

**A talajok tápanyag-szolgáltató képességének  
vizsgálata kistenyészedényben**  
**III. A foszfortrágyázás hatása a foszfor megoszlására  
az angolperje hajtása és gyökérzete között**

FÜLEKY GYÖRGY, RAJKAINÉ VÉGH KRISZTINA és BALÁZS JULIANNA

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest  
és KATE Növénytermesztési Intézete, Keszthely

A talajok tápanyagállapotával kapcsolatos tenyészedény-kísérletekben egyre gyakrabban alkalmazzák jelzőnövényként az angolperjét (*Lolium perenne* L.) [1, 2, 9, 10, 13, 14, 16, 18]. Az angolperje hajtásának szárazanyaghozama, vagy a hajtásban levő tápanyagmennyiség segítségével a talajban levő tápanyagok felvehetőségére, illetve a műtrágyázás hatékonyságára lehet következtetni [1, 2, 9, 10, 13, 14, 18]. Felmerül azonban a kérdés, hogy elegendő-e a hajtás szárazanyaghozama vagy foszfortartalma alapján jellemezni például a talaj foszfor-szolgáltató képességét, vagy figyelembe kell venni a gyökert is, amelynek pontos meghatározása viszont technikailag meglehetősen nehézkes és ezért a legtöbbször mellőzött.

Általánosan ismert, hogy a gyökér és a hajtás egymáshoz viszonyított tömegét, valamint foszfortartalmukat genetikusan meghatározott belső és a környezet felől ható külső tényezők egyaránt befolyásolják [6, 7, 12, 15]. KEAY és mtársai [11] megállapították, hogy a gyökérnek a hajtásához viszonyított foszfortartalma az egyes növényfajok esetében más és más. Az arányt — mint külső tényező — a talaj felvehető foszfortartalma is befolyásolja. OZANNE [15] szerint a foszforral nem trágyázott talajban a hajtás/gyökértömeg aránya kisebb mint 1, míg a foszfortrágyázás hatására — a vizsgált 8 növényfaj esetében — megnő ez az arány. BIDDISCOMBE [3] megmérte, hogy optimális foszfor-szolgáltatás esetén a felvett foszformennyiség mintegy 2/3-a kerül a hajtásba, míg rossz foszfor-szolgáltatás esetén a gyökérzet tartja vissza a felvett foszformennyiség nagyobb hányadát.

A gyökér/hajtás arány a növény számára rendelkezésre álló foszformennyiségen kívül érzékenyen reagál más külső tényezők alakulására is, mint például egyéb tápanyagok és a víz mennyiségére [7], a hőmérsékletre [6], a fényviszonyokra [7], valamint a rizoszférában levő mikroszervezetekre. Emellett feltehetően hatást gyakorol az angolperje esetében a hajtás/gyökér arányra a rendszeres vágás is. ENNIK [8] szerint hatása úgy jelentkezik, hogy a hajtás/gyökér arány a vágások után idővel az eredeti értékre — az első vágás előtti arányra — áll be. Általában több vágást végeznek el és értékelnek együttesen, vagy külön-külön. CHAMINADE [4, 5] módszere esetében három vágás szárazanyaghozama alapján következtetnek a talaj tápanyag-szolgáltató

képességére, a kimerülés mértékére és a műtrágyaigényre. A talaj felvehető foszfortartalmának meghatározására szolgáló kémiai módszerek minősítésére az egy vagy több vágás során felvett foszformennyiségnek a hajtásba került részét veszik figyelembe [1, 9, 10]. Jelenleg nincs elfogadott gyakorlat arra vonatkozóan, hogy hány vágást célszerű vizsgálni. Mindenesetre általában különbséget tesznek az 1. vágás és a további vágások során nyert információk között [10, 14, 15].

A tápanyagok felvehetősége a talajon létrehozható műtrágyahatások nagysága alapján is értékelhető. Ebben az esetben a trágyázatlan és a kérdéses elemmel megtrágyázott talajon létrejött növényi szárazanyaghozamokat, vagy a kérdéses elemből felvett tápanyagmennyiséget hasonlítják össze [1, 2, 4, 5, 17, 18]; itt is jogosnak tűnik a kérdés, hogy a foszforműtrágya-hatás vizsgálatánál lehet-e csupán a hajtás által felvett foszformennyiségeket egymáshoz viszonyítani, vagy az egész növény foszfortartalmával kell az értékelést elvégezni? Ez utóbbi esetben ráadásul éppen maga a vizsgálni kívánt hatótényező — a foszforműtrágyázás — változtatja meg a vizsgálati eszközt, az angolperjenövényt, de úgy, hogy hatására megváltozik a trágyázatlan növényhez képest a hajtásban és gyökérben levő foszformennyiség aránya is [3, 7, 12, 13, 15]. Ebben az esetben pedig nem jogos a trágyázatlan és a foszforral trágyázott kezelésben termett angolperje hajtásával felvett foszfortartalmak összehasonlítása sem. Jelen munka célja annak eldöntése, hogy mindezek ellenére alkalmas jelző-e a foszforhatásnak az angolperjenövény hajtása, illetve az általa felvett foszformennyisége.

### Anyag és módszer

A kísérlet során az 1. táblázatban bemutatott 3 talajt használtuk. 1 kg-os műanyag tenyészedényekbe 1000 g légszáraz talajt töltöttünk és 3 foszfor szintet alakítottunk ki:  $P_0=0$ ;  $P_1=20$ ;  $P_2=100$  mg P/100 g talaj ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  hozzáadásával), 12 ismétlésben. A kísérlet beindításakor az edényekbe 1000 mg  $\text{K}_2\text{O}$ -t ( $\text{KHCO}_3$  formájában) és 175 mg N-t ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formájában) adtunk. Az edények talajait a kísérlet során a maximális vízkapacitás 60%-án tartottuk. 2—2 g angolperjemagot vetettünk el június 1-én, majd június 27-én, július 31-én, szeptember 1-én és október 2-án, vagyis 22, 56, 88 és 119 nappal a kelés után levágtuk a hajtásokat. Az első

1. táblázat

A kísérletben felhasznált talajok jellemzői

(1) Talajminta származási helye	(2) Talajtípus	pH (KCl)	$\text{CaCO}_3$ %	(3) Humusz %	(4) Fizikai talajféleség	AL-P	0,01 M $\text{CaCl}_2$ -P
						ppm	
A) Keszthely	a) barna erdő- talaj	5,9	—	1,3	d) homokos vályog	36,4	1,52
B) Kecske-mét	b) lepelhomok	5,4	—	0,3	e) homok	31,2	0,55
C) Nagyhör-csök	c) csernozjom	7,1	1,5	3,5	f) vályog	19,5	0,10

