

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ.— Προσδιορισμός τῶν παραμέτρων ἐντάσεως καὶ ποσότητας τοῦ διαθεσίμου καλίου τῶν ἔδαφῶν καὶ τῆς σὲ κάλι ρυθμιστικῆς ἱκανότητάς τους, ὑπὸ Ἰ. Δ. Σιμώνη\*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Νικολάου Ρουσοπούλου.

#### Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

Ἡ ἀνάπτυξη καὶ χρησιμοποίηση φυσικοχημικῶν μεθόδων ἐρεῦνης στὴν ἔδαφοχημεία κατὰ τὰ τελευταῖα εἴκοσι χρόνια, συνέβαλε σημαντικὰ στὴν καλύτερη κατανόηση τῶν προβλημάτων τῆς χημικῆς γονιμότητος τῶν ἔδαφῶν καὶ στὴν ἐξακρίβωση τῶν θεμελιωδῶν παραμέτρων ποὺ καθορίζουν τὴν ἱκανότητα τῶν ἔδαφῶν νὰ ἐφοδιάζουν μὲ θρεπτικὰ στοιχεῖα τὶς καλλιέργειες.

Ἡ ἱκανότητα ἑνὸς ἔδαφους νὰ ἐφοδιάζει μὲ κάλι τὶς καλλιέργειες ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς παραμέτρους ποσότητος (Q) καὶ ἐντάσεως (I), καθὼς καὶ ἀπὸ τὴν παράμετρο τῆς ρυθμιστικῆς ἱκανότητος.

Ἡ ἐνεργότητα καὶ τὸ χημικὸ δυναμικὸ τοῦ καλίου στὸ ἔδαφοδιάλυμα, χρησιμοποιοῦνται συχνὰ ὡς παράμετροι ἐντάσεως τοῦ ἔδαφικοῦ καλίου. Στὴν ἀπλούστερή της μορφή, ὡς παράμετρος ἐντάσεως τοῦ ἔδαφικοῦ καλίου, μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ἡ συγκέντρωση καλίου τοῦ ἔδαφοδιαλύματος, οἱ τεχνικὲς ὅμως ποὺ ὑπάρχουν γιὰ τὴ λήψη τοῦ ἔδαφοδιαλύματος κάτω ἀπὸ φυσικὲς συνθῆκες, δύσκολα ἐφαρμόζονται στὴν πράξη.

Ἡ παράμετρος τῆς ποσότητος, περιλαμβάνει τὴν ποσότητα τοῦ ἐναλλακτικοῦ καλίου καὶ μέρος τοῦ μὴ-ἐναλλακτικοῦ καλίου τῶν ἔδαφῶν. Ὑπάρχουν ἔδαφη γιὰ τὰ ὁποῖα τὸ μὴ-ἐναλλακτικὸ κάλι ἀποτελεῖ τὴν κυρία πηγὴ ἀναπληρώσεως τοῦ καλίου τοῦ ἔδαφοδιαλύματος καὶ ἐπομένως μιὰ ἐκτίμηση μόνο τοῦ ἐναλλακτικοῦ καλίου, δὲν θὰ ἀπέδιδε τὴν πραγματικὴν παράμετρο τῆς ποσότητος στὰ ἔδαφη αὐτὰ [4].

Ἡ σχέση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ ἐναλλακτικὰ κατιόντα καὶ στὰ κατιόντα τοῦ ἔδαφοδιαλύματος, ἀποδίδεται σύμφωνα μὲ τὸν «νόμο τῶν ἀναλογιῶν» τοῦ Schofield [7], ἀπὸ τὶς σχέσεις :

$$\frac{\alpha_1^+}{\alpha_2^+} = \text{σταθερὸ}, \quad \frac{\alpha^+}{\sqrt{\alpha^{++}}} = \text{σταθερὸ}, \quad \sqrt[3]{\frac{\alpha^+}{\alpha^{+++}}} = \text{σταθερὸ}$$

( $\alpha$  = ἐνεργότητα ἰόντος).

\* A. D. SIMONIS, **Determination of parameteres intensity and quantity of available potassium of soils and their potassium buffering capacity.**

Οι αναλογίες αυτές των ενεργοτήτων (AR), που σχηματίζονται όταν λάβουμε υπόψη το σθένος δύο κατιόντων, που βρίσκονται σε μιὰ κατάσταση έναλλαγής, χαρακτηρίζονται σαν δυναμικά των κατιόντων. Το πιό σπουδαίο απ' αυτά, σχετικὰ με το κάλι, είναι η αναλογία  $aK/\sqrt{aCa^{++}}$ , το δυναμικό K-Ca. Εάν με το σύμβολο  $p$  παραστήσουμε τον αρνητικό λογάριθμο της ενεργότητας, τότε το δυναμικό του K-Ca μπορεί να παρασταθεί με τὴ λογαριθμική του μορφή:  $pK-1/2pCa$  και για ἐδάφη που περιέχουν ἰόντα Ca και Mg, ὑποθέτοντας ὅμοια συμπεριφορὰ των ἰόντων αὐτῶν, με τὴ μορφή:  $pK-1/2 p(Ca + Mg)$ .

