

Potassium Uptake of Winter Rye Seedlings as Affected by Various Clay Minerals

I. LÁNG and M. KOZÁK

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Cation uptake of plants from the soil is a very intricate process which beyond doubt is influenced by soil colloids. Two basic views have developed in this connection.

1. Nutrient uptake of plants takes place exclusively from the soil solution and the role of soil colloids is limited to the restoration of the equilibrium of the soil solution.

2. The close contact between the root system of the plant and the colloids of the soil promotes the utilization by the plants of the adsorbed and other hardly available nutrient fractions.

The first form in which this latter trend appeared was the theory of the contact effect in nutrient uptake [3, 4]. Data presented in a number of communications offered evidence of the fact that the close connection between the roots and the solid phase of the soil favourably influences the cation uptake of plants [1, 2, 5, 6, 7].

The experiment aimed at obtaining an answer to the question, which way the potassium uptake of winter rye seedlings is influenced by some important clay minerals such as kaolinite, illite and montmorillonite.

Experimental method

The rye seedlings were raised in sand culture until the 8 day age, on potassium-deficient Knop's solution. In each of the treatments 10 g of the clay mineral (2 per cent) was added to 500 g quartzsand. The moisture content of the sand cultures amounted to 18 per cent. At the 8 day age the plants were given the amount of potassium corresponding to Knop's norm (30 mg K per pot and 100 plants) together with the K^{42} isotope (250 μ C per pot). 24, 48 and 72 hours after this dosage, the overground part of the plants was cut off and activity and inactive potassium content of the solutions obtained after cc $H_2SO_4-H_2O_2$ digestion determined. The experiment has been carried out with four replicates.

The natural clay minerals used are characterized by the following data (Table 1.).

The clay minerals employed sharply differ from each other as to adsorption capacity (T-value). The amount of the adsorbed potassium follows the changes in the T-value of the clay minerals while highest amounts of nitrohydrochloric acid soluble potassium occur in illite. As to kaolinite and montmorillonite,

Table 1.

Characteristics of the clay minerals employed

(1) Clay mineral	(2) Adsorbed cations m. equ.				S	T	T-S	(3) Adsorbed K, mg K/ pot.	(4) Nitrohydrochloric acid soluble K	
	Ca	Na	Mg	K					mgK/pot	m. equ
Illite	13,8	0,20	2,25	1,16	17,41	28,00	10,59	4,53	39,40	10,1
Montmorillonite . . .	55,0	—	22,5	2,40	79,90	93,10	13,20	9,38	9,75	2,5

adsorbed and nitrohydrochloric acid soluble potassium contents are near to each other whereas in illite the nitrohydrochloric acid soluble potassium content is much higher than the adsorbed potassium content.

Results

To study the isotope distribution processes in the employed experimental medium in the quartzsand clay mineral system, and to determine the total potassium distribution, the values of specific activity are thought to be most suitable. Activity and inactive potassium content of the plants were determined and from these the values of specific activity calculated which together with data on total potassium adsorbed within 72 hours are found in Table 2.

Table 2.

Values of specific activity of the plants

(1) Treatments	(2) Specific activity cpm/mg K			(3) Total potassium mg K/pot during 72 hours
	24 ^h	48 ^h	72 ^h	
Control	5 347	10 165	9 891	21,54
Kaolinite	3 305	6 875	10 063	26,28
Illite	2 397	3 175	4 623	36,22
Montmorillonite	2 266	5 327	8 113	31,02
S. D. 5 per cent	1 138	1 079	1 285	2,17

The total potassium content significantly increases in the following order: control — kaolinite — montmorillonite — illite. This order of succession is in conformity with that of the amounts of nitrohydrochloric acid soluble potassium introduced into the sand cultures with the clay minerals.

