

A Rb^{86} izotóp alkalmazása talajok kálium forgalmának vizsgálatában

II. Rb^{86} izotóppal jelzett kálium dinamikája különböző talajokban

KOZÁK MÁTYÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A kálium felvehetősége a talajon kívül nagymértékben függ a növényekkel és a felvétel idejével kapcsolatos tényezőktől is, függ a növények káliumigényétől, a gyökérrendszer fejlettségétől, a káliumfelvétel maximum vagy minimum periódusaitól, stb. A különböző talajok, tulajdonságaiktól függően, természetesen eltérő feltételeket biztosítanak a növények kálium táplálkozásának, részben a növények számára rendelkezésre álló kálium mennyiségét vagy a kálium időszakos változásait tekintve a talajban, részben pedig a kálium felvehetőségét befolyásoló egyéb fizikai és kémiai tulajdonságait illetően. Ilyen talajtulajdonságok: a talajok kötöttsége, agyagtartalma, humusz- és kalciumkarbonáttartalma, ásványtani összetétele, általános tápanyagellátottságuk, az adszorpciós komplexus kapacitása és a kicserélhető kationok milyensége, vízgazdálkodási tulajdonságaik és még számos tényező, amelyek elsősorban közvetve a növények fejlődésére hatnak. Befolyásolja a növények számára a kálium felvehetőségét az éghajlat is, főképpen a csapadékviszonyok, de nemcsak a csapadék abszolút mennyisége, hanem a csapadékos napok eloszlása is, mivel a talajok felső aktív rétegének kiszáradása nagymértékben meghatározza a kálium felvehetőségét.

Az eddigiekből kitűnik, hogy milyen bonyolult feladat egy adott talaj felvehető káliumtartalmát (vagy tápanyagtartalmát) általános értelemben megadni, ha csak nem tudjuk egészen kivételes esetekben az agrotechnikai, növényélettani, éghajlati tényezőket konkretizálni. Ennek ellenére beszélünk a talajok felvehető káliumtartalmáról s azt közelítőleg valamilyen kationkicserélő oldattal (NH_4 -acetát, NH_4Cl , NH_4NO_3 stb.) kiszorított kálium mennyiségével jellemezzük. Ezekkel a reagensekkel meghatározott káliumértékek, kevés kivételtől eltekintve, összefüggést mutatnak a növények által felvett kálium mennyiségével. Néha ez a korreláció igen szoros is lehet.

A felvehető kálium elnevezés helyett pontosabb és helyesebb is a kicserélhető kálium elnevezéssel illetni az így definiált „felvehető” káliumot, amint ez az irodalomban egyre inkább terjed.

Ugyanígy meghatározhatjuk a lekötött (fixált) kálium fogalmát is: a talajba vitt káliumnak azt a részét nevezhetjük megkötött (fixált) káliumnak, ami nem szorítható ki közvetlenül a szokásos kationkicserélő reagensekkel [11].

Az eddig felsorolt tényezők nemcsak a talaj káliumkészletének felvehetőségét határozzák meg, hanem nagymértékben befolyásolják a káliumtrágyák

érvényesülését is. Vizsgálatainkban csak a talajtulajdonságok hatását tanulmányoztuk a talajba vitt kálium átalakulásaira, felvehetőségére, lekötésére, bár természetesen a káliumtrágyák érvényesülését még számos más faktor is befolyásolja a talaj tulajdonságain kívül. Ilyenek pl. a növénytermesztési, agrotechnikai tényezők, éghajlat, nitrogén—foszfor ellátottság, stb.

A kálium egyszerű vegyületeiben a legoldhatóbb elemek egyike, a talajban levő kálium, ugyanakkor az oldhatóság széles skálájában szerepel; kezdve a vízoldható állapottól, a különböző csökkenő mozgékonyaságú állapotokon keresztül, egészen a primér ásványokba beépült káliumformákig. A talaj káliumformái között — amelyeket általában a mozgékonyaság alapján állapítanak meg — szükségszerűen önkényes és konvencionális a különbségtétel, csak a meghatározásukra alkalmazott módszerekkel különíthetők el. Így rendszerint három csoportba osztható a talaj káliumkészlete: 1. oldható (víz) kálium, 2. kicserélhető (adszorbeált) kálium, 3. ki nem cserélhető és primér ásványi formák. A harmadik csoportba tartozó káliumformák mozgékonyaságuk, felvehetőségük szerint a legbonyolultabbak. Többen megkíséreltek finomabb, részletesebb csoportosítást adni. REITEMEIER [11] összefoglaló munkájában részletesen foglalkozik a kérdéssel. Az újabb csoportosítások közül LEE és munkatársai [9] beosztását emelném ki. A talaj káliumkészletét felosztja a következő csoportokra:

1. Könnyen felvehető kálium: n ammónium-acetátban oldható (tehát együtt a vízoldható és a kicserélhető kálium), agyagásványokhoz adszorbtíve kötött kálium.

2. Közepesen felvehető kálium: meleg n HNO_3 -al kioldható agyagásványok egyéb káliumja és biotit.

3. Tartalék-kálium: 25%-os HCl -al digerálva (Muszkovit-cillámok).

4. Nem-felvehető kálium: összes káliumból levonva az első három csoport összegét (ortoklász, microcline).

A kicserélhető és a nem-kicserélhető káliumfrakciók között MACLEAN [10] egyensúlyi helyzetet tételez fel és megállapítja, hogy a talaj káliumszolgáltató képessége nemcsak a kicserélhető kálium mennyiségétől függ, hanem befolyásolja a kicserélhető kálium pótlódásának üteme a nem-kicserélhető frakcióból. Az egyensúlyi állapot MACLEAN szerint abban áll, hogy mikor sok a kicserélhető kálium, akkor az nem-kicserélhetővé alakul, fixálódik, ha viszont kevés, élénk az utánpótlódás.

A kálium dinamikáján részben a talaj káliumtartalmú vegyületeinek, részben pedig a talajba trágyázáskor bevitt káliumsók átalakulásait értjük az említett frakciók között. Magában foglalja a két legfontosabb folyamatot, a kálium lekötődését, fixációját és felszabadulását, oldhatóvá vagy kicserélhetővé válását a talajban. Szélesebb értelemben ide sorolhatjuk a kálium mozgását a talajszelvényben. Szokás kálium dinamikáról beszélni a növények káliumtáplálkozásával kapcsolatban is, a magyar szakirodalomban a kálium dinamika kifejezés inkább ilyen vonatkozásban ismert.

Jelen munkánkban a Rb^{86} izotóp alkalmazhatóságát vizsgáltuk a kálium dinamikájában néhány fontosabb és egymástól jól elkülönülő talajtípussal. A munka első részében a Rb^{86} izotópnak egy közelítő pontosságú alkalmazását mutattuk be [7]. Szabadföldi körülmények között a Rb^{86} -al jelzett kálisó eloszlását vizsgálva a talaj különböző kálium frakciói között és a talajszelvény mélységében (egy karbonátos homoktalajban) megállapítottuk, hogy bár a Rb^{86} minden esetben nagyobb mértékben adszorbeálódott és fixálódott a

káliumnál, közelítőleg követte a kálium mozgását a talajszelvényben és eloszlását a különböző frakciókban. Nagymértékű káliummegkötődést tapasztaltunk ebben a karbonátos homoktalajban. Mint már korábban is megállapítottuk [5, 6], ennek okait elsősorban a gyakori, ismétlődő kiszáradásban kerestük, de ezen kívül feltételeztük, hogy a talaj CaCO_3 tartalma, sőt aránylag nagy muszkovit típusú csillámtartalma is szerepet játszik a megkötődésben. Ennek a nagymértékű kálium és Rb^{86} fixációnak következtében a kálium és rubidium 10—15 cm-nél mélyebbre nem jutott le a talajszelvényben a 0—2 cm-es rétegből, annak ellenére, hogy a talajt 25—30 cm mélyen meglazítottuk.

Ezért szükségesnek mutatkozott különböző talajtípusokon, a kísérleti körülményeket a szabadföldi kísérleteknél jobban meghatározva, összehasonlítani a kálium és rubidium dinamikáját, hogy így részletesebben megismerjük a Rb^{86} mint kálium-izotóp alkalmazásának lehetőségeit.

Mielőtt azonban a Rb^{86} -al jelzett káliummal hosszabb idejű kísérleteket állítottunk volna be különböző talajokon, összehasonlítottuk a talajok K^{42} és Rb^{86} adszorpcióját rövidebb idejű érlelésnél és megvizsgáltuk a Rb^{86} -al jelzett kálium adszorpcióját és kicserélődését különböző bentonittartalmú adszorbensekben. Ezek az előkísérletek a későbbiek során segítséget nyújtottak a Rb^{86} —K dinamikájának értelmezésében.