2. táblázat

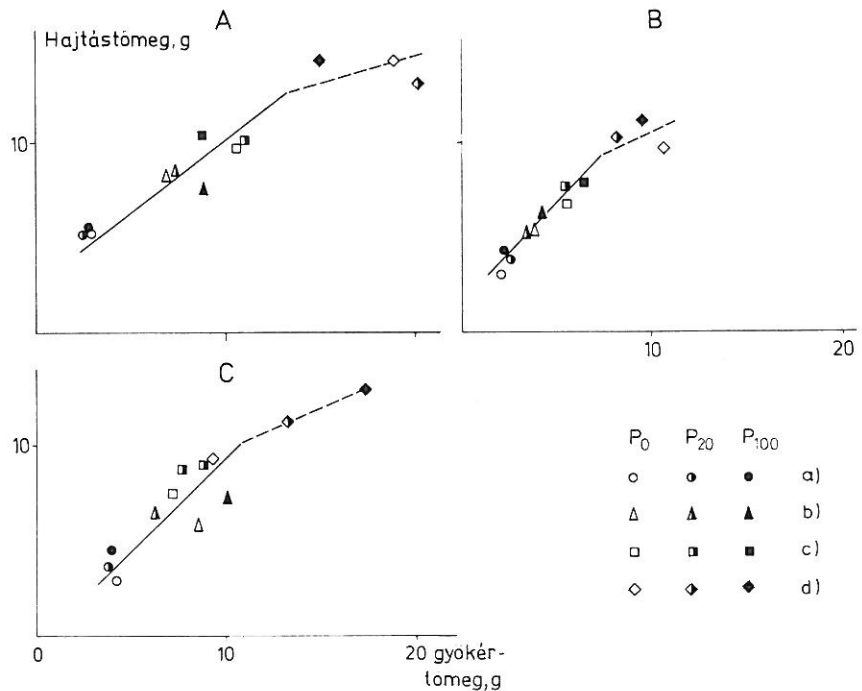
Az angolperje hajtásának és gyökérzetének szárazanyaghozamai (g/edény) (I.) és a kivont foszfor mennyisége (mg P/edény) (II.)

(1) P-kezelés	(2) Vágások száma	A) Keszthely			B) Kecskemét			C) Nagyhörösök		
		(3) Hajtás	(4) Gyökér	(5) Hajtás + gyökér	(3) Hajtás	(4) Gyökér	(5) Hajtás + gyökér	(3) Hajtás	(4) Gyökér	(5) Hajtás + gyökér
P <sub>0</sub>	1.	5,31	2,86	8,17	3,17	2,04	5,21	2,78	4,09	6,87
	1.+2.	8,15	7,02	15,17	5,37	3,79	9,16	5,74	8,50	14,24
	1.+2.+3.	9,78	10,52	20,29	6,85	5,48	12,33	7,53	7,05	14,58
	1.+2.+3.+4.	14,40	18,87	33,27	9,87	10,73	20,59	9,39	9,16	18,54
P <sub>20</sub>	1.	5,19	2,62	7,80	3,91	2,53	6,44	3,74	3,84	7,58
	1.+2.	8,55	7,34	15,89	5,34	3,39	8,72	6,42	6,25	12,67
	1.+2.+3.	10,03	10,89	20,92	7,91	5,47	13,39	8,86	7,71	16,57
	1.+2.+3.+4.	13,29	20,06	33,36	10,36	8,21	18,57	11,55	13,30	24,87
P <sub>100</sub>	1.	5,46	2,76	8,22	4,38	2,21	6,59	4,57	3,93	8,50
	1.+2.	7,68	8,92	16,60	6,33	4,25	10,58	7,31	10,09	17,40
	1.+2.+3.	10,61	8,82	19,42	7,97	6,35	14,32	9,16	8,93	18,07
	1.+2.+3.+4.	14,51	15,04	29,55	11,34	9,66	21,02	13,10	17,56	30,66
P <sub>0</sub>	1.	13,93	4,52	18,45	7,25	2,98	10,23	3,36	5,87	9,23
	1.+2.	22,49	12,75	35,24	10,48	5,60	16,08	6,27	9,67	15,94
	1.+2.+3.	27,62	16,15	43,78	13,04	10,79	23,84	8,21	7,58	15,79
	1.+2.+3.+4.	38,16	23,19	61,36	16,44	9,13	25,57	9,62	7,48	17,10
P <sub>20</sub>	1.	19,25	3,92	23,17	10,78	4,88	15,66	7,37	5,39	12,76
	1.+2.	28,30	7,91	36,21	14,08	6,03	20,11	12,28	9,96	22,25
	1.+2.+3.	33,63	14,25	47,88	18,65	8,63	27,28	15,16	10,61	25,77
	1.+2.+3.+4.	42,31	17,19	59,49	20,77	9,16	29,16	17,83	13,80	31,64
P <sub>100</sub>	1.	23,89	5,82	29,71	16,17	4,18	20,34	15,45	9,12	24,57
	1.+2.	29,30	13,39	42,69	18,77	9,19	27,96	20,73	16,71	37,45
	1.+2.+3.	38,53	11,81	50,34	24,78	11,64	36,42	26,56	12,46	39,02
	1.+2.+3.+4.	47,92	19,69	67,72	29,94	15,39	45,33	34,43	25,70	60,13

vágás után hetenként további 20 mg N-t adtunk a növényeknek, szintén  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formájában. Az egyes vágások után kezelésenként 3—3 edényt szétbontottunk, a talajból vízzel kimostuk a gyökereket, és a megszáritott hajtás- és gyökérmintákból meghatároztuk a foszfortartalmat.

### Eredmények és értékelésük

A szárazanyaghozamokat a 2/I. táblázatban tüntettük fel. A táblázatban szereplő adatok 3 ismétlés átlagértékei. A hajtás és gyökér szárazanyaghozamának viszonyát elemezve, talajonként kiszámítottuk a két tényező közötti összefüggések paramétereit (5. táblázat). Ezek szerint a foszfortrágyázás mértékétől és a vágások számától függetlenül lineáris összefüggés van az egyes talajokon a hajtás és a gyökér szárazanyaghozama között. A fenti összefüggések szemléletesen az 1. ábrán láthatók. A két tényező közötti lineáris kapcsolat azonban láthatóan csak az első közelítésben igaz. Valójában mindhárom talaj esetében az összefüggés linearitása a 3. vágás után megszűnik, mivel az egyenes megtörik a nagyobb gyökérhozamoknál. Ennek oka feltehetően a 3. és 4. vágás közötti időszak körülményeiben (hőmérséklet- és



1. ábra

Hajtás és gyökér szárazanyaghozamok (3 ismétlés átlagértékei). A) Keszthely; B) Kecskemét; C) Nagyhörcsök. P-adagok:  $P_0$ ,  $P_{20}$  és  $P_{100}$ , a) első vágás; b) 1. + 2. vágás; c) 1. + 2. + 3. vágás; d) 1. + 2. + 3. + 4. vágás. Vízszintes tengely: Gyökértömeg, g. Függőleges tengely: Hajtástömeg, g.