The values of specific activity in all 4 treatments during the dates of observation (from 24 to 72 hours) generally increased. Hence it may be concluded that the plants had continuously utilized the potassium of the nutrient solution. In all clay mineral applications the specific activity of the plants was lower than in the control except for kaolinite which at the 72 hour sampling

reached the level of the differences control. The are in most cases significant. Specific activity values lower than in the control and higher values for total potassium content seem to indicate that part of the potassium found in the plants does not come from the seed but from the clay minerals. From the change of the specific activity values it may be even concluded on the rate of uptake of potassium originating from the nutrient solution. The more potassium there is in the clay minerals, the less does the specific activity change, i.e. the slower the rhythm of potassium uptake from the nutrient solution.

Radioactive indication makes it possible to distinguish as to the origin of potassium found in the plant. With the aid of the isotope dilution equation it could be calculated what part of total potassium adsorbed originates from the seed and/or the nutrient solution

$$\frac{K^{42} \text{ plant}}{K \text{ plant}} = k \frac{K^{42} \text{ original}}{B} \quad 1.$$

$$k = \frac{B}{A + B} \quad 2.$$

where A = the amount of potassium originating from the seed;

B = the amount of K^{42} indicated potassium introduced with the nutrient solution;

k = the proportionality factor, the degree of utilization.

The amount of seed-potassium calculated for the control plants has been considered to be the same also in the other applications; this can be assumed with a high degree of probability. The relative data are condensed in Table 3.

Table 3.

Distribution of the potassium content of the plant

(1) Treatment	(2) Total potassium, mg K/pot			(3) Total potassium per cent		
	from seed	nutrient solution	clay mineral	from seed	nutrient solution	clay mineral
Control	11	10,54	—	51	49	—
Kaolinite	11	9.33	5.95	41.9	35.5	22.6
Illite	11	6.34	18.88	30.4	17.5	52.1
Montmorillonite	11	8.19	11.83	25.5	26.4	38.1

The control plants adsorbed no more than one third of the potassium of the nutrient solution; hence it may be concluded that they did not suffer from potassium deficiency. The proportion of potassium originating from the nutrient solution is lower in the clay mineral applications as compared with the control and diminishes in the order: kaolinite-montmorillonite-illite. The amount of potassium taken up from the clay mineral, on the other hand, increases in the same order. In illite, 52.1 per cent of total potassium originates from the clay mineral. From all this it may be concluded that even in the

presence of a sufficient amount of water-soluble potassium the plants are able to take up potassium from the clay minerals to a large extent.

It is interesting to compare the diminution of the specific activity of plants in various treatments with the reduction of specific activity theoretically established for the sand cultures. In the case of the indication "Sand I" the specific activity was related to the sum of nutrient solution potassium and potassium adsorbed from the clay mineral, while in the case of the indication "Sand II" instead of the adsorbed potassium the nitrohydrochloric acid soluble potassium content of the clay minerals had been reckoned with. These data, recorded in per cent of the control treatment, are found in Table 4.

Table 4.

The diminution of specific activity at the end of the experiments, as related to the control

(1) Treatment	(2) In the plant	(3) Sand I.	(4) Sand II.
Control	100	100	100
Kaolinite	100	94	88
Illite	46	87	42
Montmorillonite	81	76	74

The data referring to the diminution of specific activity reveal that in the case of kaolinite and montmorillonite the diminution of the specific activity of plants is analogous with the decrease of specific activity calculated for the adsorbed potassium of the clay mineral (Sand I.) With illite, on the other hand, a close correlation can be observed in the proportional numbers of specific activity calculated for nitrohydrochloric acid soluble potassium (Sand II.). These data in turn point to the fact that the rye seedlings are able beyond adsorbed potassium to take up part of the potassium fraction of the clay minerals being in such bond from which they can only be extracted with strong mineral acids.