Kísérleti rész

Talajok K^{42} és Rb^{86} adszorpciójának összehasonlítása

A kísérleteket szobahőmérsékleten érlelve tiszta kvarchomokon és három talajon végeztük el. A talajok: karbonátos csernozjom jellegű homoktalaj (Órszentmiklós, 1. számú minta), rozsdabarna erdőtalaj gyengén savanyú homokon (Nagykálló, 2. számú minta) és mészlepedékes csernozjom talaj

1. táblázat

A kísérletek talajainak jellemzése

(1) Talaj- minta száma	pH		CaCO_3 , %	(2) h_y	(3) K_A	(4) Humusz, %	(5) Összes N	(6) Összes P	(7) Kálium		
	H_2O	KCl							Kicsereél- hető	Sav- oltható	Összes
1.	7,1	6,8	3,1	0,54	27	0,94	43,1	66,0	8,6	19,5	290
2.	6,1	5,4	—	0,74	29	1,44	77,2	58,7	10,0	20,5	450
3.	7,0	6,4	—	1,40	36	1,51	45,2	57,7	10,8	28,5	680
4.	7,5	6,9	3,6	1,80	38	3,48	168	91,7	16,0	39,5	905
5.	6,7	5,6	0,53	3,41	48	3,46	146	57,7	23,0	38,7	695
6.	6,0	5,2	—	2,19	46	4,62	192	48,0	48,4	75,0	1450

(Nagyhőreség, 4. számú minta). A talajok jellemzését a többi kísérletben szereplő talajokkal együtt az 1. táblázatban ismertetjük. A talajokat laboratóriumban, a természetes vízkapacitásnak megfelelő nedvességtartalom mellett szobahőmérsékleten 24 óra hosszat érleltük, majd az egy napos érlelés után

1%-os NH_4Cl -al a kicserélhető, 2 n HCl -al pedig a savoldható kálium, illetve rubidium frakciókat határoztuk meg.

Kezelések :

1. Kvarchomok; K^{42} —K.
2. Kvarchomok; Rb^{86} —K.
3. Meszes homoktalaj; \emptyset .
4. Meszes homoktalaj; K^{42} —K.
5. Meszes homoktalaj; Rb^{86} —K.
6. Savanyú homoktalaj; \emptyset .
7. Savanyú homoktalaj; K^{42} —K.
8. Savanyú homoktalaj; Rb^{86} —K.
9. Csernozjomtalaj \emptyset .
10. Csernozjomtalaj; K^{42} —K.
11. Csernozjomtalaj; Rb^{86} —K.

Kis kristályosító csészékbe 100—100 g légszáraz talajt, illetve kvarchomokot mértünk és az aktív KCl oldatok hozzáadása után nedvességtartalmukat a természetes vízkapacitásnak megfelelő értékre állítottuk be. Ez a kvarchomoknál 10%, a homoktalajoknál 12%, a csernozjomtalajnál pedig 22% volt. A felhasznált KCl oldat 0,1 mólos volt, edényenként és 100 g tala-

2. táblázat

A K^{42} és Rb^{86} izotóp adszorpciójának és kicserélődésének összehasonlítása

(1) Frakció	(2) Talajminta	(3) Aktivitás, %		(4) Kálium, %		(5) Fajlagos aktivitás cpm/mg K	
		K^{42}	Rb^{86}	K^{42}	Rb^{86}	K^{42}	Rb^{86}
a) Kicserélhető K	c) Kvarchomok	100	100	100	100	669	264
	Órszentmiklós	88,8	66,1	78,1	75,8	760	230
	Nagykálló	87,8	70,4	80,0	79,3	734	234
	Nagyhőresög	69,4	42,1	71,3	71,2	651	156
b) Savoldható K	Órszentmiklós	85,6	72,5	99,1	86,7	578	221
	Nagykálló	95,9	64,7	99,4	81,8	645	209
	Nagyhőresög	80,7	42,5	100	100	528	106

jonként 43,8 mg KCl -ot (23 mg K) adtunk. Az edényekbe bevitt aktivitás K^{42} esetén 20 700 cpm, a Rb^{86} esetén pedig 6900 cpm volt a kísérlet beállítása-kor. A 24 órás érlelés után az edények tartalmát kvantitatíve 500 ml-es Stohmann-lombikokba vittük át és 300 ml 1%-os NH_4Cl , illetve 2 n HCl -al 1,5 órát rázatva kivonatokat készítettünk. Az oldatok aktivitását szcintillációs mérőberendezéssel határoztuk meg. Az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. Az adatokból látható, hogy egy napos érlelés alatt az adszorpció aránylag kis-mértékű, a talajokba bevitt káliumot 70—80%-ban visszanyertük ammónium-kloridos kicseréléssel, 2 n sósavval pedig gyakorlatilag teljes egészében. Így a káliumnál fixáció nem mutatkozott. Az érlelés ez első szakaszában homoktalajoknál a Rb^{86} izotóp a K^{42} izotóppal egyező mértékben követte a kálium

adszorpcióját, kicserélődését. A megmutatkozó kisebb eltérések a mérések szórásán belül esnek. A nagyhőrségi csernozjomtalajnál azonban a Rb^{86} izotóp már jóval nagyobb mértékben adszorbeálódott, mint a kálium. Ez a mintegy 30%-os különbség arra mutat, hogy a nagyobb kolloidtartalmú csernozjomnál már a kölcsönhatás első fázisában is megmutatkozik a rubidium nagyobb adszorpcióképessége. A sokoldalú hasonlóság ellenére, ami a rubidium és a kálium között fennáll, a rubidium az elemek liotrop sorában megelőzi a káliumot és ebből, valamint még néhány más fiziko-kémiai tényezőtől adódik a rubidium nagyobb adszorpcióképessége, illetve az adszorpció sorrendje. A fajlagos aktivitás adataiból is következik, hogy a kis kolloidtartalmú homoktalajoknál a kölcsönhatás első periódusában a Rb^{86} izotóp adszorpciója megegyezik a kálium és K^{42} adszorpciójával, a csernozjomnál viszont már jelentős eltérést találunk.

A csernozjomon adszorbeálódott Rb^{86} 2 n HCl-al sem nyerhető vissza teljes egészében; nemcsak szelektíve részesíti előnyben a Rb^{86} -ot a káliummal szemben a kötöttebb csernozjomtalaj, hanem a káliumnál erősebb adszorpciók kötést biztosít a Rb^{86} számára (fixáció).

A Rb^{86} -al jelzett kálium adszorpciója és kicserélődése bentoniton

Az előbbi kísérlet eredményei már jelezték a talajok kolloid frakciójának szelektivitását a Rb^{86} -K adszorpcióban. Aránylag tiszta vagy legalábbis jobban definiált adszorbensen, mint amilyen a természetes bentonit is, vizsgáltuk tovább a Rb^{86} izotóppal jelzett káliumoldatok adszorpcióját és kicserélődését.

3. táblázat

Rb^{86} -al jelzett kálium adszorpciója és kicserélődése bentoniton

(1) Adszorbens	Rb^{86}								
	(2) nem adszorbeált		(3) adszorbeált		(4) kicserélhető		(5) nem kicserélhető		
	cpm	%	cpm	%	cpm	%	cpm	%	
a) Kvarehomok	3271	100							
Bentonit 2%	1814	55,4	1457	44,6	684	46,9	773	53,1	
Bentonit 4%	1143	34,9	2128	65,1	1012	47,6	1116	52,4	
a) Kvarehomok	Kálium								
	mg K_2O	%	mg	%	mg	%	mg	%	
Bentonit 2%	492	100							
Bentonit 4%	363	73,8	129	26,2	52,5	40,7	76,5	59,3	
Bentonit 4%	296	60,2	196	39,8	103,5	52,8	92,5	47,2	

A kísérletet 0, 2 és 4% bentonittartalmú kvarehomok keverékeken Schachtschabel-csővekben végeztük. Az adszorpcióhoz 0,1 mólos KCl oldatot használtunk, amelyet 10 μC Rb^{86} /liter aktivitású $Rb^{86}Cl$ -al jelöltünk. Oszloponként 100 ml oldatot öntöttünk fel, 10 órás egyenletes lecsepegés után kb. 100 ml desztillált vízzel a nem-adszorptíve visszatartott Rb^{86} -K oldatot kimostuk, amivel a felfogott oldatokat 200 ml-re töltöttük fel. Ezekből a törzs-

4. táblázat

Hordozó nélkül és különböző hordozókkal alkalmazott Rb⁸⁶ adszorpciója és kicserélődése bentoniton

(1) Bentonit, %	(2) Hordozó nélkül		(3) K-hordozóval		(4) Rb-hordozóval	
	cpm	%	cpm	%	cpm	%
A) Adszorbeált Rb⁸⁶						
0*	3107	100	3360	100	3250	100
0,25	3100	100	2197	65,4	1740	52,6
0,50	3100	100	1584	47,1	1669	51,4
0,75	3100	100	2199	65,4	1376	41,0
1,00	3100	100	2312	68,8	1626	50,0
2,00	3100	100	2727	81,2	1970	60,6
3,00	3100	100	2926	87,1	1686	51,9
B) Kicserélhető Rb⁸⁶						
0,25	1148	36,9	862	39,2	742	42,6
0,50	971	31,3	723	45,6	887	53,1
0,75	989	31,8	740	33,7	591	43,0
1,00	1035	33,3	915	39,6	504	31,0
2,00	735	23,7	668	24,5	463	23,5
3,00	760	24,5	652	22,3	402	23,8
C) Nem-kicserélhető Rb⁸⁶						
0,25	1959	63,1	1335	39,7	968	29,8
0,50	2136	68,7	861	25,6	782	24,1
0,75	2118	68,2	1459	43,3	785	24,2
1,00	2072	66,7	1397	41,6	1122	34,5
2,00	2372	76,3	2059	61,3	1507	46,4
3,00	2347	75,5	2274	67,7	1284	39,5

* Fredeti oldat.

oldatokból meghatároztuk az aktivitás mértékét hasonló módon, mint az előbbi kísérletben, majd lebomlás után a kálium tartalmát.

