

Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)

Jordbundskemisk afdeling (Jens Jensen)

Kvantitets intensitets relationer for kalium

Planternes optagelse af kalium i relation til dets kvantitet og intensitet i jorden

Quantity intensity relations for potassium. The uptake by plants of potassium

in relation to its quantity and intensity in the soil

J. Dissing Nielsen

Resume

Ved et pottforsøg i væksthuse blev 7 jorder udpint for kalium ved intensiv dyrkning af ital. rajgræs. Intensitet og kapacitet af kalium blev bestemt flere gange under forsøget.

$\Delta G_{K, Ca, Mg}$ (intensiteten udtrykt logaritmisk), ARe^K , PBC^K (produktet af den lineære intensitetsfaktor ARe^K og kapaciteten PBC^K) samt Kt målt i jorderne før dyrkningen var signifikant korreleret med såvel kaliumoptagelsen som pct. kalium i tørstof.

Planterne udnyttede først kalium, som var i hurtig ligevægt med jordvæsken. For sandjorderne svarede optagelsen omtrent til formindskelsen af labilt kalium, som udgjorde ca. 50 pct. af optagelsen fra lerjorderne.

Indledning

For alle plantenæringsstoffer, som optages fra jorden, gælder, at der er en sammenhæng mellem den labile mængde af næringsstoffet Q og dets intensitet I . Denne sammenhæng, Q/I relationen, er karakteristisk for hvert plantenæringsstof og hver jord, og den beskrives bedst i et diagram, hvor I afsættes som abcisse og Q som ordinat (Beckett, 1964). I jorden er det den lettest tilgængelige fraktion af et næringsstof, som bestemmer dets intensitet, medens den tungere opløselige del ikke påvirker dets intensitet i jorden.

Sammenhængen mellem kvantiteten af et næringsstof og dets intensitet er undersøgt for man-

ge forskellige jorder og næringsstoffer. For kalium viser disse undersøgelser bl.a.:

1. Formen af Q/I relationen forbliver konstant uanset ændring af intensiteten ved optagelse af eller gødskning med kalium; d.v.s. intensiteten men ikke kapaciteten ændrer sig (Beckett et. al. 1966; Dissing Nielsen, 1971).

2. Ved udpining af jorden for kalium reduceres intensiteten til et minimum, som er omtrent det samme for alle jorde uanset den oprindelige intensitet (Barrow et. al. 1967; Dissing Nielsen, 1971).

3. Intensiteten er gennemgående højere i sandjorde end i lerjorde modsat kapaciteten (Dissing Nielsen, 1971).

4. Ved udpining af jorden for kalium er der en signifikant sammenhæng mellem optagelsen og Q/I relationen (Barrow, 1966; Dissing Nielsen, 1971) såvel som Kt (Lind, 1971).

For kalium såvel som andre plantenæringsstoffer gælder det, at skal Q/I relationerne anvendes som vejledning ved gødskningen, må de studeres i sammenhæng med såvel potte- som markforsøg, hvor Q/I relationen før, under og efter dyrkning vurderes i forhold til væksten og sammenlignes med planternes optagelse.

Forsøgets udførelse

Ved denne undersøgelse ekstraheredes 7 jorde for kalium ved dyrkning af ital. rajgræs i potter, og

Tabel 1. Tekstur, pH og Kt for de undersøgte jorde

Texture, pH and NH_4^+ exchangeable K (Kt) for the investigated soils
pct. (per cent)

Lokalitet Locality	Nr. No.	Ler Clay	Silt Silt	Fins. Fine sand	Grovs. Coarse sand	Humus Humic	pH, H ₂ O	Kt
Aarslev.....	1	9,3	15,2	38,9	33,5	3,1	6,5	21,0
Roskilde.....	20	11,4	18,1	43,5	24,6	2,4	6,6	18,1
Studsgaard.....	29	3,9	5,7	50,9	37,4	2,1	5,5	24,6
Tystofte.....	34	11,1	13,2	44,8	29,0	1,9	6,4	9,0
Virumgaard.....	39	10,7	18,8	46,2	22,1	2,2	6,8	17,0
Ribe.....	46	34,4	40,2	17,7	3,8	3,9	7,1	20,0
Lundgaard.....	52	2,4	4,2	26,1	65,2	2,1	6,4	8,4

såvel tørstofudbyttet som kaliumoptagelsen blev vurderet i forhold til Q/I relationen og kaliumindeksene. De anvendte jorde var fra jordarkivet, udtaget i overfladen fra 0-20 cm dybde og lufttørrede. Prøverne blev udvalgt således, at de repræsenterede forskellige jordtyper, og i tabel 1 er givet data for jordenes tekstur, pH og Kt.

Forsøget udførtes i væksthuse og 600-300 g jord og 2400-2700 g sand blev blandet og fyldt i plasticpotter a 2 liter. Før påfyldningen af jord var der nederst i potterne lagt et lag grus, og jordene blev vandet gennem et rør til bunden af potterne. De 7 jorde udgjorde 7 forsøgsled med 5 gentagelser i alt 35 potter.

Hver potte blev tilsæt med 200 mg ital. rajgræs, som blev dækket med ca. 50 g af jord-sandblandingen. For at fremme spiringen blev jorderne ved første vanding overbruset og derefter vejlet op til samme vægt med vand tilsat fra bunden af potterne. Under forsøget foretoges vanding hver anden dag med deioniseret vand.