Διάφορα ἐδάφη εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὴν ἴδια τιμὴ AR, δηλαδή τὴν ἴδια παράμετρο ἐντάσεως καλίου στὸ ἔδαφοδιάλυμα και νὰ διαφέρουν ὡς πρὸς τὴν ἱκανότητα τους νὰ ἀναπληρῶνουν τὸ κάλι τοῦ ἔδαφοδιαλύματος, καθὼς αὐτὸ ἀπομακρύνεται — προσλαμβάνομενο ἀπὸ τὶς ρίζες τῶν φυτῶν. Ἐνας πληρέστερος συνεπῶς χαρακτηρισμὸς τῆς ἱκανότητας τοῦ ἐδάφους νὰ παρέχει κάλι στα φυτά, μπορεί νὰ ἐπιτευχθεῖ μόνο ὅταν ληφθεῖ ὑπόψη ἡ σχέση μεταξύ τῶν παραμέτρων ποσότητας και ἐντάσεως (Q/I), που καθορίζει τὴν παράμετρο τῆς ρυθμιστικῆς ἱκανότητας [6]. Ὁ Beckett [3] εἰσήγαγε τὴν ἔννοια τῆς δυναμικῆς ρυθμιστικῆς ἱκανότητας (PBC), που δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση  $\Delta Q/\Delta I$  και ἐκφράζει τὴν ἀντίσταση τοῦ ἐδάφους στὴ μεταβολὴ τῆς παραμέτρου ἐντάσεως. Ἡ πρόσληψη καλίου ἀπὸ τὰ φυτά, ἔχει σαν συνέπεια τὴ μεταβολὴ τῆς παραμέτρου ἐντάσεως, τὸ μέγεθος τῆς ὁποίας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν PBC. Δηλαδή ἡ PBC ἀποτελεῖ ἕνα μέτρο τῆς εὐκολίας με τὴν ὁποία ἡ παράμετρος ἐντάσεως ρυθμίζεται ἔναντι ὁποιασδήποτε μεταβολῆς της, κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἀνάπτυξης τῶν φυτῶν. Ὅταν ἡ τιμὴ τοῦ PBC τῶν ἐδαφῶν εἶναι ὑψηλὴ, τότε μιὰ μεγάλη ποσότητα καλίου μπορεί νὰ ἀπομακρυνθεῖ ἀπὸ τὸ ἔδαφοδιάλυμα τῶν ἐδαφῶν αὐτῶν, χωρὶς νὰ μειωθεῖ σημαντικὰ ἡ παράμετρος ἐντάσεως.

Με τὴν ἐργασία μας αὐτὴ ἀποσκοπεῖται ὁ προσδιορισμὸς, με σύγχρονα φυσικοχημικὰ κριτήρια, τῶν παραμέτρων ἐντάσεως και ποσότητας τοῦ διαθεσίμου καλίου 30 ἀντιπροσωπευτικῶν ἐδαφῶν και τῆς σὲ κάλι ρυθμιστικῆς ἱκανότητάς τους. Τὰ ἀποτελέσματά της ἀναμένεται νὰ βοηθήσουν στὴν καλύτερη κατανόηση τοῦ ὅλου προβλήματος τῆς δυναμικῆς τοῦ καλίου στα ἐδάφη μας και σ' ἕνα πιό ἀξιόπιστο τρόπο ἐκτιμῆσεως τῆς διαθεσιμότητάς του σ' αὐτά.

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ἀπὸ διάφορες περιοχὲς τῆς Βορ. Ἑλλάδος, ἐπελέγησαν ἐδάφη, ἀπ' ὅπου πάρθηκαν ἀπὸ βάθος μέχρι 25 cm, συνολικὰ τριάντα ἐπιφανειακὰ δείγματα ἐδά-  
ΠΑΑ 1979

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι — T A B L E I  
 Προέλευση (περιοχή, θέση), Μεγάλη έδαφική ομάδα και γενικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των εδαφών  
 υπό μελέτη. **Source (Area, Location), Great Soil Group and general physicochemical characteristics of soils studied.**