Az oszlopokon adszorbeálódott Rb⁸⁶—K-ot 0,5 n CaCl₂ oldattal cseréltük ki; 150 ml 0,5 n CaCl₂ oldatot öntöttünk fel az oszlopokra 50—50 ml-es részletekben, 10 órás egyenletes lecsepegés után még kb. 50 ml desztillált vízzel átmostuk és 200 ml-re töltöttük fel. A CaCl₂-al kicserélt Rb⁸⁶ aktivitását és az oldat K tartalmát lebomlás után (a lángfotometrius K meghatározáshoz a kalciumot NH₄-oxaláttal eltávolítottuk) az előbbiekhöz hasonlóan határoztuk meg. Az adatokat a 3. táblázat tartalmazza.

A 0% bentonit, tehát a tiszta kvarchomok adszorbenst vettük 100%-nak és ehhez viszonyítottuk a növekvő bentonittartalmú adszorbensek adatait. A bentonit Mádról származott, természetes állapotú, de tisztított, őrölt, lényegében Ca-bentonit volt. Adszorbeált kationok; Ca 55,0 a Mg 22,5 a K 2,4 me/100 g talaj volt, az S érték %-ban; Ca 68,8, Mg 28,2 és a K 3,0, S értéke 79, 9, T értéke 93,1 és a T—S 13,2.

A Rb⁸⁶ izotóp nagyobb mértékben adszorbeálódott, mint a kálium, 44,6 és 65,1% Rb⁸⁶ adszorpcióval szemben 26,2 és 39,8% K adszorpció áll. A már

adszorbeált Rb^{86} és kálium $CaCl_2$ oldattal közel azonos mértékben, mintegy a fele, cserélődik ki. Az adszorbeált Rb^{86} és káliumnak valamivel több, mint a fele $CaCl_2$ oldattal nem cserélhető ki, a bentoniton marad adszorbeálva.

Ezeket az adszorpciós kísérleteket előkísérlet jelleggel végeztük tájékozódás céljából. Tekintettel azonban a Rb^{86} nagy adszorpcióképességére és arra, hogy a Rb^{86} mint hasadási termék szennyezheti a talajt is, szükségesnek tartottuk kísérleteinket kiegészíteni a hordozó nélküli Rb^{86} adszorpciójának vizsgálatával egy részletesebb bentonit koncentráció soron. A bentonitból 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; és 3,0% bentonit—kvarchomok keverék sorozatot készítettünk. Az oldatok: Rb^{86} hordozó nélkül, 80 μC Rb^{86} 2000 ml-ben; 80 μC Rb^{86} /2000 ml 0,1 n KCl és 80 μC Rb^{86} /2000 ml 0,1 n RbCl oldatban. A kicserélésre itt is 0,5 n $CaCl_2$ oldatot használtunk. A kísérletet Schachtschabel-csővekben, 100 g fenti összetételű keverékekkel végeztük. A bentonit meggyezett az előző kísérletben használttal. A Rb^{86} adszorpcióját és kicserélődését a 4. táblázat mutatja be. A viszonyszámokat az adszorpcióra vonatkozó értékeknél az eredeti oldat aktivitására számoltuk, a kicserélődésnél az adszorbeált mennyiségre, a nem-kicserélhető Rb^{86} adatait viszont szintén az eredeti oldat aktivitására számoltuk.

Nagy különbséget tapasztaltunk a hordozó nélküli és a hordozóval adott Rb^{86} adszorpciója között. Már a legkisebb bentonit mennyiség (0,25%) is teljes mértékben adszorbeálta a hordozó nélkül adott Rb^{86} izotópot. Kálium hordozóval adva a Rb^{86} adszorpciója már függ az adszorbens bentonit tartalmától, a mérési tartományon belül közelítőleg követi a Kroekker-izotermát [1].

$$x = f(m)$$

$$\frac{dx}{dm} = k(A - x)$$

$$k = \frac{1}{m} \cdot \ln \frac{A}{A - x},$$

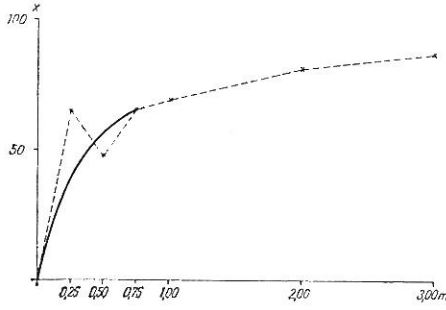
ahol x az m mennyiségű adszorbens által adszorbeált mennyiséget jelenti, A az oldat kezdeti töménysége, k állandó.

Az adszorbensnek választott természetes mádi bentoniton néhány esetben a kisebb koncentrációknál eltérést találtunk az izotermától. Az adszorpciós sor teljes képe azonban a Kroekker-izotermára jellemző logaritmikus összefüggést mutatja (1. ábra). Rubidium hordozóval a Rb^{86} adszorpciója kísérleti körülményeink között nem mutat összefüggést a bentonit koncentrációjával. Az adszorpció mértéke kisebb, mint K hordozóval vagy hordozó nélkül.

Az adszorbeált Rb^{86} izotópot 0,5 n $CaCl_2$ oldattal cseréltük ki, a kicserélődés mértéke már közel azonos volt. A $CaCl_2$ -al nem-kicserélhető Rb^{86} értékeiben viszont jelentős különbségeket találunk. A bentonit a hordozó nélküli Rb^{86} izotópot kis koncentrációban is 60—70%-ban nem kicserélhető formában tartja vissza, egyszeri, nem ismételt kicserélődés esetén. A nagyobb koncentrációknál már a megkötődés közel esik a K hordozóval adott Rb^{86} értékeihez. A Rb hordozónál a megkötődés maximálisan 40% körül mutatkozott.

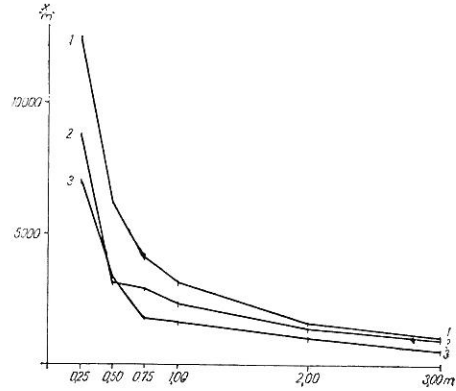
A fajlagos adszorpció értékeinél (x/m görbék, 2. ábra) még jobban kitűnik a kis koncentrációknál a hordozó nélküli Rb^{86} eltérése, ami azután a két

legnagyobb koncentrációnál (2 és 3%) már nem jelentős. A hordozó nélküli Rb^{86} $x/m = f(m)$ görbéje szabályos reciprok görbe, ettől csak kis eltérést mutat a $Rb^{86}-K$ és $Rb^{86}-Rb$ görbéi.



1. ábra

A K-hordozóval adott Rb^{86} izotóp Kroekker izotermája bentoniton: $x = f(m)$



2. ábra

Különböző hordozókkal adott Rb^{86} izotóp fajlagos adszorpciója bentoniton: $x/m = f(m)$

Néhány fontosabb talajtípus $Rb^{86}-K$ dinamikája érlelésnél

Laboratóriumi körülmények között, a természetes vízkapacitásnak megfelelő nedvességi szinten érlelve vizsgáltuk hat jellegzetes talajtípuson a Rb^{86} -al jelzett kálium dinamikáját.

Talajok :

1. Karbonátos csernozjom jellegű homoktalaj, Őrszentmiklós,
2. Rozsdabarna erdőtalaj, gyengén savanyú homokon, Nagykálló,
3. Agyagbemosódásos erdőtalaj, Pesthidegkút,
4. Mészlepedékes csernozjom talaj, Nagyhörsög,
5. Réti talaj, Mezőnagymihály, és
6. Sztyeppesedő réti szolonyec Pankota.

Valamennyi talajnál a 0–20 cm-es rétegből vettük a mintákat. A talajminták összeállításánál törekedtünk arra, hogy mind típusban, mind pedig egyéb tulajdonságokban (kötöttség, humusz, $CaCO_3$ stb.) eltérő és jellegzetes talajokat válasszunk. Így a legkülönbözőbb talajokon vizsgálhatjuk a $Rb^{86}-K$ dinamikáját, olyan talajokon, amelyekben az MTA Talajtani és Agrokémiái Kutató Intézete trágyázási és talajjavítási kísérleteket is folytat. Vizsgálataink ezért beilleszthetők a más irányú kísérletek eredményeibe és kiegészíthetők azokat. A kálium dinamikájában, különösen a kálium fixációjában fontos tényezők, mint a kötöttség, a $CaCO_3$ -tartalom, p_H , humusztartalom és a tápanyag ellátottság széles skálán szerepelnek (1. táblázat).