3. táblázat  
Az angolperje hajtásának és gyökérzetének foszfortartalma (P%)

(1) P-kezelés	(2) Vágás száma	A) Keszthely		B) Kecskefém		C) Nagyhorcsók	
		(3) Hajtás	(4) Gyökér	(3) Hajtás	(4) Gyökér	(3) Hajtás	(4) Gyökér
P <sub>0</sub>	1.	0,262	0,157	0,229	0,148	0,121	0,143
	2.	0,218	0,182	0,135	0,150	0,096	0,118
	3.	0,287	0,151	0,158	0,136	0,095	0,106
	4.	0,248	0,127	0,135	0,085	0,063	0,082
P <sub>20</sub>	1.	0,371	0,145	0,276	0,193	0,196	0,132
	2.	0,223	0,109	0,155	0,178	0,169	0,159
	3.	0,289	0,123	0,192	0,156	0,152	0,136
	4.	0,283	0,088	0,143	0,112	0,100	0,103
P <sub>100</sub>	1.	0,440	0,212	0,376	0,193	0,337	0,232
	2.	0,268	0,153	0,186	0,217	0,208	0,161
	3.	0,301	0,138	0,280	0,188	0,245	0,139
	4.	0,324	0,130	0,239	0,152	0,222	0,147

fényviszonyok, vágástechnika stb.) keresendő. Érdekes megfigyelni a 2. táblázatban, hogy a nagyhorcsóki talajon az 1. vágás P<sub>0</sub>-kezelésénél a gyökér szárazanyaghozama nagyobb mint a hajtásé, és a P<sub>20</sub>- valamint a P<sub>100</sub>-adagok hatására csak a hajtás szárazanyaghozama növekedik.

Az angolperje hajtásának és gyökérzetének százalékos foszfortartalmát három ismétlés átlagában a 3. táblázatban tüntettük fel. A foszfortrágyázás mindhárom talajon növelte a hajtás és a gyökér százalékos foszfortartalmát. A létrejött változások a gyökérzet esetében általában kisebb mértékűek voltak mint a hajtásnál, és több

4. táblázat  
A P-hatások megállapítása a hajtással, illetve a hajtás + gyökérrel  
kivont foszfor alapján (P<sub>0</sub> = 100%)

(1) P-kezelés	(2) Vágások száma	A) Keszthely		B) Kecskefém		C) Nagyhorcsók	
		(3) Hajtás	(4) Hajtás + gyökér	(3) Hajtás	(4) Hajtás + gyökér	(3) Hajtás	(4) Hajtás + gyökér
P <sub>20</sub>	1.	138	126	149	153	219*	138*
	1.+2.	126	103	134	125	196*	139*
	1.+2.+3.	122	109	143	114	185	163
	1.+2.+3.+4.	111	97	126	114	185	185
P <sub>100</sub>	1.	172	161	223	199	460*	266*
	1.+2.	130	121	179	174	331*	235*
	1.+2.+3.	139	115	190	153	324*	247*
	1.+2.+3.+4.	126	110	182	177	358	352

\* 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns különbség

5. táblázat

Az angolperje hajtása és gyökérzete közötti lineáris összefüggések paraméterei ( $Y = a + bX$ ,  $Y =$  hajtás,  $X =$  gyökér)

(1) Vizsgált tényező	A) Keszthely	B) Kecskemét	C) Nagyhörcsök		
<b>1. Szárazanyaghozam</b>					
a	4,61	3,63	2,56		
b	0,50	0,67	0,59		
r	0,91***	0,84***	0,83***		
n	36	36	36		
<b>P%</b>					
a	0,23	0,02	P <sub>0</sub> 0,01	P <sub>1</sub> 0,01	P <sub>3</sub> 0,06
b	0,47	1,19	0,74	1,03	1,12
r	0,31	0,57***	0,81**	0,75**	0,81**
n	36	36	12	12	12
<b>2. Kivont-P</b>					
a	20,66	9,34	2,27		
b	0,78	0,91	1,12		
r	0,59***	0,66***	0,78***		
n	36	36	36		

\*\* 99%-os, \*\*\* 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns összefüggés

esetben az első vágáskor mértük a legnagyobb foszfortartalmakat. A hajtás P % és a gyökér P % értékek között a keszthelyi talaj esetében nincsen, a kecskeméti talaj esetében laza lineáris, a nagyhörcsöki talajon pedig szorosabb lineáris összefüggés van (36 adat esetében  $r = 0,75^{***}$ , 5. táblázat). A nagyhörcsöki talajon emellett még foszfor szintenként is vannak összefüggések.

Az angolperje hajtásával és gyökérzetével kivont foszformennyiséget kumuláltan, három ismétlés átlagában a 2/II. táblázatban mutatjuk be. A foszfortrágyázás hatására a hajtásban és a gyökérzetben levő foszformennyiség legnagyobb mértékben a nagyhörcsöki, foszforral rosszul ellátott talajban nőtt. Mind a három talaj esetében szignifikáns lineáris összefüggés van a hajtással és a gyökérzettel kivont foszfor mennyisége között (5. táblázat).

Jelen esetben bennünket elsősorban a hajtásnak a növény egészéhez viszonyított foszforfelvétele érdekel, a kérdés ugyanis az, hogy vajon a hajtás foszfortartalma ugyanúgy tükrözi-e a talaj foszforállapotát és a foszfortrágyázás hatását, mint az egész növény?

A 4. táblázat a hajtással, illetve a hajtás + gyökér által kivont P alapján számított foszforhatásokat mutatja. Amint az adatokból látható, a hajtás, és a hajtás + gyökér foszforfelvétele segítségével számított foszforhatások az 1. vágás alapján majd minden esetben nagyobbak adódnak, mint több vágás alapján számítva; azonban a közöttük levő különbségek nem szignifikánsak. A kétféle módon számított P-hatások közül a hajtás foszfortartalma alapján számított értékek általában nagyobbak, mint a hajtás + gyökér-P alapján számított értékek. E különbségek sem szignifikánsak azonban, kivéve a nagyhörcsöki talaj első három vágását. Négy vágás esetén viszont

6. táblázat  
**A hajtással kivont foszfor a hajtás + gyökérrel kivont foszfor %-ában**

(1) P-kezelés	(2) Vágások száma	A) Kecskemét	B) Keszthely	C) Nagyhorcsók
P <sub>0</sub>	1.	71	76	36
	1. + 2.	65	64	39
	1. + 2. + 3.	55	63	52
	1. + 2. + 3. + 4.	64	62	55
			64	66
P <sub>20</sub>	1.	69	83	55
	1. + 2.	70	78	55
	1. + 2. + 3.	68	70	59
	1. + 2. + 3. + 4.	71	71	56
			70	76
P <sub>100</sub>	1.	79	80	63
	1. + 2.	67	69	55
	1. + 2. + 3.	76	77	68
	1. + 2. + 3. + 4.	66	71	57
			72	74

már azonos P-hatást mérhetünk a hajtás és a hajtás + gyökér által kivont foszfor segítségével.