α.α. δειγ.έδαφ.	Προέλευση δειγματος (Area, Location)	Μεγάλη έδα- φική ομάδα	Αργιλλος %	Char. μηχ σύστ.	pH	CaCO <sub>3</sub> %	O.M.%	Όλικη ύκανότ. ένάλ. κατιόντων (me/100g έδαφ.)	Όλικη ύκαν. ένάλ. κατιόντων (me/100g έδαφ.)	Όλικό "Κ" (mg/100g έδαφός.)
Soil sample number	Source of soil sample (Area, Location)	Great Soil Group	Clay %	Texture				C.F.C. (me/100g soil)	C.F.C. (me/100g clay)	Total "K" (mg/100g soil)
1	Μεγάλα Λευβάδια Κιλκίς	ABFS	18,8	L	5,60	-	3,87	19,9	34,3	1245,0
2	Μεγάλα Λευβάδια Κιλκίς	"	17,2	L	4,80	-	1,74	45,1	26,2	1817,5
3	Παν. Σουμελά Ήμαθίας	BFS	7,2	SI	6,99	-	3,62	25,2	36,7	1676,6
4	Παν. Σουμελά Ήμαθίας	"	9,2	SI	5,80	-	2,48	25,2	34,4	1510,6
5	Μεταλλικό Κιλκίς	RHS	17,2	SL	5,87	-	3,08	15,3	40,0	1950,5
6	Μεταλλικό Κιλκίς	"	8,8	SL	4,76	-	5,83	12,1	29,2	1278,2
7	Άγια Έλενη Σερρών	Άλλουβιακό	24,8	CL	5,28	-	11,82	35,2	33,0	1419,3
8	Άμπελιάνες Σερρών	"	17,2	L	7,23	-	4,50	36,4	60,6	1228,4
9	Λευβάδια Κιλκίς	"	7,2	L	7,73	1,2	2,84	35,9	55,1	1506,4
10	Χαλίστρα Θεσσαλονίκης	"	27,1	L	7,86	3,8	2,73	21,0	40,6	1510,6
11	Έλαιόχαρα Χαλκιδίκης	RHS	35,5	CL	7,50	0,6	7,60	35,3	34,4	1560,4
12	Έλαιόχαρα Χαλκιδίκης	"	32,8	CL	7,46	0,5	7,29	31,3	45,4	1419,3
13	Πετράλωνα Χαλκιδίκης	"	34,3	CL	7,62	0,7	8,35	35,2	53,3	1485,7
14	Μηχανιώνα Θεσ/νίκης	"	24,8	SCL	7,25	0,5	2,02	22,3	56,9	921,3
15	Γαλάντισσα Χαλκιδίκης	"	10,8	SL	5,71	-	8,29	13,1	32,2	2008,6
16	Εθνικία Κιλκίς	"	17,2	SL	4,82	-	10,57	35,1	43,0	1626,8
17	Ποταμά Κιλκίς	"	29,2	SCL	6,32	-	0,87	19,8	56,4	1016,7
18	Συλόρανη Θεσσαλονίκης	"	21,2	SCL	5,82	-	2,18	19,3	55,2	1261,6
19	Νέα Ίωνία Χαλκιδίκης	Rendzina	40,8	C	7,73	23,5	9,24	55,3	66,3	962,8
20	Καλιμάρτεια Χαλ/κής	"	24,8	L	7,88	29,3	3,72	34,8	72,9	921,3
21	Φόρνιας Θεσσαλονίκης	"	33,2	CL	7,55	1,2	6,97	42,5	78,5	1261,6
22	Γαλλικό Σχολείο Θεσ.	"	36,8	CL	7,61	3,6	2,62	35,0	71,8	1045,8
23	Μυλός Κατερίνης	"	32,8	CL	7,58	14,7	5,89	34,6	70,8	1120,5
24	Ασβεστοχώρι Θεσ/κής	BFS	20,8	SiL	7,41	1,2	1,68	19,3	40,1	2307,4
25	Καρπ Ντερέ Δράμας	ABFS	6,6	SL	5,01	-	1,84	12,7	32,4	539,4
26	Καρπ Ντερέ Δράμας	"	5,2	LS	4,62	-	3,86	12,2	45,7	1294,8
27	Χορτιάτης Θεσ/νίκης	"	11,2	L	5,48	-	11,28	22,8	31,4	1303,1
28	Χορτιάτης Θεσ/νίκης	BFS	48,8	SiC	7,15	-	2,53	50,0	54,1	1917,3
29	Αρμύρας Θεσσαλονίκης	Grumusol	31,2	SCL	6,80	1,2	1,24	19,9	59,9	1045,8
30	Όρεστιάς Έβρου	"	51,2	C	7,10	εχρη	2,44	59,7	79,0	17 43,0

φους. Τα έδαφη αυτά επισημάνθηκαν με προκαταρκτικές εργασίες και κατά τρόπο, ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά των κυριότερων τύπων έδαφικών (Μεγάλων Έδαφικών Ομάδων) της Βορ. Ελλάδος. Στον Πίνακα I δίνονται οι περιοχές από τις οποίες πάρθηκαν τα δείγματα του έδαφους, ή Μεγάλη Έδαφική Ομάδα στην οποία ανήκουν τα έδαφη, καθώς και όρισμένα από τα προσδιορισθέντα χαρακτηριστικά τους.

Για τη λήψη «προτύπων» βιολογικών κριτηρίων, τα έδαφη καλλιεργήθηκαν έξαντλητικά με φυτά ryegrass στα δοχεία. Πάρθηκαν συνολικά δέκα κοπές. Παράλληλα στα έδαφη προσδιορίστηκαν με την τεχνική της Q/I σχέσεως οι παράμετροι έντάσεως και ποσότητας του διαθεσίμου καλίου καθώς και η σε κάλι ρυθμιστική ικανότητα τους. Η παράμετρος έντάσεως καλίου του έδαφους (δυναμικό του καλίου) υπολογίστηκε σύμφωνα με την τεχνική του Matthews και Beckett [6]. Πέντε γραμ. έδαφους ανακινήθηκαν για 12 ώρες στους 25°C, με 50 ml διαλύματος 0,002 M CaCl<sub>2</sub>, που περιείχε διάφορες ποσότητες (0 έως 2 m. moles) KCl. Στα λαμβανόμενα, κατόπιν διηθήσεως, εκχυλίσματα προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις του καλίου φλογοφωτομετρικώς και του Ca + Mg όγκομετρικώς με EDTA. Από την εξίσωση Debye - Huckel, υπολογίστηκαν οι ενεργότητες των ιόντων και στη συνέχεια ο λόγος ενεργότητάς τους ( $aK/\sqrt{a(Ca+Mg)}$ ), που δίνεται με το σύμβολο AR<sup>K</sup>. Από τη διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής (μετά την ανακίνηση) συγκεντρώσεως καλίου, υπολογίστηκε η ποσότητα  $\pm \Delta K_e$  του καλίου (σε meq/100 g έδαφους), που είχε προσροφηθεί ή απομακρυνθεί από το έδαφος.

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα II δίνονται για τα έδαφη που μελετήθηκαν οι τιμές των παραμέτρων AR<sub>e</sub><sup>K</sup>,  $-\Delta K^o$  και PBC<sup>K</sup> που βρέθηκαν, καθώς και οι τιμές AR<sup>K</sup> ισορροπίας του καλίου του έδαφους, σε δείγματα στα όποια δέν προστέθηκε KCl υπό την αριθμητική: AR<sup>K</sup> ( $aK/\sqrt{a(Ca+Mg)}$ ) και λογαριθμική μορφή:  $pK-1/2 p(Ca+Mg)$ .