A kísérlet beállítására 1–1 kg légszáraz talajt 320 μC Rb^{86} (320 mg K [= 385 mg K_2O]) fajlagos aktivitású KCl oldattal alaposan elkevertünk, majd nedvességtartalmát a természetes vízkapacitásra egészítettük ki (az 1. és

5. táblázat

A kicserélhető Rb⁸⁶-al jelzett kálium dinamikája

(1) Talajminta száma	(2) 8 napos érlelés		(3) 36 napos érlelés		(4) 74 napos érlelés	
	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%
1.	4 352	36,0	3 508	30,5	2 918	31,3
2.	22 915	43,5	20 904	41,0	20 610	42,2
3.	1 199	29,0	2 016	28,5	720	23,2
4.	8 885	47,5	6 554	42,5	5 274	38,8
5.	1 815	43,0	2 278	41,5	931	34,3
6.	18 880	79,0	14 838	79,5	12 700	73,2

2. talajnál 12%, a 3. és 4. talajnál 22%, az 5. és 6. talajnál pedig 35%). Minta-vételre a 8., 34. és 74. napon került sor, egy 2 cm Ø kis kézi fúróval edényen-ként 5—5 mintát vettünk, amelyek egyesítéséből nyert átlagmintákat dolgoz-tuk fel. A kezeléseket kétszer ismételtük meg, az eredmények a két 5—5 fúrás-ból nyert minták átlagából származnak. Meghatároztuk a kicserélhető káliumot (1%-os NH₄Cl oldattal), a savoldható káliumot (2 n HCl-al) és az összes káliumot (perklórsav-kénsavas feltárásból). A kicserélhető és savoldható Rb⁸⁶—K dinamikáját az 5. és 6. táblázat mutatja be, a fixáció mértékét pedig a 7. táblázatban találhatjuk.

A talajokba bevitt Rb⁸⁶—K oldhatóságának csökkenését a perklórsav-kénsav feltárással nyert összes kálium és Rb⁸⁶ százalékában adtuk meg, figye-lembe véve a talajhoz adott káliumot és a talaj eredeti káliumkészletét (7. táb-lázat). Szembetűnő, hogy a nagykállói savanyú homoktalajt kivéve (2) a Rb⁸⁶ a káliumnál nagyobb mértékben kötődött le. Az örszentmiklói karbonátos csernozjom jellegű homoktalajnál (1) a kísérlet végén a 74 napos érlelés után a Rb⁸⁶ 10,9%-ban, a kálium pedig 66,4%-ban maradt oldható. Ezek az értékek a pesthidegkúti agyagbemosódásos erdőtalajnál (3) 2,5% Rb⁸⁶, illetve 47% kálium, a nagyhőrcsögi mészlepedékes csernozjomnál (4) 20,8% Rb⁸⁶, illetve

6. táblázat

A savoldható Rb⁸⁶-al jelzett kálium dinamikája

(1) Talajminta száma	(2) 8 napos érlelés		(3) 36 napos érlelés		(4) 74 napos érlelés	
	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%	Rb ⁸⁶ cpm	K ₂ O mg%
1.	11 200	38,0	10 700	40,0	8 400	38,0
2.	24 907	47,0	24 146	47,0	19 103	46,0
3.	3 116	34,0	3 718	39,0	2 836	37,0
4.	10 529	55,0	8 772	59,5	6 643	57,8
5.	3 233	48,5	3 319	55,5	2 158	53,2
6.	12 701	85,5	11 466	97,5	8 261	87,5

7. táblázat

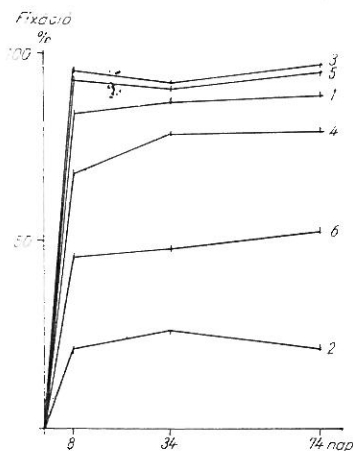
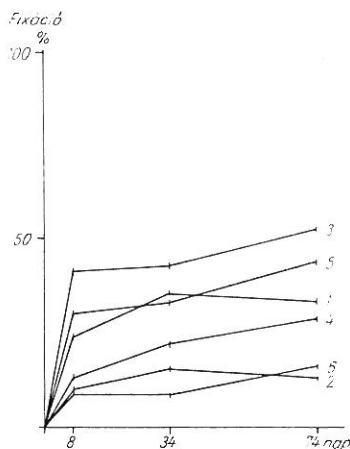
A fixáció mértéke

(1) Talaj- minta száma	(2) 8 napos érlelés				(3) 34 napos érlelés				(4) 74 napos érlelés			
	Rb ⁸⁶ %		K %		Rb ⁸⁶ %		K %		Rb ⁸⁶ %		K %	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1.	16,0	41,3	76,4	65,5	12,8	39,0	64,8	69,0	10,9	31,3	66,4	65,5
2.	79,1	85,9	89,7	71,2	73,8	85,3	84,5	79,7	79,2	73,5	87,0	78,5
3.	4,7	12,1	58,8	50,7	7,4	13,7	57,6	58,2	2,5	9,7	47,0	55,2
4.	31,7	37,6	87,2	70,5	21,1	28,3	78,0	76,3	20,8	26,3	71,2	74,1
5.	6,5	11,6	69,9	62,8	9,3	13,6	67,5	71,9	3,8	8,7	55,8	68,9
6.	54,7	36,8	90,9	75,3	52,2	40,3	91,5	85,9	47,3	30,8	84,2	11,1

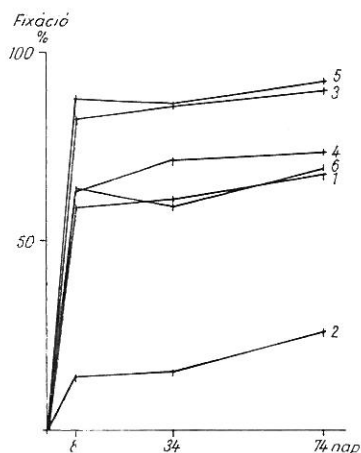
I = kicserélhető, II = savoldható

71,2% kálium, a mezőnagymihályi réti talajnál (5) 3,8% Rb⁸⁶, illetve 55,8% kálium, a pankotai réti szolonyec talajnál (6) 47,3% Rb⁸⁶, illetve 84,2% kálium és végül a nagykállói savanyú homoktalajnál (2) 79,2% Rb⁸⁶ és 87,0% kálium, tehát közel egyenlő mértékben maradt kicserélhető formában.

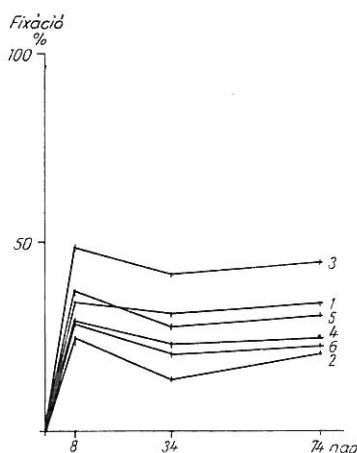
A savoldható Rb⁸⁶—K értékek változása hasonló tendenciájú, mint amilyent a kicserélhető értékeknél találtunk. A pesthidegkúti agyagbemosódásos erdőtalajnál (3) 9,7% Rb⁸⁶, illetve 55,2% kálium, a nagyhorcsógi mészlepedékes csernozjomnál (4) 26,3% Rb⁸⁶, illetve 74,1% kálium, a mezőnagymihályi réti talajnál (5) 8,7% Rb⁸⁶, illetve 68,9% kálium, a pankotai réti szolonyecnél (6) 30,8% Rb⁸⁶, illetve 77,1% kálium, az őrszentmiklósi karbonátos homoktalajnál (1) a különbség kisebb, mint a kicserélhető frakciónál, 31,3% Rb⁸⁶ és 65,5% kálium, míg a nagykállói savanyú homoknál jó egyezést mutatva 73,5% Rb⁸⁶ és 78,5% kálium.