Summary

The effect of kaolino, illite and montmorillonite on potassium uptake of rye seedlings was studied. It has been established that in the presence of clay minerals the plants adsorbed more potassium. With the aid of K^{42} isotope the origin of potassium adsorbed by the plants was determined. Even in the presence of a sufficient amount of water soluble potassium the plants utilized the potassium content of the clay minerals to a considerable extent. This utilization extended in the case of kaolinite and montmorillonite to adsorbed potassium, whereas in the case of illite also to a significant part of the nitrohydrochloric acid soluble potassium fraction.

References

- [1] BROWN, D. A.: Ion exchange in soil-plant root environments: II. The effect of type of clay mineral upon nutrient uptake by plants. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. **19**, 296—300, 1955.
- [2] JARUSOV, S. S.: O dostupnosti rasteniam pochvennykh obmennykh kationov. Pochvo-vedenie. (6) 799—827, 1938.

- [3] JENNY, H. & COWAN, E. W.: The utilization of absorbed ions by plants. *Science*, **77**, 394—396. 1933.
- [4] JENNY, H. & OVERSTREET, R.: Contact effect between plant roots and soil colloids. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **24**, 384—392. 1938.
- [5] MARITA, S.: Nutrient absorption by rice from media containing different types of clay minerals. *Soil Sci.* **86**, 336—342. 1958.
- [6] PETERBURGSKY, A. V.: K voprosy ob usvoenii rasteniami kaliya iz adsorbentov permutita i zeolita. *Izv. An. SSSR, ser. biol.* (6) 351—389. 1942.
- [7] RATNER, E. I.: Mineralnoe pitanie rasteniy i poglotitelnaya sposobnost pochv. *Izd. AN. SSSR*, Moscow, 1950.

L'effet des divers minéraux d'argiles sur l'adsorption de la potasse par les germes du seigle d'automne

I. LÁNG et M. KOZÁK

Institut des Recherches de Pédologie et de Chimie Agricole de l'Académie des Sciences de Hongrie, Budapest

Résumé

Nous avons étudié l'adsorption de la potasse par les germes du seigle d'automne en présence des minéraux d'argiles illite et montmorillonite. Au cours de nos expériences nous avons examiné l'effet de ces minéraux d'argiles importants sur l'adsorption de la potasse ainsi que la répartition de la potasse adsorbée entre le grain, la solution nutritive et les minéraux d'argiles. Pour élucider cette question nous nous sommes servis de l'indication du moyen de l'isotope K^{42} .

Nous avons cultivé les plantes jusqu'à l'âge de 8 jours dans du sable (avec 2% de minéral d'argile) arrosé d'une solution Knopp déficiente en potasse. C'est alors qu'elles ont reçu la dose de potasse correspondant à celle de la solution Knopp, marquée avec l'isotope K^{42} (30 mg de K et 250 μ C par vase). Dans les 24, 48 et 72 heures nous avons coupé les parties de la plante au-dessus de la terre et nous avons analysé les solutions obtenues par leur digestion dans $H_2SO_4-H_2O_2$ cc.

Quant aux minéraux d'argiles employés la teneur en potasse adsorbée de la kaolinite et de la montmorillonite est identique à leur teneur en potasse soluble dans l'eau régale, l'illite au contraire contenait bien plus de potasse soluble dans l'eau régale.

La quantité totale de la potasse adsorbée par les plantes croît significativement dans l'ordre: contrôle-kaolinite-montmorillonite-illite, ce qui est conforme à l'ordre des quantités de potasse soluble dans l'eau régale ajoutées aux cultures de sable. En même temps les valeurs de l'activité spécifique sont moindres pour tous les cas traités que pour le contrôle (le plus bas pour l'illite). Cela indique qu'une partie de la potasse provenait des minéraux d'argiles.

L'indication radioactive permet de déterminer l'origine de la potasse adsorbée par les plantes. Dans le cas servant de contrôle nous avons calculé quelle était la fraction de potasse provenant du grain et de la solution nutritive, respectivement. Nous avons admis les valeurs obtenues pour la potasse provenant du grain aussi pour les autres traitements et nous avons calculé les valeurs de la potasse provenant des minéraux d'argiles (Tableau 3).