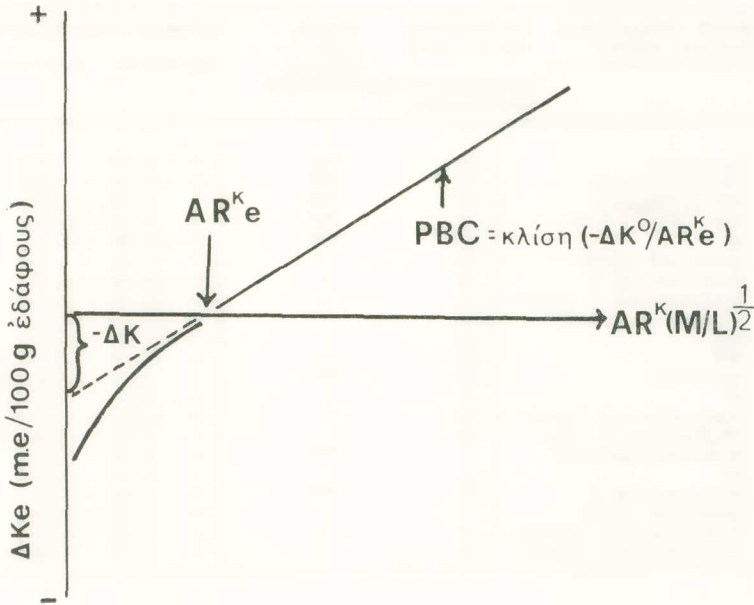
Ο λόγος ενεργότητας ισορροπίας AR<sub>e</sub><sup>K</sup> (παράμετρος έντάσεως) και το ένα-λακτικό κάλι ισορροπίας  $-\Delta K^o$  (παράμετρος ποσότητας), υπολογίστηκαν από τις καμπύλες της Q/I σχέσεως, που λαμβάνονταν, για κάθε έδαφος χωριστά, από τις τιμές  $\pm \Delta K_e$  και AK<sup>K</sup>. Οι τιμές  $\pm \Delta K_e$  τοποθετούνταν με τις τιμές AR<sup>K</sup> σε

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι — T A B L E I I

Παράμετροι τής Q/I σχέσεως τών έδαφών που μελετήθηκαν.  
 Parameteres of the Q/I relations of the soils studied.

α/α Δείγματα έδαφους Soil sample number	K AR (M/l) <sup>1/2</sup>	pK-1/2p(Ca+Mg)	K ARe (M/l) <sup>1/2</sup>	-ΔK <sup>0</sup> me/100g	K FBC (me/100g)/(M/l) <sup>1/2</sup>
1	0,0017	2,77	0,0160	0,35	21,9
2	0,0028	2,55	0,0220	0,32	14,6
3	0,0035	2,46	0,0260	0,30	11,5
4	0,0028	2,55	0,0220	0,33	15,0
5	0,0054	2,27	0,0098	0,18	18,4
6	0,0098	2,01	0,0150	0,11	7,3
7	0,0066	2,18	0,0120	0,24	20,0
8	0,0021	2,68	0,0055	0,13	23,6
9	0,0037	2,43	0,0051	0,12	23,5
10	0,0024	2,62	0,0450	1,01	22,4
11	0,0042	2,38	0,0074	0,26	35,1
12	0,0026	2,58	0,0051	0,23	45,1
13	0,0047	2,33	0,0068	0,21	30,9
14	0,0039	2,41	0,0057	0,16	28,1
15	0,0073	2,14	0,0130	0,11	8,5
16	0,0061	2,21	0,0084	0,10	11,9
17	0,0022	2,66	0,0078	0,31	39,7
18	0,0038	2,42	0,0058	0,20	34,5
19	0,0030	2,52	0,0054	0,22	40,7
20	0,0021	2,68	0,0068	0,32	47,1
21	0,0037	2,43	0,0052	0,25	48,1
22	0,0030	2,52	0,0057	0,27	47,4
23	0,0073	2,14	0,0180	0,29	44,4
24	0,0023	2,64	0,0059	0,33	33,9
25	0,0059	2,23	0,0160	0,12	67,5
26	0,0037	2,43	0,0310	0,16	5,2
27	0,0023	2,64	0,0240	0,42	17,5
28	0,0029	2,54	0,0059	0,38	64,4
29	0,0032	2,49	0,0056	0,29	51,8
30	0,0031	2,51	0,0034	0,26	76,5
MO	0,0039	2,45	0,0123	0,27	31,88

σύστημα συντεταγμένων (Σχ. 1) και οι τιμές  $AR_e^K$  λαμβάνονταν δια παρεμβολής στην τιμή  $\Delta K_e = 0$  (όπου το έδαφος δέν δέσμευε, ούτε απελευθέρωνε κάλιο), ενώ οι τιμές  $-\Delta K^0$  λαμβάνονταν δια προεκτάσεως του εὐθυγράμμου τμήματος τῆς καμπύλης, μέχρι τοῦ σημείου όπου  $AR^K = 0$ . Ἡ δυναμικὴ ρυθμιστικὴ ἱκα-



Σχ. 1. Παράμετροι τῆς Q I σχέσεως.

νότητα τῶν ἐδαφῶν ( $PBC^K$ ), ποὺ παριστᾶ τὴν κλίση τῆς καμπύλης τῆς Q/I σχέσεως (Σχ. 1), ὑπολογίστηκε ἀπὸ τὸ λόγο  $-\Delta K^0 / AR_e^K$ .

Ἡ πρόσληψη καλίου κατὰ τὸ χρονικὸ διάστημα τῆς πρώτης κοπῆς (ἀρχικὴ πρόσληψη), καθὼς καὶ ἡ ὀλικὴ τῶν δέκα κοπῶν, χρησιμοποιήθηκαν σὰν «πρότυπα» βιολογικὰ κριτήρια ἀξιολογήσεως τῶν παραμέτρων τοῦ διαθέσιμου καλίου τῶν ἐδαφῶν.