3. ábra
A kicserélhető Rb⁸⁶ fixációs görbéi4. ábra
A kicserélhető K fixációs görbéi

A talajokhoz adott Rb^{86} -al jelzett kálium fixációs folyamatait a 3., 4., 5. és 6. ábrákon kísérhetjük nyomon. A fixációs görbék menetéből leolvasható a fixációs folyamatok sebessége, az egyes mintavételi időpontok közötti esetleges defixáció, kálium vagy Rb^{86} felszabadulás és természetesen a fixáció mértéke is. Az ábrák alapján a fixációs folyamatokat sebességük szerint két csoportra oszthatjuk; az első aránylag gyorsan végbemegy a káliumbevitelt



5. ábra
A savoldható Rb^{86} fixációs görbéi



6. ábra
A savoldható K fixációs görbéi

követő néhány nap alatt és közel egyezően a kicserélhető és savoldható frakcióban egyaránt. Ezt követi a másik kis sebességű folyamat, amely időtartamát tekintve csak hónapokkal mérhető. A gyors folyamat alatt a fixáció jelentős része végbemegy, a lassú folyamat alatt a savoldható Rb^{86} és kálium

8. táblázat

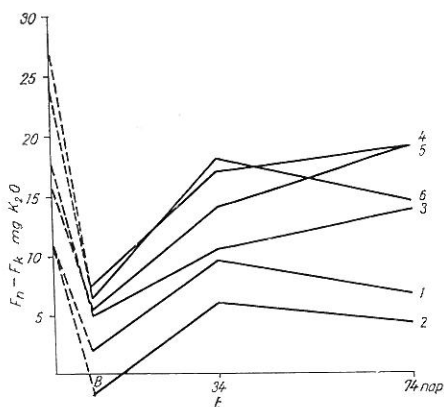
A savoldható és kicserélhető kálium
különbségének ($F_n - F_k$) változása érlelés alatt

(1) Talaj- minta száma	(2)	(3)	(4)	(5)
	Eredeti	8. nap	34. nap	74. nap
$F_n - F_k$ mg $K_2O/100$ g talaj				
1.	10,9	2,0	9,5	6,7
2.	10,5	-1,5	6,0	4,1
3.	17,7	5,0	10,5	13,8
4.	23,5	7,5	17,0	19,0
5.	15,7	4,5	14,0	18,9
6.	26,6	6,5	18,0	14,3

alig változik, e frakcióban a fixáció mértéke csak kis mértékben nő vagy éppen kissé csökken a különböző, feltételezett egyensúlyi állapotok beállása következtében. A kicserélhető kálium lekötődése viszont, bár kis mértékben, de általában még fokozódik. A Rb^{86} és a kálium fixációs görbéi e tekintetben hasonló jellegűek, abszolút számokban természetesen eltérnek egymástól.

A kicserélhető és savoldható kálium adatainál megtévesztő lehet, hogy viszonyszámokban a savoldható káliumértékek általában kisebbek a kicserélhetőnél. A káliummal kezelt talajmintákból meghatározott savoldható káliumértékek ugyan általában nagyobbak a kicserélhetőnél, ha azonban az eredeti talaj megfelelő értékeivel korrigáljuk, már az arány megfordul és általában a kicserélhető kálium lesz a nagyobb. Feltételezve, hogy a két káliumfrakció között valamilyen kapcsolat lehetséges, kiszámítottuk a savoldható és a kicserélhető kálium különbségét ($F_n - F_k$), a tulajdonképpeni savoldható vagy nehezen felvehető káliumot, és vizsgáltuk, hogy az érlelés során milyen változást mutat (8. táblázat).

Az adatokból kitűnik, hogy az eredeti talaj $F_n - F_k$ értéke a kálium hozzáadása után lecsökken valamennyi talajtípusnál, majd ismét növekszik az érlelés során és értéke megközelíti az érlelés végén az eredeti $F_n - F_k$ értékét. Ezt a változást ábrázolva (7. ábra) karakterisztikus görbéket kapunk



7. ábra

Néhány fontosabb talajtípus $F_n - F_k = f(t)$ görbéi

mindegyik talajnál, bár nagyon eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, a görbék lefutása hasonló. Egyelőre még kevés adattal rendelkezünk ahhoz, hogy a jelenséget részletesen megmagyarázzuk és értelmezzük. Annyit azonban már az eddigiekből is feltételezhetünk, hogy a talajok kicserélhető és savoldható frakciója között valamilyen dinamikus kapcsolatnak kell fennállnia, aminek elsősorban kálium trágyázáskor, a talaj káliumszolgáltató képességében lehet szerepe.

Következtetések

A rubidium és a kálium között fennálló fiziko-kémiai hasonlóságból kiindulva kíséreltük meg a Rb^{86} izotópot felhasználni a kálium jelzésére. Ez a hasonlóság, amelyet dolgozatunk első részében részleteztünk, csak a lehetőségét adta meg annak, hogy a Rb^{86} a káliummal egyező mértékben fog a talajban vagy más adszorbenseken adszorbeálódni, kicserélődni. A hasonlóság ellenére fennálló kis különbségek, mint az atom- és ionrádiusz nagysága vagy az elemek liotrop sorában elfoglalt helye ugyanakkor a rubidium nagyobb mér-

tékű adszorpciójának a lehetőségét adja meg. Kísérleteinkben ez a kettősség megnyilvánult. Amikor a fixációs kísérletek során mindkét iont érintő külső behatás elmozdította a Rb és a K között fennálló különbségeket, a Rb⁸⁶ és a K fixációja, adszorpciója közel azonos lesz. Ezt tapasztaltuk szabadföldi kísérletünkben, ahol a talaj ismételt kiszáradása egyformán nagy Rb⁸⁶ és kálium fixációt eredményezett. Másrészt, ha a Rb⁸⁶ és K fixációban jelentős tényezők, mint a kolloidtartalom, a CaCO₃ tartalom nagyon kis mennyiségben vannak jelen vagy hiányzanak, a Rb⁸⁶ és a K fixációja közel azonos lesz. Ezt a nagy-kállói gyengén savanyú homokon kialakult rozsdabarna erdőtalajnál figyeltük meg, ahol a laboratóriumi érlelés alatt egyformán kis mértékű Rb⁸⁶ és kálium adszorpciót és fixációt mértünk. Az olyan talajokon viszont, ahol ezek a tényezők jelen vannak és ilyen a talajok legnagyobb része, a Rb adszorpciója és fixációja nagyobb, mint a káliumé és ilyen körülmények között nem követheti a kálium dinamikáját. A Rb és K dinamikájában megmutatkozó eltérés kötöttebb talajon (csernozjom) már az érlelés első 24 órájában jelentkezik, a meszes homoktalajnál csak a 8. naptól kezdve. Így elsősorban a kolloid tartalom következtében megy végbe a rubidium és a kálium szelektív adszorpciója.

Bentoniton közel kétszer annyi Rb⁸⁶ adszorbeálódik, mint kálium, ez is igazolja az előbbi állítás helyességét. Az adszorpció után a CaCl₂-os kicserélődésnél viszont közel azonos arányban volt kicserélhető mind a Rb⁸⁶, mind pedig a kálium. Az adszorbens szelektivitása tehát a kicserélésnél nem áll fenn, csak az adszorpcióra, illetve a fixációra vonatkozik. Bentoniton az adszorbeált Rb⁸⁶-nak és káliumnak mintegy fele egyszerű CaCl₂-os kezeléssel nem cserélhető ki. A Rb⁸⁶-nál természetesen ez a szám, ha az oldat eredeti töménységére számítjuk, a nagyobb adszorpció miatt nagyobb. A montmorillonit tehát erős adszorpciós kötésben tartja a ráadszorbeált kationokat. A kísérletünkben alkalmazott mádi természetes bentonitnál (ami nagy montmorillonit tartalmú) a teljes adszorpciónak mintegy fele kicserélhető, másik fele pedig nem-kicserélhető jellegű volt.

Összehasonlítottuk a különböző hordozókkal adott Rb⁸⁶ adszorpcióját és kicserélődését bentoniton. A hordozó nélküli Rb⁸⁶ adszorpciója az általunk vizsgált bentonit koncentráció sorban nem követi a Kroekker-izotermát, már legkisebb koncentrációjú bentonit—kvarehomok adszorbens is gyakorlatilag teljes mértékben adszorbeálja. Ugyanakkor CaCl₂-al csak kb. 25—30%-a cserélhető ki, így legnagyobb része visszamarad a bentoniton. K-hordozóval a Rb⁸⁶ adszorpciója közelítőleg leírható a Kroekker-izotermával, a Rb-hordozóval kapott eredményekből a nagy szórások miatt következtetést nem tudunk levonni.

A hordozó nélküli Rb⁸⁶ kísérletünkben tapasztalt nagymértékű adszorpciója bentoniton, ami talajokban K-hordozóval még nagyobb is lehet, felhívja a figyelmet a Rb⁸⁶ mint hasadási termék talajban való felhalmozódásának veszélyére. A talajban tartósan visszamaradva elbomlásáig (19 napos felezési idő) fertőzheti a növényeket, majd az állatok szervezetébe és az emberi szervezetbe jutva, intenzív béta és gamma sugárzásával ronszolhat.

A hat különböző talajtípussal végzett érleléses laboratóriumi kísérlet eredményeiből következtetéseket vonhatunk le a Rb⁸⁶ izotóp alkalmazhatóságáról a talajok kálium forgalmában a kálium fixáció mértékéről, a fixációt befolyásoló talajtényezők szerepéről, a fixációs folyamatok sebességéről és a különböző K-frakciók közötti kapcsolatról.

