64, 6-9.
42. Σχοινάς, Σ., Τασούλας, Ι., Σπυρόπουλος, Α., Σιμώνης, Α. 1974. Βαθμολόγηση έργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού διαθέσιμου φόσφωρου και καλίου διά πολυετών πειραμάτων (1966-1972) καλλιέργειας σίτου εις έδάφη τής Βορ. Έλλάδος. (Ίνστιτούτο Έδαφολογίας, Θεσσαλονίκη).
43. Technical Bulletin No 14 of MAFF. 1967. Soil Potassium and Magnesium.
44. Thomas, G. W. and Hipp, B. W. 1968. Soil factors affecting potassium availability. In the role of potassium in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. Madison Wisconsin, p. 269-291.
45. Wood, C. K. and De Turk, E. E. 1941. The adsorption of K in soils in non-replaceable forms. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 5:152-161.