Les plantes du contrôle ont adsorbé seulement un tiers de la potasse de la solution nutritive, il n'y avait donc pas de carence en potasse. Le rapport de la potasse de la solution nutritive décroît dans l'ordre suivant: contrôle-kaolinite-montmorillonite-illite, et par contre croît dans la même ordre la quantité de la potasse adsorbée à partir des minéraux d'argiles. Pour l'illite 52,1% de la potasse adsorbée par la plante provient du minéral d'argile. Tout cela indique que, même en présence suffisante d'une quantité de potasse soluble dans l'eau, les germes du seigle peuvent adsorber une quantité notable de potasse à partir des minéraux d'argiles.

En comparant les valeurs de l'activité spécifique théorique pour la teneur en potasse adsorbée et soluble dans l'eau régale avec l'activité spécifique des plantes, nous trouvons une corrélation étroite avec la valeur de la potasse adsorbée pour la kaolinite et la montmorillonite et avec la valeur de la potasse soluble dans l'eau régale pour l'illite.

Nous pouvons donc admettre qu'en présence de minéraux d'argiles les germes du seigle absorbent d'avantage de potasse, même en présence d'une quantité suffisante de potasse soluble dans l'eau. Les plantes ont utilisés la teneur en potasse des minéraux d'argiles. Dans le cas de la kaolinite et de la montmorillonite c'est la potasse adsorbée qui a été utilisée et dans le cas de l'illite la potasse soluble dans l'eau régale y a aussi pris part.

Tableau 1. Caractéristiques des minéraux d'argiles employés. (1) Minéral d'argile* (2) Cations adsorbés m-aequ. (3) K adsorbé, mgK/pot. (4) K soluble en eau régale mgK/pot* m-aequ.

Tableau 2. Valeur de l'activité spécifique des plantes. (1) Traitement. (2) Activité spécifique cpm/mgK. (3) Potasse totale mgK/pot pendant 72 heures.

Tableau 3. Distribution de la potasse dans la plante. (1) Traitement. (2) Potasse totale mgK/pot, de la graine, de la solution nutritive et du minéral d'argile. (3) Potasse totale pour cent, de la graine de la solution nutritive et du minéral d'argile.

Tableau 4. Diminution de l'activité spécifique à la fin des essais rapportée au contrôle. (1) Traitement. (2) Dans la plante. (3) Sable I. (4) Sable II.

Die Einwirkung verschiedener Tonminerale auf die Kaliumaufnahme von Winterroggen-Keimpflanzen

I. LÁNG und M. KOZÁK

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrarkulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Die Kaliumaufnahme der Winterroggen-Keimpflanzen wurde in Anwesenheit der Tonminerale Kaolinit, Illit und Montmorillonit geprüft. Bei diesen Versuchen wurde die Wirkung der wichtigeren Tonminerale auf die Kaliumaufnahme und die Verteilung des durch die Pflanzen aufgenommenen Kaliums durch Untersuchung von Samen, Nährlösung und Tonmineralien geprüft. Bei der Lösung dieser Aufgabe wurde die K^{42} Isotopindikation angewendet.

Die Pflanzen wurden bis zum Alter von 8 Tagen in Sandkulturen aufgezogen (2%-iger Tonmineralegehalt) mit Knopscher Lösung in der K fehlte. Dann erhielten sie die der Knopschen Dosis entsprechende Menge des Isotops K^{42} (30 mg K und 250 μ C je Gefäß). In Abständen von 24, 48 und 72 Stunden nach dieser Gabe wurde der überirdische Teil der Pflanzen abgeschnitten. Die nach cc $H_2SO_4-H_2O_2$ Destruktion gewonnenen Lösungen gelangten zur Analyse.