A Rb^{86} fixációja talajokon is sokkal nagyobb mértékű, mint a káliumé, kivéve a nagykállói savanyú homoktalajt, ha a kísérletet állandó nedvességtartalom mellett (természetes vízkapacitás) vezetjük. A kálium ugyanakkor sokkal kisebb mértékben fixálódott, mint természetes körülmények között, ahol a talaj gyakori kiszáradása következtében nagymértékű K-(és Rb^{86} fixáció) jelentkezett. Ilyen esetekben a kiszáradás mint domináló tényező elnyomja a többi, a fixációt befolyásoló talajtulajdonság hatását. A Rb^{86} fixációja, a fixáció sebességét és a fixációs görbék jellegét tekintve viszont hasonló a kálium fixációhoz. Ezekből az eredményekből kitűnik, hogy a Rb^{86} izotóp a talajok legnagyobb részénél a fenti kísérleti körülmények között nem alkalmas a kálium jelzésére. Ez alól kivételek a savanyú homoktalajok és ha kisebb pontossággal megelégszünk, szabadföldi kísérleteknél a meszes homoktalajok.

Kísérletünkéből megállapítható, hogy milyen talajtulajdonságok befolyásolják a kálium megkötődését. A talajok kötöttsége fokozta a fixációt, a kötöttebb talajokon (réti talaj, agyagbemosódásos erdőtalaj) nagyobb a kálium lekötődése.

A talajok $CaCO_3$ tartalma szintén nagyobb fixációt idéz elő, ha összehasonlítjuk egy karbonátos homoktalaj és egy karbonátmentes savanyú homoktalaj tulajdonságait, lényeges eltérést csak a $CaCO_3$ tartalomban (így természetesen a pH-ban is) találunk. A meszes talajon viszont a 74. napos érlelés után több mint 20%-kal nagyobb a kálium megkötődés.

A talaj kicserélhető káliumtartalma is befolyásolja a kálium fixációját. A sok, közel 50 mg% kicserélhető káliumot tartalmazó pankotai sztyeppesedő réti szolonyec talajon mintegy 30%-kal kisebb a megkötődés, mint a kötöttségben és más tulajdonságokban hasonló, de jóval kevesebb kicserélhető káliumot és természetesen más oldható sókat tartalmazó réti talajon.

A talajok humusztartalmának szerepét vizsgálva levonhatjuk azt a következtetést, hogy a talajok humusztartalma csökkenti a kálium fixációját, a humuszos talajok általában jó káliumszolgáltató képességgel rendelkeznek. Ez elsősorban a csernozjom talajokra vonatkozik. Hasonló következtetésre jutott KERESZTÉNY és POCSAI [4] is, akik megállapították, hogy a K-fixáció mértéke nagyobb volt a kötöttebb talajoknál, a talajok humusztartalma viszont csökkentette a megkötődést. REITEMEIER összefoglaló munkájában [11] és újabban LÁNG [8] több hasonló megállapítást ismertet. A talajok $CaCO_3$ tartalmának, illetve lúgos kémhatásának fixáció növelő hatására KARIM és MALEK [3], valamint CHANG és FENG [2] is utal.

Több kutató is megállapította, hogy bizonyos kapcsolatnak kell lenni a kicserélhető és nem-kicserélhető kálium között [10, 11]. Kísérleteinkben a kicserélhető és a savoldható káliumfrakciók között találtunk dinamikus kapcsolatot. Kálium trágyázás után néhány nappal a két frakció közötti különbség lecsökken, gyakran nulla körüli értékre. Természetesen a nem-kicserélhető káliumnak csak egy kis részét képezi a 2 n HCl-al egyszerű kioldással kapott kálium, de a legmozgékonyabb részét, mely a növények kálium felvételében még szerepet játszhat. Az érlelés során a fixáció előre haladtával a két frakció közötti különbség, tehát a tulajdonképpeni nehezen felvehető (savoldható) kálium, az eredeti értékhez közelít. A jelenség értelmezése azonban még sok részletes vizsgálatot igényel.

Összefoglalás

Kísérleteket végeztünk a Rb^{86} izotóp alkalmazhatóságának megállapítására a talajok kálium forgalmában. Vizsgálataink kiterjedtek a különböző hordozókkal és hordozó nélkül alkalmazott Rb^{86} adszorpciójára és kicserélődésére bentoniton, a K^{42} és a Rb^{86} adszorpciójának összehasonlítására különböző talajokon és a Rb^{86} -al jelölt kálium dinamikájának tanulmányozására néhány jellegzetes talajtípuson.

1. A K^{42} és Rb^{86} izotóp adszorpcióját összehasonlítva különböző talajokon 1 napos érlelésnél megállapítottuk, hogy míg meszes és savanyú homoktalajon a Rb^{86} izotóp ilyen rövid érlelés alatt a K^{42} izotóphoz hasonlóan követi a kálium adszorpcióját, addig csernozjom talajon nagyobb Rb^{86} adszorpciót találunk.

2. A Rb^{86} adszorpciója bentoniton nagyobb mértékű, mint a kálium adszorpciója.

3. A hordozó nélküli Rb^{86} bentoniton az adszorbens mennyiségétől függetlenül teljes mértékben adszorbeálódik. Kálium vagy rubidium hordozó esetén az adszorpció kisebb. Kálium hordozóval a Rb^{86} adszorpció közelítőleg követi a Kroecker-izotermát.

4. A bentoniton adszorbeált hordozó nélküli Rb^{86} mintegy 65—75%-ban nem kicserélhető, talajokban 90%-on felüli érték is lehet a K-hordozóval adott Rb^{86} fixációja, ezért fennáll a lehetősége annak, hogy a Rb^{86} mint hasadási termék felhalmozódhat a talaj 0—20 cm-es rétegében.

5. Hat különböző talajtípuson vizsgálva a Rb^{86} -al jelzett kálium dinamikáját megállapítottuk, hogy a Rb^{86} adszorpciója és fixációja nagyobb mértékű, mint a káliumé, kivéve a nagyállói gyengén savanyú homoktalajt. Ezért a Rb^{86} izotóp a talajok legnagyobb részénél nem alkalmas a kálium jelzésére.

6. A talajok kálium fixációja függ:

a talajok kötöttségétől, kötöttebb talajon nagyobb a fixáció;

a talajok $CaCO_3$ tartalmától, meszes talajon nagyobb a fixáció;

a talajok kicserélhető K tartalmától, nagy kicserélhető K tartalom mellett kisebb a fixáció;

a talajok humusztartalmától, humuszos talajokon kisebb a fixáció.

7. A talajok kicserélhető és savoldható káliumfrakciója között dinamikus kapcsolatot tételezünk fel.

Érkezett : 1965. március 20.

Irodalom

- [1] BUZÁGH, A.: Kolloidika I. Akad. Kiadó. Budapest. 1951.
 [2] CHANG, S. C. & FENG, M. P.: Potassium in soils Taiwan. Potas. Symposium. Soil and Fert. in Taiwan. 1958—1959. 1—10.
 [3] KARIM, A. Q. M. B. & MALEK, M. A.: Potassium fixation in East-Pakistan soils under different conditions. Soil Sci. **83**. 229—237. 1957.
 [4] KERESZTÉNY, B. & POCSAI, K.: Néhány jellemző talajtulajdonság hatása a talajok K-megkötőképességére. Mosonmagyaróvári Mezg. Akad. Közl. N° 3. 23—36. 1962.
 [5] KOZÁK, M.: Tápanyagmozgás tanulmányozása meszes homoktalajon. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **19**. 299—314. 1961.
 [6] KOZÁK, M.: Versuche über die Einwaschung von Nährstoffen auf Sandboden. Tagungsberichte Nr. 44. 189—195. Deutsche Akad. der Landw. Berlin. 1962.

- [7] KOZÁK, M.: A Rb⁸⁶ izotóp alkalmazása a talajok kálium forgalmában. I. Rb⁸⁶ izotóppal jelzett kálisó migrációja és átalakulása karbonátos homoktalajban. *Agrokémia és Talajtan.* **12.** 565—572. 1963.
- [8] LÁNG, I.: A kálium körforgalma a talaj—növény rendszerben. *Agrokémia és Talajtan.* **12.** 175—188. 1963.
- [9] LEE, C. K. WANG, M. C., & CHANG, S. N.: On the status of soil potassium and the sequence of transformation of K-bearing minerals in some important soil types in the red earth region of China. *Scientia Sinica.* **10.** 985—997. 1961.
- [10] MACLEAN, A. J.: Potassium-supplying power of some Canadian soils. *Canad. J. Soil Sci.* **41.** 196—206. 1961.
- [11] RETTEMEIER, R. F.: Soil potassium. *Advances in Agronomy* **3.** 113—164. 1951.

Utilization of Rb⁸⁶ Isotope in Investigating Potassium Exchange of Soils II. Dynamics of Rb⁸⁶ labelled Potassium in Various Soils

M. KOZÁK

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

Summary

Experiments were conducted to establish the applicability of Rb⁸⁶ isotope in potassium exchange of soils. Investigations extended to Rb⁸⁶ adsorption with and without various carriers and its exchange on bentonite; comparison of the exchange of K⁴² and Rb⁸⁶ on various soils and study of the dynamics of Rb⁸⁶ labelled potassium on some characteristic soil-types.