Kevés felvehető foszfort tartalmazó talajon (Nagyhorcsók) az első vágáskor az összes felvett foszfor jelentős része — több mint 60%-a — a gyökérben található (6. táblázat), míg a sok felvehető foszfort tartalmazó talajok esetében csak 20—40%-a, ezért a rossz foszfor szolgáltató képességű, P-ral nem trágyázott talajon az angolperje első hajtása által felvett foszfor mennyisége a valóságosnál is rosszabbnak mutatja a talaj foszfor szolgáltató képességét. Mivel a foszforhatást a P-ral trágyázott és a foszforral nem trágyázott kezelések különbségéből, illetve hányadosából számítjuk, ezért csak a hajtást figyelembe véve a foszforhatást ebben az esetben túlbecsüljük (4. táblázat). A P-hatás egyaránt nő ugyanis, ha a P<sub>0</sub>-kezelés esetén kevesebb, és ha a P-kezelés esetében több foszfor kerül a hajtásba. A vágások számának növekedtével a torzítás mértéke csökken, és az első négy vágást összegezve már gyakorlatilag azonos módon ítélni lehet meg a hajtás, illetve a hajtás + gyökér foszfortartalmát alapján a P-trágyahatásokat.

A 7. táblázatban a hajtás és a hajtás + gyökér által kivont foszfortartalmak közötti lineáris összefüggéseket vizsgáltuk kovariancia-analízis segítségével. Bizonyítást nyert, hogy az egyes talajok egyeneseinek meredeksége azonos, az egyenesek egymáshoz képest párhuzamosan tolnak el, mégpedig oly módon, hogy a nagyobb felvehető foszfortartalmú (Keszthely), vagy a foszforral trágyázott talajok (P<sub>100</sub>) esetében az y tengely mentén fölfelé, a kevesebb felvehető foszfort tartalmazó talaj (Nagyhorcsók), vagy a foszforral nem trágyázott talajok (P<sub>0</sub>) esetében pedig lefelé. Bár a 7. táblázatban szereplő paraméterek értékeiből az derül ki, hogy a három talajra

7. táblázat

Az angolperje hajtása és a hajtás + gyökérzete által kivont foszformennyiségek közötti lineáris összefüggések paraméterei ( $Y = a + bX$ ,  $Y =$  hajtás,  $X =$  hajtás + gyökér)

(1) Vizsgált paraméter	a	b	r	n
<b>1. Talaj</b>				
A) Keszthely	5,52	0,58	0,92***	36
B) KecsKemét	1,98	0,59	0,94***	36
C) NagyhörCsök	-0,75	0,59	0,96***	36
a) Közös	-	0,59	0,94***	108
<b>2. P-trágyázás</b>				
P <sub>0</sub>	-0,35	0,62	0,96***	36
P <sub>20</sub>	0,25	0,67	0,93***	36
P <sub>100</sub>	2,88	0,61	0,92***	36
a) Közös	-	0,63	0,94***	108
<b>3. Vágások száma</b>				
1.	-3,37	0,90	0,94***	27
1. + 2.	-1,30	0,69	0,91***	27
1. + 2. + 3.	-1,88	0,72	0,91***	27
1. + 2. + 3. + 4.	0,57	0,63	0,94***	27
a) Közös	0,17	0,65	0,94***	108

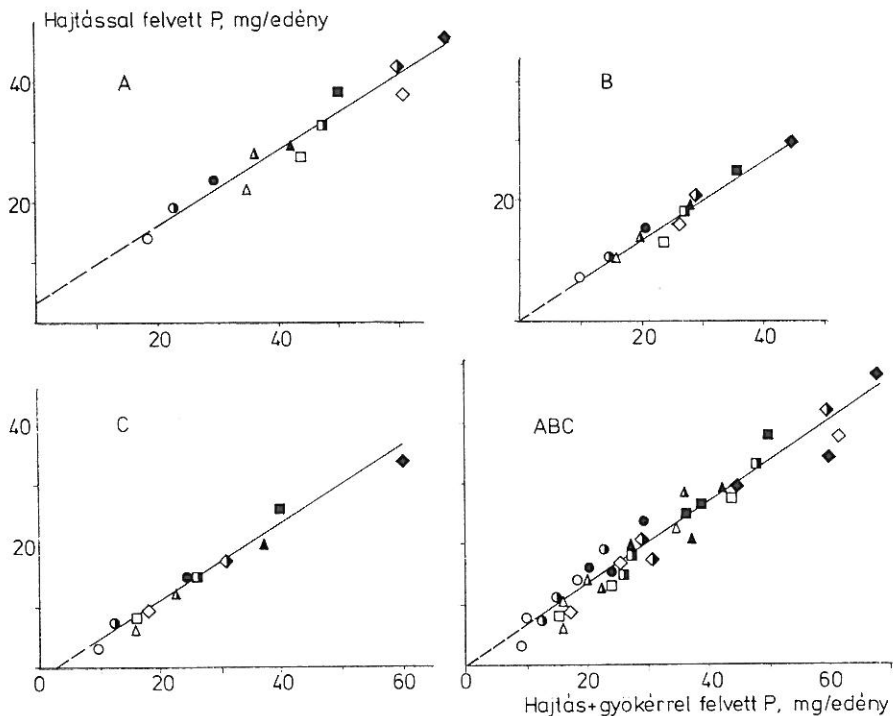
\*\*\* 99,9%-os valószínűségi szinten szignifikáns összefüggés

közös egyenes nem illeszthető, de a talajonkénti eltolódás olyan kismértékű, hogy éppen a bizonyíthatóság határán áll, ezért véleményünk szerint a 2. ábra a kérdés szemléletes bemutatására jól felhasználható. A 2/A–B–C ábrán talajonként, a 2/ABC ábrán pedig a három talajra együttesen ábrázoltuk a fenti összefüggést, a három ismétlés átlagértékeit feltüntetve.

A 7. táblázatban vágásonként is csoportosítottuk az összefüggéseket. Addig, amíg talajonként és foszfortrágyaszintenként párhuzamosan tolnak el az egyenesek, addig a vágásonként számított összefüggések sem az  $a$  sem a  $b$  értékekben nem különböznek egymástól szignifikánsan.