Στὸν Πίνακα III δίνονται οἱ στατιστικὲς συσχετίσεις καὶ οἱ ἐξισώσεις συμμεταβολῆς μεταξὺ τῶν παραμέτρων ποὺ πάθθησαν μὲ τὴν τεχνικὴ τῆς Q/I σχέσεως καὶ ὀρισμένων χαρακτηριστικῶν τῶν ἐδαφῶν.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι Ι — T A B L E I I I

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων τής Q/I σχέσεως και όρισμένων  
 χαρακτηριστικών τών έδαφών.

Correlations between Q/I parameters and some soil characteristics.

Μεταβλητή συσχέτισεως Correlation member		Συντελεστής συσχέτισεως Correlation Coefficient	Βαθμός σημαντι- κότητας Significancy	Έξίσωση συµµεταβολής Regression equation
y	x			
PBC <sup>K</sup>	"Αργίλλος	0,90	***	y = - 0,02 + 1,27x
PBC <sup>K</sup>	CEC (άργίλλου)	0,78	***	y = -14,20 + 0,89x
PBC <sup>K</sup>	CEC (έδαφους)	0,60	***	y = 4,89 + 0,86x
PBC <sup>K</sup>	(Ca + Mg) έναλ.	0,69	***	y = 9,16 + 0,89x
PBC <sup>K</sup>	pH	0,63	***	y = -36,86 +10,15x
PBC <sup>K</sup>	Όργανική ούσια	0,20	-	y = 37,51 - 1,09x
PBC <sup>K</sup>	Έναλλακτιδ Κ	0,44	*	y = 10,09 + 0,73x
PBC <sup>K</sup>	Έναλλακτιδ Κ (προσλ)	0,10	-	y = 31,02 - 0,21x
PBC <sup>K</sup>	Μή-έναλ.Κ (προσλ)	0,42	*	y = 13,04 + 0,53x
PBC <sup>K</sup>	-ΔΚ <sup>0</sup>	0,15	-	y = 25,57 +16,22x
PBC <sup>K</sup>	AR <sup>0</sup>	0,55	***	y = 42,39 - 10010,18x
AR <sup>0</sup>	"Αργίλλος	0,45	**	y = 0,02 - 0,0003x
AR <sup>0</sup>	pH	0,31	-	y = 0,03 - 0,003x
AR <sup>0</sup>	Έναλλακτι.Κ (προσλ)	0,49	**	y = 0,005 + 0,0006x
AR <sup>0</sup>	Μή-έναλλακ.Κ (προσλ)	0,21	-	y = 0,02 - 0,0001x
AR <sup>0</sup>	Κ-έκχυλ.κορεσµού	0,63	***	y = 0,01 + 0,01x
-ΔΚ <sup>0</sup>	pH	0,29	-	y = 0,02 + 0,04x
-ΔΚ <sup>0</sup>	Έναλλακτιδ Κ	0,57	***	y = 0,03 + 0,01x
-ΔΚ <sup>0</sup>	Όργανική ούσια	0,17	-	y = 0,31 - 0,01x
-ΔΚ <sup>0</sup>	Έναλλακτι.Κ (προσλ)	0,44	*	y = 0,15 + 0,01x
-ΔΚ <sup>0</sup>	Μή-έναλλακ.Κ (προσλ)	0,29	-	y = 0,16 + 0,003x

— μη σημαντική συσχέτιση  
 (no significant correlation)

\* έλαφρῶς σημαντική συσχέτιση (5%)  
 (slightly significant correlation)

\*\* σημαντική συσχέτιση (1%)  
 (significant correlation)

\*\*\* ύψηλῶς σημαντική συσχέτιση (0,1%)  
 (highly significant correlation)

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ — ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

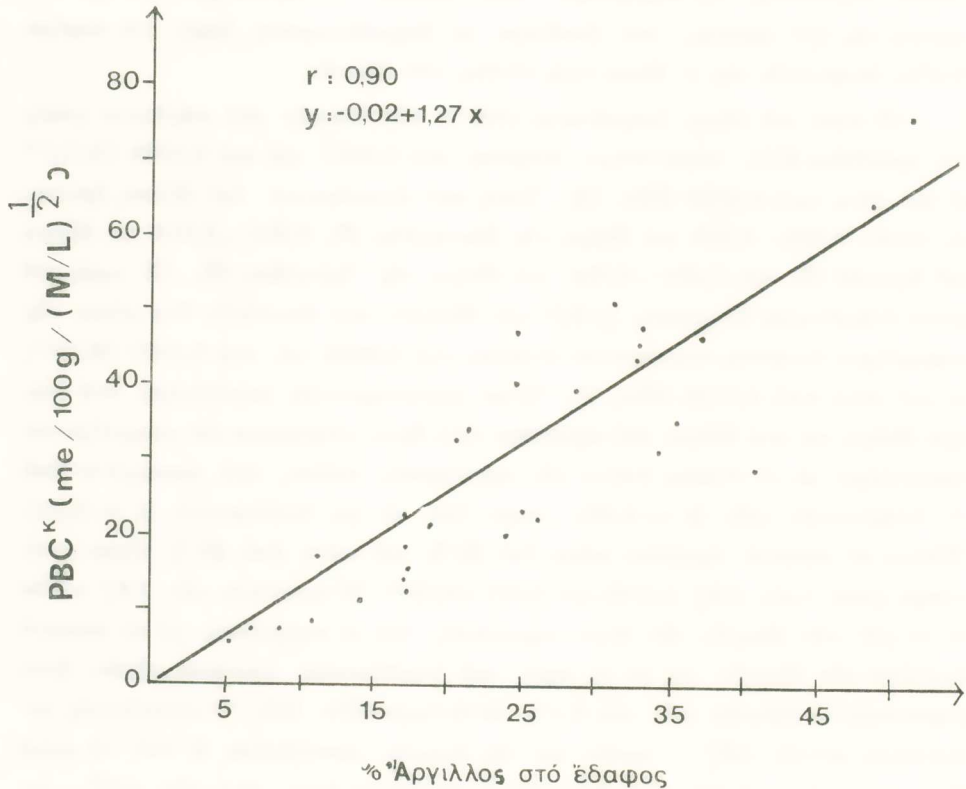
Οι παράμετροι έντάσεως, ποσότητας και ρυθμιστικής ικανότητας, έχουν προταθεί [2, 3] σάν καλύτερα κριτήρια του δυναμικώς διαθέσιμου καλίου τών έδαφών, απ' ότι οι τιμές προσδιορισμού του καλίου με τις διάφορες χημικές μεθόδους εκχυλίσεως. Οι παράμετροι αυτοί μπορούν να προσδιορισθούν με την τεχνική της Q/I σχέσεως, πού βασίζεται σε θερμοδυναμικές άρχές και παρέχει έλπίδες εφαρμογής της σ' όλους τους τύπους τών εδαφών.