Bentonite used in the experiments was of natural origin (Mád, Hungary), the dominant adsorbed cation was calcium. Six different soils were used in the experiments:

1. Carbonatic chernozem-type sand soil (Órszentmiklós)
2. Brunizem sandy-soil (Nagykálló)
3. Gray-brown podzolic soil (Pesthidegkút)
4. Chernozem with carbonate pseudomycelium (Nagyhörsög)
5. Humic gley-soil (Mezőnagymihály)
6. Meadow-solonetz turning into steppe (Pankota).

In selecting the soil we aimed at the soil properties important for rubidium and potassium fixation being represented on a wide range.

1. Comparing the K⁴² and Rb⁸⁶ isotope adsorption on various soils at a 1 day ripening it has been established that while on calcareous and acid sand-soil the Rb⁸⁶ isotope, during such short ripening, follows — as does K⁴² isotope — the adsorption of potassium, on heavier chernozem soils a higher degree of Rb⁸⁶ fixation was found.

2. Rb⁸⁶ adsorption on bentonite is more important than that of potassium.

3. Rb⁸⁶ without carrier gets fully adsorbed on bentonite, irrespective of the amount of the adsorbent. In the case of potassium or rubidium carrier adsorption is less important. With potassium carrier the adsorption of Rb⁸⁶ approximately follows the Kroekker-isotherm.

4. Rb⁸⁶ without carrier adsorbed on bentonite in soils not exchangeable to 65—75 per cent, at longer ripening fixation of Rb⁸⁶ given with K carrier can be even a value over 90 per cent, therefore the possibility arises that Rb⁸⁶ as cleavage product may accumulate in the 0 to 20 cm soil-horizon.

5. Examining the dynamics of Rb⁸⁶ labelled potassium on six different soil types it has been established that adsorption and fixation of Rb⁸⁶ is more important than that of potassium, except for the slightly acid sand-soil of Nagykálló. Therefore the Rb⁸⁶ isotope, in the greatest part of the soil, is not suitable to indicate potassium.

6. Potassium fixation of the soils under our experimental conditions depends on the heaviness of soils, the fixation being more considerable on heavier soils; on the CaCO₃ content of the soils, fixation being more important on calcareous soils; on the exchangeable potassium content of the soils, since with high exchangeable potassium contents fixation is lower; and finally on humus content of the soils, since on humous soils fixation is lower.

7. Between the exchangeable and acid soluble potassium fractions of the soils a dynamic relationship can be assumed.

The soils included in the Tables follow the above order; from 1 to 6.

Table 1. Characters of the experimental soils. (1) Soil, (2) hygroscopicity above $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, (3) K_A = Number of stiffness (sticky point) according to Arany, (4) Humus, (5) Total nitrogen, (6) Total phosphorus, (7) Exchangeable potassium, acid soluble (2 n HCl) potassium and total potassium.

Table 2. Comparison of adsorption and exchange of the K^{42} and Rb^{86} isotopes. (1) Fraction, (2) Soil sample, (3) Activity, (4) Specific activity a) exchangeable potassium, b) acid soluble potassium, c) quartz-sand.

Table 3. Adsorption and exchange on bentonite of Rb^{86} -labelled potassium. (1) Adsorbent, (2) Non-adsorbed, (3) Adsorbed, (4) Exchangeable, (5) Not exchangeable, a) quartzsand.

Table 4. Adsorption and exchange on bentonite of Rb^{86} applied without carrier and with various carriers. A) Adsorbed Rb^{86} , (1) Bentonite, $\%$, (2) Without carrier, (3) With K-carrier, (4) With Rb-carrier, B) Exchangeable Rb^{86} , C) Not exchangeable Rb^{86} * original solution.

Table 5. Dynamics of potassium labelled with exchangeable Rb^{86} , (1) Soil sample, (2) 8 day ripening, (3) 34 day ripening, (4) 74 day ripening.

Table 6. Dynamics of potassium labelled with acid soluble Rb^{86} . For (1)—(4) see Table 5.

Table 7. The degree of fixation. For (1)—(4) see Table 5. I. Exchangeable. II. Acid soluble.

Table 8. Change during ripening of the difference between acid soluble and exchangeable potassium ($F_n - F_k$). (1) Soil, (2) Original, (3) 8 days, (4) 34 days, (5) 74 days, $F_n - F_k$ mg $K_2O/100$ g soil.

Fig. 1. Kroekker-isotherm on bentonite of the Rb^{86} isotope given with K-carrier; $x = f/m$, x = adsorbed quantity, m = amount of adsorbent.

Fig. 2. Specific adsorption on bentonite of Rb^{86} isotope given with various carriers. 1. Without carrier. 2. With K-carrier. 3. With Rb-carrier.

Fig. 3. Fixation diagrams of exchangeable Rb^{86} (Numbering of soils the same as above).

Fig. 4. Fixation diagrams of exchangeable potassium.

Fig. 5. Fixation diagrams of acid soluble Rb^{86} .

Fig. 6. Fixation diagrams of acid soluble potassium.

In Figs. 3—6 abscissa: time of ripening in days, ordinate: degree of fixation as compared to introduced potassium or Rb^{86} .

Fig. 7. $F_n - F_k = f(t)$ diagram of some important soil types. t = time of ripening, abscissa: time of ripening in days, ordinate: $F_n - F_k$ mg $K_2O/100$ g soil.

Emploi de l'isotope Rb^{86} pour l'étude du régime potassique des sols II. Dynamique de la potasse marquée avec l'isotope Rb^{86} dans divers sols

M. KOZÁK

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

Résumé

Les expériences de l'auteur ont eu pour but de déterminer la praticabilité de l'isotope Rb^{86} pour l'étude du régime potassique des sols. Ses expériences ont compris l'adsorption et l'échange du Rb^{86} sur de la bentonite avec divers porteurs et sans porteur, la comparaison de l'adsorption du K^{42} et Rb^{86} par divers sols et l'étude de la dynamique du potassium marqué avec du Rb^{86} dans quelques types de sol caractéristiques.

La bentonite employée dans les expériences était de provenance naturelle (Mád, Hongrie), le cation adsorbé dominant est le calcium. Pour les expériences avec les sols l'auteur s'est servi de six sols divers:

1. sol sablonneux carbonaté du type chernosem (Órszentmiklós),
2. sol forestier brun-rouille sur du sable faiblement acide (Nagykálló),
3. sol forestier avec illuviation d'argile (Pesthidegkút),
4. chernosem à enduit calcique (Nagyhörsög),
5. sol de prairie (Mezőnagymihály),
6. solonetz de prairie en voie de transformation en sol steppique (Pankota).

Pour le choix des sols l'auteur a eu soin à ce que les propriétés des sols essentielles au point de vue de l'adsorption du potassium et du rubidium soient représentées par une large gamme.

En comparant l'adsorption des isotopes K^{42} et Rb^{86} par divers sols avec une incubation d'un jour l'auteur a établi que sur des sols sablonneux calciques et acides l'isotope Rb^{86} suit, pendant ce court temps d'incubation l'adsorption du potassium pareillement à l'isotope K^{42} , tandis que sur le chernozem plus compact la fixation du Rb^{86} a été plus forte.

2. L'adsorption du Rb^{86} par la bentonite est plus forte que celle du potassium.

3. Le Rb^{86} sans porteur est complètement adsorbé par la bentonite indépendamment de la quantité de l'adsorbant. En cas d'un porteur de potassium ou de rubidium l'absorption est plus faible. Avec un porteur de potassium l'adsorption du Rb^{86} suit approximativement l'isotherme de Kroekker.

4. Le Rb^{86} sans porteur adsorbé par la bentonite est non échangeable pour 65—75% près, dans les sols la fixation du Rb^{86} donné avec un porteur K peut même atteindre une valeur dépassant 90% dans le cas d'une incubation prolongée, ainsi il subsiste la possibilité que le Rb^{86} comme produit de fission puisse s'accumuler dans la couche de 0 à 20 cm du sol.

5. En étudiant la dynamique du potassium marqué avec du Rb^{86} sur six divers types de sol l'auteur a établi que l'adsorption et la fixation du Rb^{86} sont plus fortes que celles du potassium, le sol sablonneux faiblement acide faisant exception. C'est pourquoi l'isotope Rb^{86} n'est pas applicable à marquer le potassium pour la plupart des sols.

6. La fixation du potassium par le sol dépend, dans les circonstances des expériences décrites, de la compacité du sol, sur un sol plus compact la fixation est plus forte; de la teneur en $CaCO_3$ des sols, sur un sol calcifère la fixation est plus forte; de la teneur en potassium échangeable du sol, en cas d'une forte teneur en potassium échangeable la fixation est moindre; et enfin, de la teneur en matières humiques des sols, sur un sol humifère la fixation est plus faible.

7. L'auteur présume un rapport dynamique entre les fractions de potassium échangeable et soluble dans les acides.

(Les sols figurant dans les tableaux se suivent dans l'ordre précédent, de 1 à 6.)

Tableau 1. Caractéristiques des sols employés dans les expériences. (1) No de l'échantillon de sol. (2) hy_1 = hygroscopticité au dessus de $CaCl_2 \cdot 6 H_2O$. (3) K_A = Chiffre de coristance selon Arany. (4) Humus. (5) Azote total. (6) Phosphor total. (7) Potasse échangeable. (8) Potasse soluble dans les acides (2 n HCl) et potasse totale.