A fenti eredményekből tehát kitűnik, hogy — az irodalommal megegyezően — a talaj felvehető foszfortartalma egy olyan külső tényező, amely döntően befolyásolja a hajtásban és az egész növényben levő foszfortartalom arányát, mégpedig oly módon, hogy a nagyobb felvehető foszfortartalmú talajokon (Keszthely, P<sub>100</sub>, stb.) nagyobb az angolperje hajtásával kivont foszfor aránya a hajtás + gyökérrel kivont foszformennyiséghez képest, mint a kevés felvehető foszfort tartalmazó talajon (NagyhörCsök, P<sub>0</sub> stb.). A talajonként és foszforszintenként megállapított szoros összefüggés azt jelzi, hogy a hajtással kivont foszfor mennyisége általában arányos az egész növényvel kivont foszfor mennyiségével, tükrözi azt, és az arány egy meghatározottnak tűnő érték körül (0,65) mozog, de ezt az arányt külső tényezők — mint a talaj eredeti felvehető foszfortartalma, vagy az ugyanilyen értelmű foszfortrágyázás — módosíthatják. Ez az arányeltolódás azután egyes esetekben téves következtetések levonására





2. ábra

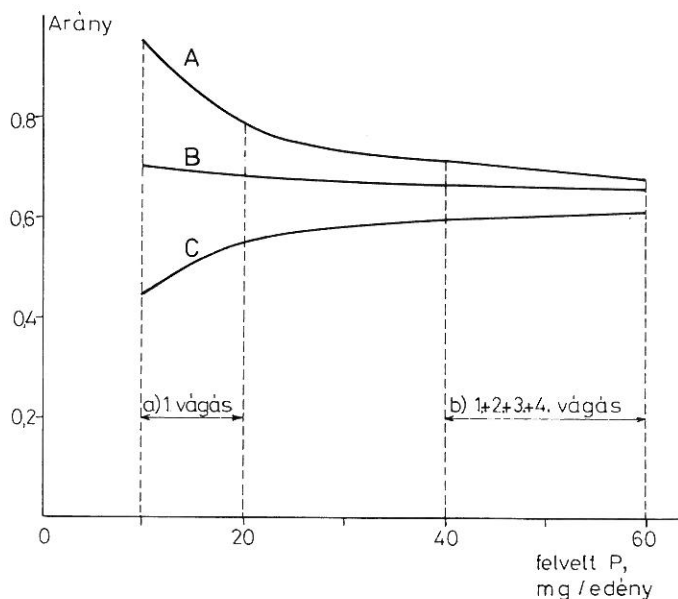
A hajtással és a hajtás + gyökérrel felvett P összefüggése a három talajnál. Vízszintes tengely: Hajtás + gyökérrel felvett P, mg/edény. Függőleges tengely: Hajtással felvett P, mg/edény. Jelzéseket lásd 1. ábra.

adhat alapot. Például a foszforral rosszul ellátott nagyhőrcsöki talaj első vágásánál a foszforral nem trágyázott kezelés esetében kevesebb foszfor épült a hajtásba, mint a gyökérzetbe. Ez azzal magyarázható, hogy ezen a talajon az első vágásig nagymennyiségű foszfor szükséges a későbbi tápanyagfelvételre alkalmas gyökérzet kialakításához. Ezt a foszformennyiséget pedig nem érzékelhetjük csak a hajtás elemzésével, ezért az első vágásnál — ha csak a hajtásban levő foszformennyiséget tekintjük — esetleg a valóságosnál rosszabb képet kapunk a talajban levő foszforműtrágya felvehetőségéről.

A 7. táblázatban, illetve a 2. ábrán levő egyenesekből is látható, hogy amennyiben az angolperje a  $P_0$ -kezelés 1. vágásához képest további foszformennyiséget vesz fel a foszfortrágyázás, vagy a vágások számának hatására, úgy ennek a megoszlása a hajtás és a növény többi része között átlagosan 0,6—0,7 lesz, vagyis a növekmény 60—70%-a kerül a hajtásba.

Választ kaphatunk arra is, hogy miért érdemes a foszforhatásokat több vágás és nem csupán az első vágás alapján meghatározni. Az első vágás esetében ugyanis a foszforral trágyázott és a foszforral nem trágyázott talajon, illetve a kevés, valamint a sok felvehető foszfort tartalmazó talajokon egymástól nagyon eltérő hajtás-P/hajtás

+ gyökér-P arány alakul ki (3. ábra). Több vágás esetén azonban a nagyobb kumulált foszforfelvételi értékek figyelembevételével nagyobb biztonsággal tekinthetjük azonosnak a foszforral trágyázott és a foszforral nem trágyázott talajon, valamint különböző talajok esetében a hajtás-P/hajtás + gyökér-P arányt. Tapasztalataink szerint 4 vágás kumulált foszforfelvétele biztosítja ezt a közel azonos arányt.



3. ábra

A hajtással felvett P/hajtás + gyökérrel felvett P arányának alakulása a vágások számának növelésével. a) 1. vágás, szélsőséges arányok; b) 1.+2.+3.+4. vágás, kiegyensúlyozottabb arányok. Vízszintes tengely: hajtás + gyökérrel felvett P, mg/edény. Függőleges tengely: Hajtással felvett P/hajtás + gyökérrel felvett P aránya. Talajok: A) Keszthely; B) Kecskemét; C) Nagyhorcsók

## Összefoglalás

1 kg-os tenyészedényekben, 3 talajon és 3 foszfortrágyaszinten vizsgáltuk az angolperje hajtásába és gyökérzetébe kerülő foszfor mennyiségét négy vágás során annak megállapítására, hogy a hajtásban levő foszformennyiség megfelelő jelzője-e a foszfortrágya hatásának.

A hajtás-P és a hajtás + gyökér-P között talajonként és foszfortrágyaszintenként mutatkozik lineáris összefüggés, vagyis e két tényező hatással van a hajtás-P/hajtás + gyökér-P arányra. A talajonként és a foszfortrágyaszintenként meghatározott lineáris összefüggések egyenesei egymáshoz képest párhuzamosan tolódnak el, mégpedig úgy, hogy a nagyobb felvehető foszfortartalmú talaj és a foszforral trágyázott talaj esetében a fenti arány nagyobb, mint a kevesebb felvehető foszfort tartalmazó

talaj esetében, illetve a foszforral nem trágyázott talajnál. A fenti lineáris összefüggések egyeneseinek meredeksége 0,65-körüli érték, ami azt jelenti, hogy az angolperjenövénybe kerülő foszformennyiség 60—70%-a jut átlagosan a hajtásba, de ezt az értéket a talaj felvehető foszfortartalma és a foszfortrágyázás jelentősen módosíthatja.

Az eredmények igazolják, hogy több vágás esetén (minimálisan 4), kumulált foszforfelvételnél nagyobb biztonsággal tekinthetjük a különböző talajokon, illetve a foszforral trágyázott és foszforral nem trágyázott talajon a hajtás-P/hajtás + gyökér-P arányt azonosnak (3. ábra). Ebben az esetben hasonlíthatók össze ugyanis a két foszforkezelésben, vagy különböző talajokon kapott hajtás-P értékek. Következésképpen megállapíthatjuk, hogy a foszforhatás-vizsgálatoknál lehetőség van csupán a hajtás-P vizsgálatára, és eltekinthetünk a nehézkes gyökérvizsgálatoktól, ha kellő számú vágást végzünk az angolperjével.