Οι τιμές του λόγου ενεργότητας ( $AR^K$ ) τών εδαφών πού πάρθηκαν χωρίς την προσθήκη  $KCl$ , κυμαίνονταν ανάμεσα στα 0,0017 και στα 0,0098  $(M/L)^{1/2}$  με μιá μέση τιμή 0,0039 (Πίν. II). Τιμές πού αναφέρονται από άλλους έρευνήτες είναι: 0,005 - 0,025 για έδαφη της Βρετανίας [3], 0,001 - 0,019 για έδαφη του Καναδά [1] και 0,001 - 0,054 για έδαφη της Ίρλανδίας [5]. Οι τιμές του λόγου ενεργότητας ισορροπίας ( $AR_c^K$ ) τών εδαφών, πού αποτελούν ένα μέτρο της παραμέτρου έντάσεως κυμαίνονταν ανάμεσα στα 0,0034 και στα 0,0450  $(M/l)^{1/2}$ , με μιá μέση τιμή 0,0123 (Πίν. II). Ήταν χαρακτηριστικά μεγαλύτερες στα έλαφρά έδαφη και στα έδαφη πού προήλθαν από όξινα πετρώματα και συσχείζονταν περισσότερο με το κλάσμα εκείνο της προσλήψεως καλίου, πού προερχόταν από το έναλλακτικό κάλι ( $r = 0,49$ ), παρά από το μη-έναλλακτικό ( $r = 0,21$ ). Έδαφη με ποσοστά άργίλλου πάνω από 20 % και κάτω από 20 % είχαν αντίστοιχα μέσες τιμές  $AR_c^K$  0,0065 και 0,017  $(M/l)^{1/2}$ . Η συσχέτιση τών  $AR_c^K$  τιμών με το pH τών εδαφών δέν ήταν σημαντική, ενώ οι συσχετίσεις με το ποσοστό άργίλλου τών εδαφών και με τις τιμές του εκχυλίματος κορεσμού αυτών, ήταν σημαντικές σε επίπεδα 1 % και 0,1 % αντίστοιχα (Πίν. III). Ο συντελεστής συσχετίσεως μεταξύ  $AR_c^K$  — τιμών και της άρχικης προσλήψεως  $K$  από τα φυτά ήταν μικρός ( $r = 0,19$ ), αλλά βελτιώθηκε σημαντικά όταν, αντί τών  $AR_c^K$  — τιμών, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του λόγου ενεργότητας υπό την άριθμητική:  $AR^K$  ( $r = 0,67$ ) και λογαριθμική μορφή:  $pK - 1/2 p(Ca + Mg)$  ( $r = 0,72$ ).

Οι τιμές ισορροπίας του έναλλακτικού καλίου ( $-ΔK^o$ ), πού δίνουν ένα μέτρο της παραμέτρου ποσότητας του καλίου στο έδαφος, κυμαίνονταν ανάμεσα στα 0,10 και στα 1,01 me / 100 g εδάφους, με μιá μέση τιμή 0,27 (Πίν. II). Παραπλήσιες τιμές αναφέρονται για έδαφη της Βρετανίας [3] και του Καναδά [1]. Οι  $-ΔK^o$  τιμές συσχείζονταν ικανοποιητικά με την όλική πρόσληψη καλίου ( $r = 0,66$ ) και με το έναλλακτικό κάλι ( $r = 0,57$ ), αλλά ελάχιστα με την ποσότητα της άργίλλου, το pH, την οργανική ουσία και το προσληφθέν από τα φυτά μη-έναλλακτικό κάλι τών εδαφών (Πίν. III).



Οι τιμές της σέ κάλι δυναμικῆς ρυθμιστικῆς ικανότητος τῶν ἔδαφῶν (PBC<sup>K</sup>), κυμαίνονταν ἀνάμεσα στὰ 5,2 καὶ στὰ 76,5 me / 100 g / (M/l)<sup>1/2</sup>, μὲ μιὰ μέση τιμὴ 31,88 (Πίν. II). Ἦταν, κατὰ μέσο ὄρο ὑπερδιπλάσιες στὰ ἔδαφη ποὺ προῆλθαν ἀπὸ βασικά πετρώματα παρὰ ἀπὸ ὄξινα, ποὺ ὀφείλονταν στὴν ἔμμεση ἐπίδραση τῆς μεγαλύτερης ποσότητος ἀργίλλου, ποὺ περιεῖχαν στὸ σύνολό τους