Tableau 2. Comparaison de l'adsorption et de l'échange des isotopes K^{42} et Rb^{86} . (1) Fraction a) potassium échangeable, b) potassium soluble dans les acides, c) sable quartzeux. (2) Échantillon du sol. (3) Activité. (4) Potassium %. (5) Activité spécifique.

Tableau 3. Adsorption et échange du potassium marqué avec du Rb^{86} sur de la bentonite. (1) Adsorbant, (2) non-adsorbé, (3) adsorbé, (4) échangeable, (5) non-échangeable, a) sable quartzeux.

Tableau 4. Adsorption et échange du Rb^{86} employé sans divers porteurs sur de la bentonite. (1) Bentonite %, (2) Sans porteur, (3) Avec porteur-K, (4) Avec porteur-Rb, A) Rb^{86} adsorbé. B) Rb^{86} échangeable. C) Rb^{86} non-échangeable. * solution originale.

Tableau 5. Dynamique du potassium marqué avec du Rb^{86} échangeable (1) No du sol. (2) Incubation de 8 jours. (3) Incubation de 34 jours. (4) Incubation de 74 jours.

Tableau 6. Dynamique du potassium soluble dans les acides marqué avec du Rb^{86} . (1)–(4) voire tableau 5.

Tableau 7. Degré de la fixation. (1)–(4) voire tableau 5. I. Échangeable. II. soluble dans les acides.

Tableau 8. Changement de la différence de la potasse soluble dans les acides et de la potasse échangeable ($F_n - F_k$) pendant l'incubation. (1) No du sol, (2) original, (3) 8 jours, (4) 34 jours, (5) 74 jours, $F_n - F_k$ mg $K_2O/100$ g de sol.

Fig. 1. L'isotherme de Kroekker de l'isotope de Rb^{86} donné avec un porteur de K sur de la bentonite; $x = f/m$, x = quantité adsorbée, m = quantité de l'adsorbant.

Fig. 2. Adsorption spécifique de l'isotope Rb^{86} donné avec divers porteurs sur de la bentonite. 1. Sans porteur, 2. avec porteur-K, 3. avec porteur-Rb.

Fig. 3. Courbes de la fixation du Rb^{86} échangeable. (Le numérotage des sols est le même qu'en haut.)

Fig. 4. Courbes de la fixation du potassium échangeable.

Fig. 5. Courbes de la fixation du Rb^{86} soluble dans les acides.

Fig. 6. Courbes de la fixation du potassium soluble dans les acides. Pour les figures 3—6 l'abscisse est la durée de l'incubation en jours et l'ordonnée le degré de la fixation relativement au K ou au Rb^{86} additionné.

Fig. 7. Courbe $F_n - F_k = f(t)$ de quelques types de sol importants. Abscisse: durée de l'incubation en jours; ordonnée: $F_n - F_k$ mg $K_2O/100$ g de sol.

Применение изотопа Rb^{86} в изучении круговорота калия в почвах II. Динамика меченного изотопом Rb^{86} калия в различных почвах

М. КОЗАК

Научно-Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

Автор проводил опыты для определения применимости изотопа Rb^{86} при изучении движения калия в почвах. Исследования охватывали адсорбцию и обмен бентонитом Rb^{86} с носителем и без носителя, сопоставлялась адсорбция Rb^{86} и K^{42} различными почвами, изучалась динамика калия, меченного Rb^{86} в нескольких характерных почвенных типах.

Применяемый в опытах бентонит был природным (Мад, Венгрия) и в нем доминировали из обменных катионов, катионы кальция. В опытах применяли шесть различных почв:

1. Черноземовидная карбонатная песчаная почва (Эрсентмиклош)
2. Ржаво-бурая лесная почва на слабо-кислом песке (Надькалло)
3. Иллимеризованная лесная почва (Пештхидекут)
4. Мицелярный чернозем (Надьхёрчег)
5. Луговая почва (Мезэнадьмихай)
6. Остепляющейся луговой солонец (Панкота).

При выборе почв мы придерживались того, чтобы их главные свойства, с точки зрения фиксации рубидия и калия, представляли собой широкую шкалу.

1. Сопоставляя адсорбцию изотопов Rb^{86} и K^{42} на различных почвах при суточном выдерживании в термостате, определили, что на карбонатной и кислой песчаной почве адсорбция изотопа Rb^{86} при таком кратковременном выдерживании подобна адсорбции K^{42} , тогда как на более связных черноземных почвах отмечалась более высокая фиксация Rb^{86} .

2. Адсорбция бентонитом Rb^{86} выше, чем адсорбция K.

3. Rb^{86} без носителя, независимо от количества адсорбента, полностью адсорбируется бентонитом. Если носителем является калий или рубидий, степень адсорбции меньше. Если носителем Rb^{86} является калий, то адсорбция рубидия идет приблизительно по изотерме Кроеккер.

4. 65—70% Rb^{86} без носителя, адсорбированного бентонитом, является необменным. В почвах при более длительном выдерживании в термостате, фиксация Rb^{86} , внесенного с носителем K, может достигать величин выше 90%, поэтому имеется возможность к накоплению Rb^{86} , как продукта распада, в 0—20 см-ом слое почвы.

5. Изучая динамику калия, меченного Rb^{86} , на шести различных почвенных типах, установили, что адсорбция и фиксация Rb^{86} превышает адсорбция калия, за исключением слабо-кислой песчаной почвы из Надькалло. Поэтому, изотоп Rb^{86} непригоден для мечення калия в большинстве почв.

6. В условиях наших опытов фиксация калия почвой зависит: от связности почвы (на более связных почвах фиксация более высокая), от содержания $CaCO_3$ (на карбонатных почвах фиксация выше), от количества обменного калия в почве (при высоком содержании обменного калия фиксация ниже) и от содержания гумуса в почве (в более гумусных почвах фиксация ниже).

7. Мы предполагаем наличие динамической связи между кислотнорастворимой и обменной фракциями калия в почве. Приведенные в таблицах почвы следуют в вышеуказанном порядке 1—6.

Табл. 1. Характеристика почв, применяемых в опыте. (1) Номер почвенного образца. (2) h_{y_1} = гигроскопичность над $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. (3) K_A = связность по Арань. (4) Гумус. (5) Общий азот. (6) Общий фосфор. (7) Обменный калий, (8) Кислотнорастворимый (2 н. HCl) калий и всего калия.

Табл. 2. Сравнение адсорбции и обмена изотопов K^{42} и Rb^{86} . (1) Фракции. (2) Номер почвы. (3) Активность. (4) Удельная активность. а) обменный калий, в) кислотно-растворимый калий, с) кварцевый песок.

Табл. 3. Адсорбция и обмен бентонитом калия, меченого Rb^{86} . (1) Адсорбент. 2) Неадсорбированный. (3) Адсорбированный. (4) Обменный. (5) Необменный. (6) Кварцевый песок.

Табл. 4. Адсорбция и обмен бентонитом Rb^{86} , внесенного с различными носителями и без них. А) Адсорбированный Rb^{86} . (1) Бентонит %. (2) Без носителя. (3) К-носитель. (4) Rb-носитель. * обозначен исходный раствор. А) Адсорбированный Rb^{86} В) Обменный Rb^{86} . С) Необменный Rb^{86} .

Табл. 5. Динамика калия, меченого обменным Rb^{86} . (1) Номер почвы. (2) 8-ми дневное выдерживание в термостате. (3) 34-х дневное выдерживание в термостате. (4) 74-х дневное выдерживание в термостате.

Табл. 6. Динамика кислотно-растворимого калия, меченого Rb^{86} . (1)–(4) см. табл. 5.

Табл. 7. Степень фиксации. (1)–(4) см. в табл. 5. I. Обменный. II. Кислотно-растворимый.

Табл. 8. Изменение разности обменного к кислотно-растворимого калия за время выдержки. ($F_n - F_K$). (1) Номер почвы. (2) Исходный. (3) 8 дней. (4) 34 дня. (5) 74 дня. $F_n - F_K$ в мг. $K_2O/100$ гр. почвы.

Рис. 1. Изотерма Кроеккера адсорбции бентонитом изотопа Rb^{86} , внесенного с К-носителем. $x = f(m)$. x = адсорбированное количество. m = количество адсорбента.

Рис. 2. Удельная адсорбция бентонитом изотопа Rb^{86} , внесенного с различными носителями. 1. Без носителя. 2. К-носитель. 3. Rb-носитель.

Рис. 3. Кривые фиксации обменного Rb^{86} (порядковый номер почв см. выше).

Рис. 4. Кривые фиксации обменного калия.

Рис. 5. Кривые фиксации кислотно-растворимого Rb^{86} .

Рис. 6. Кривые фиксации кислотно-растворимого калия. На абсциссе рисунков 3–6 отложено время выдерживания в термостате в днях, на ординате — степень фиксации, относящаяся к внесенному калию или к Rb^{86} .

Рис. 7. Кривые $F_n - F_K = f(t)$ для нескольких главных почвенных типов. t = время выдерживания. На абсциссе — время выдерживания в термостате в днях, на ординате: $F_n - F_K K_2O$ в мг./100 гр. почвы.