### Irodalom

- [1] BALLA A.: Különböző vízdoldhatóságú foszformütrágyák hatása a termésre és a talaj AL- és Olsen-P tartalmára tenyészedeny-kísérletben, savanyú és meszes talajon. Növénytermelés. **27.** 311—322. 1978.
- [2] BARROW, N. J.: The response to phosphate of two annual pasture species. I. Effect of the soil's ability to adsorb phosphate on comparative phosphate requirement. *Aust. J. Agric. Res.* **26.** 137—143. 1975.
- [3] BIDDISCOMBE, E. F. et al.: A comparison of growth rates and phosphorus distribution in a range of pasture species. *Aust. J. Agric. Res.* **20.** 1023—1033. 1969.
- [4] CHAMINADE, R.: Experimentation en petits vases de végétation. Types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. *Annals Agronomiques. Serie A.* 11(2) 121—134. 1960.
- [5] CHAMINADE, R.: Diagnostic des carences minerales du sol par l'experimentation en petits vases de végétation. *Science du Sol.* 1964. s.p. Deuxième Semestre. 1964.
- [6] DAVIDSON, R. L.: Effect of root/leaf temperature differentials on root/shoot ratios in some pasture grasses and clover. *Ann. Bot.* **33.** 561—569. 1969.
- [7] DAVIDSON, R. L.: Effects of soil nutrients and moisture on root/shoot ratios in *Lolium perenne* L. and *Trifolium repens* L. *Ann. Bot.* **33.** 571—577. 1969.
- [8] ENNIK, G. C.: Influence of clipping and soil fumigation on shoot and root production of perennial ryegrass and white clover. *Jaarb. Inst. Biol. Schiek. Onderz. LandbGewass.* 11—18. 1966.
- [9] GUNARY, D. & SUTTON, C. D.: Soil factors affecting plant uptake of phosphate. *J. Soil Sci.* **18.** 167—173. 1967.
- [10] HERNANDO, V. & DIEZ, J. A.: Comparative study of techniques to evaluate potentially soluble phosphorus in soils, in relation to that taken up by ryegrass. *Agrochimica.* **19.** 211—223. 1975.
- [11] KEAY, J., BIDDISCOMBE, E. F. & OZANNE, P. G.: The comparative rates of phosphate absorption by eight annual pasture species. *Aust. J. Agric. Res.* **21.** 33—44. 1970.
- [12] LONERAGAN, J. F. & ASHER, C. J.: Response of plants to phosphate concentration in solution culture: II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Sci.* **103.** 311—318. 1967.
- [13] MATTINGLY, G. E. G.: Effects of radioactive phosphate fertilizers on yield and phosphorus uptake by ryegrass in pot experiments on calcareous soils from Rothamsted. *J. Agric. Sci.* **49.** 160—168. 1957.

- [14] MATTINGLY, G. E. G., KUSKIZAKI, M. & CLOSE, B. M.: Rates of growth and phosphorus uptake by ryegrass on calcareous soils. Rep. Rothamst. Exp. Sta. 44—45. 1959.
- [15] OZANNE, P. G., KEAY, J. & BIDDISCOMBE, E. F.: The comparative applied phosphate requirements of eight annual pasture species. Austr. J. Agric. Res. 20. 809—818. 1969.
- [16] PECZNIK J. & KOVÁCS K.: Kistenyészedényes eljárás alkalmazása a műtrágyázás fejlesztésében. Jelentés a MÉM Termelés- és Műszaki Fejlesztési Főosztálya megbízásából. Gödöllő. 1972.
- [17] RUSSEL, R. S.: Plant root systems: their function and interaction with the soil. McGraw-Hill. London. 1977.
- [18] SCHENKEL, S. G.: Evaluacion de la fertilidad de un suelo, mediante, la produccion de materia seca en ensayos de macetas. I. Representaciones graficas usadas. Turrialba. (Costa Rica) 21. (3) 253—262. 1971.

Érkezett: 1982. november 10.

### Nutrient Supply of Soils Measured in Small Pots III. The Effect of P Fertilizer Application on the Distribution of P Between the Shoots and Roots of Ryegrass

G. FÜLEKY, K. VÉGH R. and J. BALÁZS

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest  
and Keszthely Agricultural University, Institute for Plant Cultivation, Keszthely (Hungary)

#### Summary

Experiments were conducted with 3 different soils at 3 P levels to determine whether the content of P in the shoots of ryegrass (*Lolium perenne* L.) is a reliable indicator of the effect of applied P fertilizers. The plants were grown in small pots (1000 g) and the contents of P in the shoots (4 cuttings) and in the roots were determined.

A linear correlation was found between shoot P and shoot + root P in each soil and at each P level, so clearly these two factors influence the shoot P/shoot + root P ratio. The graphs of the linear correlations determined for each soil and P level shift parallel to each other, that is, the ratio is higher in the case of soils having a sufficient available-P supply or fertilized with P than in that of soils low in available-P or not fertilized with P. The rise of the graphs is about 0.65 meaning that — on the average — 60—70% of P taken up by ryegrass gets into the shoots but the soil's available-P supply and P fertilizing may considerably alter this value.

It has been found that if the shoots are cut repeatedly (at least 4 times) and cumulated P uptake is determined, the shoot P/shoot + root P ratio may be considered identical with higher certainty in the various soils and in the various treatments (Fig. 3). In this case the shoot P values obtained at various P levels, or in different soils may be compared.

On the basis of the above the conclusion may be drawn that if the shoots of ryegrass are cut repeatedly, it is enough to measure shoot P for the determination of P effect, and root analysis becomes superfluous.

*Table 1.* Some relevant characteristics of the soils used in the experiment. (1) Place of origin. (2) Soil type: a) brown forest soil; b) sand mantled soil; c) chernozem. (3) Humus, %. (4) Soil texture: d) sandy loam; e) sand; f) loam.

*Table 2.* The dry matter yield (g/pot) of (I.) and the amount of P (mg P/pot) taken up by (II.) the shoots and roots of ryegrass. (1) P level. (2) Number of cuttings. (3) Shoots. (4) Roots. (5) Shoots + roots.

*Table 3.* P content in the shoots and roots of rye-grass, P%. For (1)—(5) see Table 2.

*Table 4.* Determination of P effect on the basis of the amount of P taken up by the shoots and by the shoots + roots ( $P_0=100\%$ ). (1) P level. (2) Number of cuttings. (3) Shoots. (4) Shoots + roots. \*Significant difference at the probability level of 95%.

*Table 5.* Parameters of the linear correlations between the shoots and roots of rye-grass ( $Y=a+bX$ ; Y=shoots; X=roots). (1) Examined factor: 1. Dry matter yield; 2. P uptake; r=correlation coefficient; n=number of data. Significant correlation at the probability level of 99% (\*\*) and 99.9% (\*\*\*).

*Table 6.* P taken up by the shoots as a percent of P taken up by the shoots + roots. (1) P level. (2) Number of cuttings.