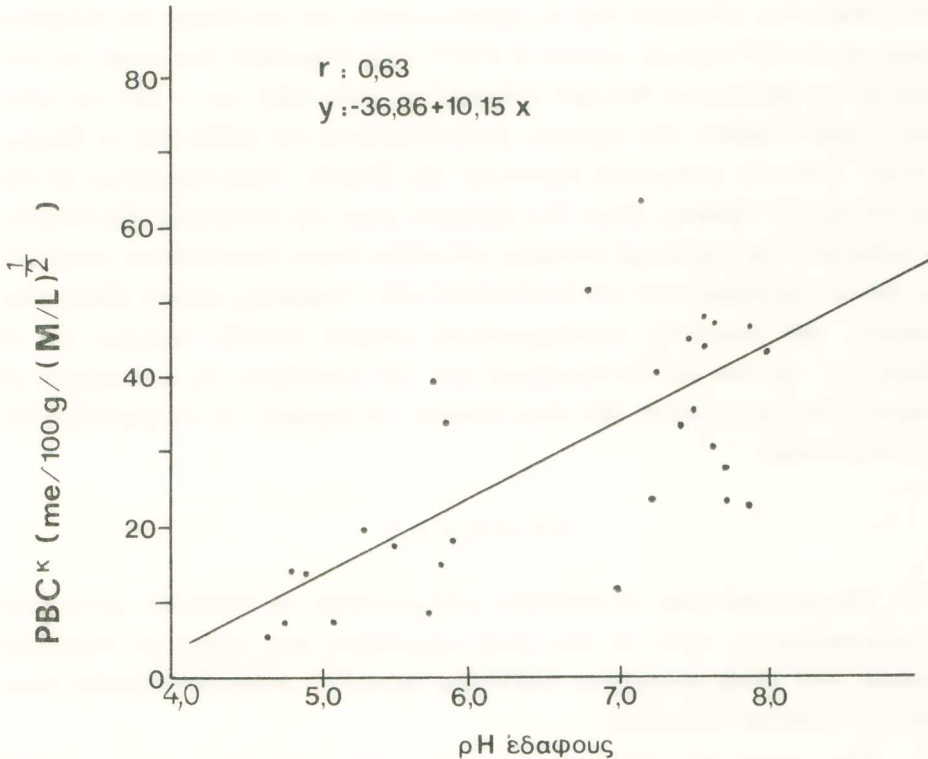


Σχ. 2. Σχέση μεταξύ τῆς σέ κάλι ρυθμιστικῆς ικανότητος τῶν ἔδαφῶν (PBC<sup>K</sup>) καὶ ποσοστοῦ (%) τῆς ἀργίλλου τῶν ἔδαφῶν.

τὰ ἔδαφη αὐτά, ἔναντι ἐκείνων ποὺ προῆλθαν ἀπὸ ὄξινα πετρώματα. Συσχετίζονταν στενὰ μὲ τὴν ποσότητα τῆς ἀργίλλου (Σχ. 2), τὸ pH τῶν ἔδαφῶν (Σχ. 3), τὴν ἐναλλακτικὴν ικανότητα τοῦ ἔδαφους καὶ τῆς ἀργίλλου, τὰ ἐναλλακτικὰ κατιόντα (Ca + Mg) καὶ τὶς AR<sub>c</sub><sup>K</sup> τιμές (Πίν. III). Ἡ συσχέτιση μὲ τὸ προσληφθὲν μὴ-ἐναλλακτικὸ κάλι ἦταν σημαντικὴ σέ ἐπίπεδο 5%, ἀλλὰ μὲ τὸ προσληφθὲν ἐναλλακτικὸ κάλι καὶ τὶς —ΔK<sup>o</sup> τιμές, ἡ συσχέτιση αὐτὴ ἦταν πολὺ μικρὴ (Πίν. III). Οἱ ποσότητες τοῦ δυναμικῶς διαθεσίμου καλίου (ἐναλλακτικοῦ +

μη-έναλλακτικοῦ) δὲν συσχετίζονταν ἱκανοποιητικά μὲ τὶς  $PBC^K$  τιμές ( $r = 0,30$ ), καὶ συνεπῶς δὲν παρέχουν ἀξιόπιστες πληροφορίες, σχετικὰ μὲ τὴν ποσότητα τοῦ καλίου ποὺ ἓνα ἔδαφος ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ ἀπελευθερώσει, ὅταν οἱ τιμές τῆς παραμέτρου ἐντάσεως μειωθοῦν κατὰ μία μονάδα.

Γιὰ ὀρισμένα ἔδαφη ποὺ εἶχαν τὶς αὐτὲς περίπου τιμές ἐντάσεως καλίου



Σχ. 3. Σχέση μεταξύ τῆς σὲ κάλι ρυθμιστικῆς ἱκανότητος τῶν ἔδαφῶν ( $PBC^K$ ) καὶ τιμῶν pH τῶν ἔδαφῶν.

( $AR_e^K$ ) βρέθηκε, βάσει τῶν  $PBC^K$  τιμῶν, νὰ διαφέρουν ὡς πρὸς τὴν ἱκανότητά τους νὰ ρυθμίζουν τὴν παράμετρο ἐντάσεως ἔναντι ὁποιασδήποτε μεταβολῆς της. Ἔτσι, τὰ ἔδαφη 9 καὶ 12 (Πίν. II) ἐνῶ εἶχαν τὴν αὐτὴ  $AR_e^K$  τιμὴ (0,0051), διέφεραν ὡς πρὸς τὶς  $PBC^K$  τιμές τους (23,5 καὶ 45,1 ἀντίστοιχα) καὶ ἀπελευθέρωναν ἀντίστοιχα 24,65 καὶ 44,47 mg μη-έναλλακτικοῦ καλίου ἀνὰ 100 g ἔδαφους. Ἐπίσης τὰ ἔδαφη 16 καὶ 17, μὲ παραπλήσιες  $AR_e^K$  τιμές (0,0084 καὶ 0,0078) εἶχαν  $PBC^K$  τιμές 11,9 καὶ 39,7 καὶ ἀπελευθέρωναν ἀντίστοιχα 8,56 καὶ