Der adsorbierte Kaliumgehalt von Kaolinit und Montmorillonit stimmt mit dem in Salpetersäure löslichen Kaliumgehalt überein, während das Illit viel mehr salpetersäurelösliches Kali enthielt.

Die durch die Pflanzen aufgenommene Gesamtkaliummenge nimmt in der Reihenfolge Kontrolle-Kaolinit-Montmorillonit-Illit signifikant zu. Das stimmt auch mit der Reihenfolge der salpetersäurelöslichen Kaliummengen der in die Sandkulturen eingeführten Tonminerale überein. Gleichzeitig sind bei allen Tonmineralienbehandlungen die spezifischen Aktivitätswerte der Pflanzen geringer (am niedrigsten bei Illit) als Kontrolle. Dies zeigt dafür, daß ein Teil des Kaliums aus den Tonmineralien stammt.

Die radioaktive Indikation ermöglicht, den Ursprung des durch die Pflanzen aufgenommenen Kaliums zu bestimmen. Bei der Kontrollbehandlung wurden die Anteile des aus den Samen bzw. aus der Nährlösung stammenden aufgenommenen Kaliums berechnet und die Samen-Kaliumwerte der Kontrolle auch für die anderen Behandlungen angenommen. Auf dieser Grundlage wurden die Tonmineralien-Kaliumwerte errechnet (Tab. 3.).

Die Kontrollpflanzen haben insgesamt ein Drittel des Kaliums der Nährlösung aufgenommen, litten daher keineswegs an Kaliummangel. Das Verhältnis des Nährlösungskaliums nimmt in der Reihenfolge Kontrolle-Kaolinit-Montmorillonit-Illit ab, während die Menge des aus den Tonmineralien aufgenommenen Kaliums in der selben Reihenfolge

zunimmt. Beim Illit stammen 52,1% des durch die Pflanze aufgenommenen Kalis aus dem Tonmineral. All dies zeugt dafür, daß die Roggenkeimpflanzen imstande sind, selbst in Gegenwart von genügenden Mengen wasserlöslichen Kalis aus den Tonmineralien bedeutende Mengen von Kali aufzunehmen.

Vergleicht man die Werte der für den adsorbierten und salpetersalzsäurelöslichen Kaligehalt der Tonmineralien berechneten theoretischen spezifischen Aktivität mit der spezifischen Aktivität der Pflanzen, so läßt sich beim Kaolinit und Montmorillonit ein enger Zusammenhang mit dem adsorbiertem Kalium feststellen während beim Illit eine Beziehung zum salpetersalzsäurelöslichen Kali besteht.

Unter der Einwirkung von Tonmineralien nehmen die Roggenkeimpflanzen selbst in Gegenwart genügender Mengen wasserlöslichen Kalis mehr Kali auf. Die Pflanzen haben daher den Kaligehalt der Tonmineralien verwertet. Diese Verwertung erstreckte sich im Falle des Kaolinit und Montmorillonits auch auf das adsorbierte Kali, dagegen beim Illit auf das salpetersalzsäurelösliche Kali.

Tabelle 1. Merkmale der benützten Tonmineralien. (1) Tonmineral. (2) Adsorbierte Kationen m. Äqu. (3) Adsorbiertes K mgK/Gefäß. (4) Salpetersalzsäurelösliches Gefäß in m. Äqu.

Tabelle 2. Werte der spezifischen Aktivität der Pflanzen. (1) Behandlungen. (2) Spezifische Aktivität cpm/mgK. Gesamt Kali mgK/Gefäß während 72 Stunden.

Tabelle 3. Verteilung des Kaligehaltes der Pflanze. (1) Behandlung. (2) Gesamt-Kali mgK/Gefäß, aus dem Samen, aus der Nährstofflösung und aus dem Tonmineral. (3) Gesamt Kali in %.

Tabelle 4. Die Abnahme der spezifischen Aktivität am Ende der Versuche im Vergleich mit der Kontrolle. (1) Behandlung. (2) In der Pflanze. (3) Sand I. (4) Sand II.