*Table 7.* Parameters of the linear correlations between the amounts of P taken up by the shoots and by the shoots + roots. ( $Y=a+bX$ ; Y=shoots; X=shoots + roots). (1) Parameter: 1. Soil; 2. P fertilizing; 3. Number of cuttings. a) Common equation of the examined parameters. For other letters see Table 6.

*Fig. 1.* The dry matter yield of shoots and roots (the mean values of three replications). A) Keszthely; B) Kecskemét; C) Nagyhörcsök. P levels:  $P_0$ ,  $P_{20}$  and  $P_{100}$ . a) 1st cut; b) 1st + 2nd cuts; c) 1st + 2nd + 3rd cuts; d) 1st + 2nd + 3rd + 4th cuts. Horizontal axis: dry matter yield of roots, g. Vertical axis: dry matter yield of shoots, g.

*Fig. 2.* Correlation between the P amounts taken up by the shoots and by the shoots + roots. Horizontal axis: P taken up by the shoots + roots, mg/pot. Vertical axis: P taken up by the shoots, mg/pot. For other signs see Fig. 1.

*Fig. 3.* The ratio shoot P/shoot + root P as affected by the number of cuttings. a) 1st cut, extreme ratios; b) 1st + 2nd + 3rd + 4th cuts, more balanced ratios. Horizontal axis: P taken up by the shoots + roots, mg/pot. Vertical axis: Shoot P/shoot + root P ratio. Soils: A) Keszthely; B) Kecskemét; C) Nagyhörcsök.

## Untersuchung des Nährstoffnachlieferungsvermögens der Böden in kleinen Gefässen

### III. Wirkung der P-Düngung auf die Verteilung des Phosphors zwischen den oberirdischen Pflanzenteilen und den Wurzeln beim Weidelgras

G. FÜLEKY, K. VÉGH R. und J. BALÁZS

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrilkulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest  
und Institut für Pflanzenzucht der Universität der Agrarwissenschaften, Keszthely (Ungarn)

#### Zusammenfassung

Es wurde die P-Menge von den oberirdischen Pflanzenteilen und den Wurzeln des Weidelgrases in einem Gefässversuch mit 1 kg Boden je Gefäss, auf drei Bodenarten und 3 P-Düngerstufen untersucht um feststellen zu können, ob die in den oberirdischen Pflanzenteilen befindliche P-Menge ein adäquater Indikator der Wirkung des P-Düngers ist.

Es zeigt sich zwischen dem P-Gehalt der oberirdischen Pflanzenteile (Triebe) und demjenigen von Triebe + Wurzeln zusammen je Bodenart und je P-Düngerstufen ein linearer Zusammenhang, d. h. diese beiden Faktoren beeinflussen das Verhältnis des P-Gehaltes von Triebe: Triebe + Wurzeln. Die Geraden der je Bodenart und je P-Düngerstufe festgestellten linearen Zusammenhänge verschieben sich zu einander parallel, und zwar so, dass im Falle eines Bodens mit einem höheren aufnehmbaren P-Gehalt oder bei einem mit P gedüngten Boden obiges Verhältnis grösser ist, als bei einem Boden mit geringerem aufnehmbaren P-Gehalt, bzw. bei einem ungedüngten Boden. Der Anstieg (tg  $\alpha$ -Wert) der Geraden obigen linearen

Zusammenhangs beträgt einen Wert um 0,65, der anzeigt, dass durchschnittlich etwa 60–70% der vom Weidelgras aufgenommenen P-Menge in die Triebe gelangt. Dieser Wert kann aber durch den aufnehmbaren P-Gehalt des Bodens und durch die P-Düngung beträchtlich modifiziert werden.

Die Resultate haben erwiesen, dass das Verhältnis der P-Menge der Triebe zur P-Menge der Triebe + Wurzeln auf verschiedenen Böden, bzw. auf mit P gedüngten und nicht gedüngten Böden mit grösserer Sicherheit für identisch gehalten werden kann, wenn die akkumulierte P-Aufnahme von mehreren (mindestens 4) Schnitten in Betracht genommen wird. (Abb. 3.). In diesem Falle können nämlich die P-Gehalte der Triebe, die man durch zwei P-Behandlungen oder auf verschiedenen Böden erhält, mit einander verglichen werden. Folglich kann festgestellt werden, dass bei Untersuchungen der P-Wirkung die Möglichkeit besteht nur den P-Gehalt der Triebe zu untersuchen und dass von der schwerfälligen Untersuchung der Wurzeln abgesehen werden kann, wenn beim Weidelgras genügend Schnitte vorgenommen werden.

*Tab. 1.* Kennwerte der Versuchsböden. (1) Herkunftsort der Bodenprobe. (2) Bodentyp: a) brauner Waldboden; b) Schleiersand; c) Tschernosem; (3) Humusgehalt, %. (4) Physikalische Bodenart: d) sandiger Lehm; e) Sand; f) Lehm.

*Tab. 2.* Trockensubstanzertrag (g/Gefäss) (I.) und Menge des aufgenommenen Phosphors (mg P/Gefäss) (II.) beim Weidelgras. (1) P-Düngung. (2) Anzahl der Schnitte. (3) Triebe. (4) Wurzeln. (5) Triebe + Wurzeln.

*Tab. 3.* P-Gehalt der Triebe und Wurzeln des Weidelgrases (in P%). Bezeichnungen: s. Tab. 2.

*Tab. 4.* Feststellung der P-Wirkungen aufgrund des durch die Triebe und durch die Triebe + Wurzeln entzogenen Phosphors ( $P_0 = 100\%$ ). \*signifikante Differenz bei einer Wahrscheinlichkeit von 95%. Bezeichnungen: s. Tab. 2.

*Tab. 5.* Parameter des linearen Zusammenhanges zwischen den Trieben und Wurzeln ( $Y = a + bX$ ; Y = Triebe; X = Wurzeln.) (1) Untersuchte Faktoren: 1. Trockensubstanzertrag; 2. P-Aufnahme; r: Korrelationskoeffizient; n: Anzahl der Daten. Signifikanter Zusammenhang bei einer Wahrscheinlichkeit von \*\* 99% und \*\*\* 99,9%.

*Tab. 6.* Durch die Triebe entzogenes P in % des P-Entzugs durch Triebe + Wurzeln. (1) P-Düngung. (2) Anzahl der Schnitte. A, B, C: die drei Versuchsböden.

*Tab. 7.* Parameter der linearen Zusammenhänge zwischen den durch die Triebe und durch die Triebe + Wurzeln aufgenommenen P-Mengen ( $Y = a + bX$ ; Y = Triebe; X = Triebe + Wurzeln). (1) Untersuchte Faktoren: 1. Boden; 2. P-Düngung; 3. Anzahl der Schnitte. a) Gemeinsame Gleichung der untersuchten Faktoren. Übrige Bezeichnungen: s. Tab. 6.