50,01 mg μή-έναλλακτικοῦ καλίου. Ἐξάλλου ὁρισμένα ἔδαφη (8, 12, 28, 29) ἂν καὶ εἶχαν μικρὲς τιμὲς ἐντάσεως καλίου ( $AR_e^K$ ) (Πίν. II), ἐν τούτοις ἀπελευθέρωσαν σημαντικὲς ποσότητες μή-έναλλακτικοῦ καλίου (51,00·44, 47·44, 16·42, 90 mg/100 g ἔδαφους ἀντίστοιχα), πὺν συσχετίζονταν μὲ τὶς ὑψηλὲς PBC<sup>K</sup> τιμὲς τῶν ἔδαφῶν αὐτῶν (Πίν. II).

Ἀπὸ τὰ παραπάνω προκύπτει τὸ συμπέρασμα ὅτι, ἂν καὶ ἡ ταχύτητα ἀπελευθέρωσης τοῦ καλίου ἀπὸ τὶς παρακαταθῆκες του στὸ ἔδαφος δὲν ἐκτιμᾶται ἄμεσα μὲ τὴν Q/I τεχνικὴ, ὡστόσο οἱ PBC<sup>K</sup> τιμὲς ἀποτελοῦν ἓνα μέτρο τῆς ἱκανότητος τοῦ ἔδαφους καὶ διατηρεῖ καθορισμένες τιμὲς  $AR_e^K$  καὶ  $-\Delta K^O$  καὶ συνεπῶς, ἐκτιμοῦν ἔμμεσα τὴν ταχύτητα ἀπελευθέρωσης τοῦ καλίου ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Γενικά, ἡ σὲ κάλι ρυθμιστικὴ ἱκανότης τῶν ἔδαφῶν, ὅπως ἐκτιμήθηκε μὲ τὴν τεχνικὴ τῆς Q/I σχέσεως, ἔδωσε ἓνα ἀξιόπιστο μέτρο τῆς ἱκανότητος τῶν ἔδαφῶν, νὰ ρυθμίζον τὴν παράμετρο ἐντάσεως τοῦ καλίου ἔναντι ὁποιασδήποτε μεταβολῆς τῆς καὶ νὰ ἀπελευθερώνουν μή-έναλλακτικὸ κάλι. Ἀσφαλῶς, τέτοιου εἴδους πληροφορίες, πὺν ἀποτελοῦν συμπληρωματικὰ στοιχεῖα βασικῆς σημασίας γιὰ τὰ ἔδαφη μας, σχετικὰ μὲ τὴν ἱκανότητά τους νὰ ἐφοδιάζον τὶς καλλιέργειες μὲ ἐπαρκεῖς ποσότητες καλίου, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ληφθοῦν μὲ τὶς χημικὲς μεθόδους ἐκχυλίσεως.

#### S U M M A R Y

The parameteres of intensity and quantity of available potassium of representative soils of the most important soil types of Northern Greece and their potassium buffering capacity, were determined from the Q/I relation technique.

The values of equilibrium activity ratios of soil potassium  $AR_e^K$  (parameter of intensity), were characteristically higher in coarse textured soils and in soils developed from acidic rocks. Their relationship with initial K-uptake was poor, but improved considerably, when the values of the activity ratios of potassium were used in the arithmetic form:  $AR^K$  ( $r = 0,67$ ) as well as in the logarithmic form:  $pK - 1/2 p(Ca + Mg)$  ( $r = 0,72$ ). The values of equilibrium exchangeable potassium of soils  $-\Delta K^O$  (parameter of quantity), were related significantly with the total K-uptake ( $r = 0,66$ ) and exchangeable-K ( $r = 0,57$ ), but very poorly with non-exchangeable-K ( $r = 0,29$ ).

The potassium buffering capacity-values of soils ( $PBC^K$ ), were significantly related, to percent clay ( $r = 0,90$ ), to CEC of soils ( $r = 0,60$ ) and clay ( $r = 0,78$ ), to  $(Ca + Mg)$  exch. ( $r = 0,69$ ), to pH ( $r = 0,63$ ) and were generally, higher in soils developed from basic rocks, than acidic rocks. Some soils, exhibiting somewhat similar  $AR_c^K$ -values, were found to differ in their capacities to maintain K against depletion, as expressed by their  $PBC^K$ -values. Furthermore, some soils with low  $AR_c^K$ -values released considerable amounts of non-exchangeable K, which were in good agreement with their  $PBC^K$ -values.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. D. K. Acquaye and A. J. McLean, Potassium potential of some selected soils. *Canad. J. Soil Sci.* 46, 177-184 (1966).
  2. P. W. Arnold, The potassium status of some English soils, considered as a problem of energy relationships. *Proc. Fertil. Soc.* 72, London (1962).
  3. P. H. T. Beckett, Studies on soil potassium in the soil 2. The «immediate» Q/I relation of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15, 9-23 (1967).
  4. R. B. Corey, Soil Testing and plant Analysis. S. S. S. A. edited by L. M. Walsh, J. D. Beaton (1973).
  5. M. Herling and P. Moss, Availability of soil potassium to ryegrass. *Ir. J. Agric. Res.* 9, 95-108 (1970).
  6. B. C. Matthews and P. H. T. Beckett, A new procedure for studying the release and fixation of potassium ions in soils. *J. Agric. Sci. Camb.* 58, 59-64 (1962).
  7. R. K. Schofield, A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. *Proc. 11<sup>th</sup> Int. Congr. Pure Appl. Chem.* 3, 247-251 (1947).
-