Влияние различных глинистых минералов на усвоение калия проростками ржи

И. ЛАНГ и М. КОЗАК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

Изучалось усвоение калия проростками озимой ржи в присутствии каолинита, иллита и монтмориллонита. Исследовали влияние этих главнейших глинистых минералов на усвоение калия и распределение его между семенами растений, питательным раствором и глинистыми минералами. Исследования велись методом изотопной индикации с помощью изотопа $K-42$.

Растения восемь дней выращивались в песчаной культуре (содержание глинистых минералов 2%) с питательной смесью Кюпа без калия. После этого вносили определенное количество калия в виде меченного изотопа $K-42$, соответствующее питательной смеси Кюпа. (30 мг и 250 μC на сосуд). Спустя 24, 48 и 72 часа после внесения калия срезали надземную часть растений и после озоления концентрированной серной кислотой перекисью водорода, проводили анализ раствора.

Опыты показали, что содержание адсорбированного калия у каолинита и монтмориллонита соответствует количеству растворимого в царской водке калия, а иллит содержал во много раз больше растворимого в царской водке калия. Общее количество усвоенного растениями калия значительно возрастает в следующей очередности: контроль-каолинит-монтмориллонит-иллит, что соответствует степени растворимости в царской водке калия, вносимых в песчаную культуру, глинистых минералов. Во всех вариантах с глинистыми минералами величина удельной активности растений была меньше (всех меньше у иллита), чем у контроля. Это указывает на то, что часть калия происходила из глинистых минералов.

Радиоактивная индикация дает возможность определить источник усвоенного растениями калия. В контроле рассчитали какая часть у растений калия происходила из семян или из питательного раствора. Приняли количество калия, усвоенного растениями из семян в контроле за постоянную величину и рассчитали количество калия, взятого растениями из глинистых минералов (Табл. 3.).

Контрольные растения усвоили только одну треть калия, содержащегося в питательном растворе, следовательно не страдали от недостатка калия. Содержание калия в питательном растворе снижается в следующем порядке: контроль-каолинит-монтмориллонит-иллит, и в том же порядке увеличивается количество калия усвоенного из глинистых минералов. В вариантах с иллитом 52,1% усвоенного растениями калия происходит из глинистого минерала. Все это указывает на то, что при достаточном количестве воднорастворимого калия проростки ржи способны усваивать значительное количество калия из глинистых минералов.

Сравнивая величины теоретической удельной активности, вычисленной по содержанию адсорбированного и растворимого в царской водке калия глинистых минералов, с удельной активностью растений, нашли тесную связь каолинита и монтмориллонита с адсорбированным калием, а иллита с калием, растворимым в царской водке.

Исследования показали, что под влиянием глинистых минералов проростки ржи усваивают больше калия при достаточном количестве воднорастворимого калия. Растения использовали калий глинистых минералов, причем из каолинита и монтмориллонита использовался адсорбированный калий, а из иллита калий растворимый в царской водке.

Табл. 1. Характеристика, применяемых в опытах, глинистых минералов. (1) Глинистый минерал. (2) Адсорбированные катионы в мг. экв. (3) Адсорбированный калий в мг./сосуд. (4) Растворимый в царской водке калий в мг./сосуд, мг. экв.

Табл. 2. Величина удельной активности растений. (1) Варианты. (2) Удельная активность имп/мин/мг. К. (3) Общее количество калия в мг/сосуд в течение 72 часов.

Табл. 3. Распределение содержания калия в растениях. (1) Варианты. (2) Общее содержание калия в мг/сосуд. в семенах, питательного раствора и глинистых минералов. (3) Общее содержание калия в % в семенах, питательном растворе и глинистых минералах.

Табл. 4. Снижение удельной активности в конце опыта по сравнению с контролем. (1) Варианты. (2) В растениях. (3) Песок I. (4) Песок II.