*Abb. 1.* Trockensubstanzerträge von Trieben und Wurzeln (Mittelwerte von drei Wiederholungen. A) Keszthely; B) Kecskemét; C) Nagyhörcsök. (s. Abb. 3.) P-Gaben:  $P_0$ ,  $P_{20}$  und  $P_{100}$ . a) Erster Schnitt; b) 1. + 2. Schnitt; c) 1. + 2. + 3. Schnitt; d) 1. + 2. + 3. + 4. Schnitt. Abscisse: Menge der Wurzeln, g. Ordinate: Menge der Triebe, g.

*Abb. 2.* Zusammenhang zwischen den durch die Triebe und durch die Triebe + Wurzeln aufgenommenen P-Mengen auf den drei Versuchsböden. Abscisse: Durch die Triebe + Wurzeln aufgenommene P-Menge, mg/Gefäss. Ordinate: Durch die Triebe aufgenommene P-Menge, mg/Gefäss. Übrige Bezeichnungen: s. Abb. 1.

*Abb. 3.* Gestaltung des Verhältnisses von der durch die Triebe aufgenommenen P-Menge zu der durch die Triebe + Wurzeln aufgenommenen P-Menge beim Anstieg der Anzahl der Schnitte. a) Erster Schnitt, extreme Verhältniszahlen; b) 1. + 2. + 3. + 4. Schnitt, ausgeglichene Verhältniszahlen. Abscisse: Die durch die Triebe + Wurzeln aufgenommene P-Menge, mg/Gefäss. Ordinate: Verhältnis der durch die Triebe aufgenommene P-Menge zur durch die Triebe + Wurzeln aufgenommene P-Menge. Böden: A) Brauner Waldboden, Keszthely; B) Sandboden, Kecskemét; C) Tschernosemboden, Nagyhörcsök.

**Изучение в микровегетационных опытах обеспеченности  
почв питательными веществами**  
**III. Влияние фосфорных удобрений на распределение фосфора  
в побегах и корнях райграсса английского**

Д. ФЮЛЕКИ, К. ВЕГ Р. и Ю. БАЛАЖ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт  
и Институт Растениеводства Кестхейского Аграрного Университета, Кестхей (Венгрия)

**Резюме**

В вегетационных сосудах весом один килограмм, с тремя почвами, на трех уровнях внесения фосфорных минеральных удобрений, в четырех срезах райграсса английского определили количество фосфора, попадающего в побеги и корни этой культуры, для установления того, является ли содержание фосфора в побегах соответствующим показателем влияния фосфорных минеральных удобрений.

Нашли линейную зависимость между содержанием фосфора в побегах и корнях по отдельным почвам и отдельным уровням внесения удобрений, т.е. эти два фактора влияли на соотношение Р-побег/Р-корень. Прямые линейных зависимостей по отношению друг к другу расходятся параллельно, причем так, что в случае высокого содержания в почве усвояемого фосфора и при внесении в почву фосфорных удобрений, указанное выше соотношение больше, чем для почв содержащих меньше усвояемого фосфора или не получивших фосфорных минеральных удобрений. Наклон прямых вышеуказанных линейных зависимостей составляет величину около 0,65, это означает, что в среднем 60—70%-ов от общего содержания фосфора в райграссе английском находится в его побегах, хотя эту величину значительно могут изменить содержание усвояемого фосфора и внесение фосфорных минеральных удобрений.

Результаты опытов подтвердили, что в случае нескольких срезов (минимально 4) при усвоении накопленного фосфора мы с большой вероятностью можем утверждать тождественность соотношения Р-побег/Р-побег + корень на различных почвах или на одних и тех же почвах удобренных и неудобренных фосфором (Рис. 3). В данном случае сравнили содержание фосфора в побегах райграсса английского на двух вариантах внесения фосфора или в побегах этой культуры, выращенной на различных типах почвы. Обобщая, можно сделать заключение, что при изучении влияния фосфора имеется возможность ограничиться только определением содержания фосфора в побегах и исключить довольно трудоёмкий процесс определения содержания фосфора в корнях, обеспечивая достаточное количество срезов райграсса английского.

*Табл. 1.* Некоторые свойства почв, взятых для опыта. (1) Место взятия почвенных образцов. (2) Тип почвы: а) бурая лесная почва. б) покровный песок. в) Чернозем. (3) Гумус, %. (4) Механической состав почв: d) легкий суглинок. е) песок. f) суглинок.

*Табл. 2.* Сухая масса побегов и корней английского райграсса (г/сосуд.) и количество вынесенного фосфора (мг/сосуд). (1) Обработка-Р. (2) Число срезов. (3) Побег. (4) Корин. (5) Побег + корин.

*Табл. 3.* Содержание фосфора (Р%) в побегах и корнях райграсса английского. Обозначения смотри в таблице 2.

*Табл. 5.* Параметры линейной зависимости между содержанием фосфора в побегах и корнях райграсса английского ( $Y = a + bX$ ;  $Y = \text{побег}$ .  $X = \text{корень}$ ). (1) Изученный фактор: 1. Выход сухого вещества. 2. Вынесенный фосфор. г: коэффициент корреляции. п: количество данных. \*\* зависимость достоверна на 99% уровне. \*\*\* зависимость достоверна на 99,9% уровне.

Табл. 6. Количество фосфора в побегах в процентах от его содержания в побегах + корнях. (1) Обработка-P. (2) Число срезов. А.В.С. — три почвы, использованных в опыте.

Табл. 7. Параметры линейных зависимостей между содержанием фосфора в побегах и побегах + корнях райграсса английского ( $Y = a + bX$ ;  $Y$  = побег,  $X$  = побег + корень). (1) Изученный фактор: 1. Почва. 2. Внесение фосфорных минеральных удобрений. 3. Число срезов. а) Общее уравнение изученных факторов. Остальные обозначения смотри в таблице 6.

Рис. 1. Выход сухого вещества в побегах и корнях райграсса английского (средние величины трех повторностей). А) Кестхей. В) Кечкемет. С) Надьхёрчэг. Дозы внесения фосфора:  $P_0$ ,  $P_{20}$  и  $P_{100}$ . а) Первый срез. б) 1 + 2 срезы. в) 1 + 2 + 3 срезы. д) 1 + 2 + 3 + 4 срезы. По горизонтальной оси: корневая масса, г. По вертикальной оси: масса побегов, г.

Рис. 2. Зависимость между выносом фосфора побегами и побегами + корнями райграсса английского на трех почвах. По горизонтальной оси: Фосфор, усвоенный побегами + корнями, мг/сосуд. По вертикальной оси: Фосфор, усвоенный побегами, мг/сосуд. Обозначения смотри на рисунке 1.

Рис. 3. Формирование соотношения P-побег/P-побег + корень в зависимости от увеличения числа срезов. а) Первый срез, крайние соотношения. б) 1 + 2 + 3 + 4 срезы, выровненные соотношения. По горизонтальной оси: Фосфор, усвоенный побегами + корнями, мг/сосуд. По вертикальной оси: Соотношение P-побег/P-побег + корень. Почвы: А) Кестхей. В) Кечкемет. С) Надьхёрчэг.