Før påfyldningen blev jorden iblandet 2 g CaHPO_4 , 2aq pr. potte, og 5 gange i løbet af forsøget blev der tilført 2 ml af følgende næringsopløsning ligeledes pr. potte:

160 g NH_4NO_3 ; 20 g MgSO_4 , 7aq; 10 g CuSO_4 , 5aq; 10 g MnSO_4 , aq; 0,5 g H_3BO_3 ; 0,5 g ZnSO_4 , 7aq; og 0,2 g Na_2MoO_4 , 2aq opløst i 1 liter destileret vand.

De 5 gentagelser med samme jord blev høstet til forskellige tidspunkter; første gang 8 dage efter såningen. Optagelsen af K var da fra 5 til 10 pct.

af totaloptagelsen. Udbyttet af såvel grønt som tørstof blev bestemt og det tørrede græs analyseret for K. Efter 10 ugers dyrkning var jorderne udpint for K og græsvæksten totalt standset.

Q/I relationen blev bestemt som beskrevet af Dis-sing Nielsen (1971) og Kt som angivet i fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser (1963).

Under forsøget blev der med ca. 2 ugers mellemrum taget en potte ud fra hvert forsøgsled og jorden undersøgt for K ved bestemmelse af såvel Q/I relationen som Kt.

Formindskelsen i jordens indhold af labilt K blev bestemt som frigørelsen i den oprindelige jord ved en intensitet svarende til AREK for den udpinte jord. Formindskelsen i indhold af ombytteligt K blev bestemt som forskellen mellem Kt i den oprindelige og den udpinte jord.

Kalium i plantematerialet bestemtes flammefotometrisk efter tørforaskning.

K optagelsen i rødderne blev også bestemt; den udgjorde fra 1 til 5 pct. af optagelsen i de overjordiske plantedele.

Resultater

En beregning viste, at der ikke var korrelation mellem indeksene for kalium i jorden ved forsøgets start og udbyttet ved de enkelte slæt eller totaludbyttet af grønt og tørstof.

Tabel 2 viser sammenhængen mellem kaliumindeks ved forsøgets start og optagelse samt pct. kalium i tørstof. Otte dage efter såningen blev der høstet 3 kar fra hvert forsøgsled, og der var

Tabel 2. Korrelation mellem K-optagelse i ital. rajgræs, pct. K i tørstof og K-indeks i jordene før dyrkningen

Correlation between K-uptake by ital. rye grass, per cent of K in dry matter and K-indices in the soils before cropping

Høstdato Harvest date	Optaget K (Uptake of K)								
	23/9	30/9	6/10	12/10	20/10	27/10	3/11	18/11	25/11
$\Delta G_{K, Ca, Mg}$. . .	-0,66	-0,91**	-0,76*	-0,78*	-0,85*	-0,86*	-0,86*	-0,84*	-0,83*
ARE ^K	0,70	0,67	0,48	0,52	0,52	0,61	0,66	0,63	0,57
PBC ^K	-0,56	-0,31	-0,36	-0,10	-0,10	-0,21	0,17	-0,14	-0,15
ARE ^K × PBC ^K .	0,68	0,91**	0,79*	0,91**	0,94**	0,94**	0,95***	0,95***	0,93**
Kt.	0,61	0,91**	0,81*	0,96***	0,96***	0,95***	0,96***	0,97***	0,95***

Høstdato Harvest date	pct. K i tørstof (per cent K in dry matter)								
	23/9	30/9	6/10	12/10	20/10	27/10	3/11	18/11	25/11
$\Delta G_{K, Ca, Mg}$. . .	-0,54	-0,88**	-0,91**	-0,87*	-0,91**	-0,93**	-0,91**	-0,91**	-0,91**
ARE ^K	0,50	0,67	0,67	0,66	0,79*	0,68	0,85*	0,85*	0,85*
PBC ^K	-0,45	-0,21	-0,41	-0,25	-0,29	-0,40	-0,38	-0,38	-0,38
ARE ^K × PBC ^K .	0,58	0,94**	0,87**	0,91**	0,85*	0,87*	0,88**	0,88**	0,88**
Kt.	0,55	0,95**	0,86*	0,92**	0,81*	0,86*	0,82*	0,82*	0,82*

5 frihedsgrader (degrees of freedom)

* = P (95) R = 0,75; ** = P (99) R = 0,87; *** = P (99,9) R = 0,95.

Tabel 3. Jordenes intensitet og kapacitet før, under og efter udpiningen for kalium

Intensity and capacity in the soil before during and after the exhaustion for K

Nr.	(før udpining) (before exhaustion)						
	14/9			6/10		20/10	
	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K	PBC ^K	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K
1	-2500	0,0157	21	-3000	0,0065	-3500	0,0029
20	-2500	0,0147	19	-3200	0,0044	-3600	0,0021
29	-1700	0,0583	8	-2200	0,0252	-3200	0,0047
34	-3100	0,0052	26	-3400	0,0030	-3500	0,0022
39	-2700	0,0113	22	-3000	0,0066	-3500	0,0025
46	-3300	0,0037	81	-3400	0,0033	-3600	0,0021
52	-2100	0,0281	6	-2900	0,0070	-3300	0,0039

Nr.	(efter udpining) (after exhaustion)							
	3/11			18/11		25/11		
	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K	PBC ^K	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K	$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	ARE ^K	PBC ^K
1	-3900	0,0013	21	-4300	0,0007	-4300	0,0007	24
20	-3800	0,0016	21	-3800	0,0016	-3800	0,0016	24
29	-3700	0,0019	10	-3900	0,0014	-3900	0,0014	12
34	-3600	0,0021	24	-3700	0,0020	-3700	0,0018	26
39	-3900	0,0013	23	-4200	0,0008	-4400	0,0006	26
46	-3700	0,0018	82	-3700	0,0018	-3700	0,0018	95
52	-3300	0,0036	10	-3900	0,0014	-3900	0,0014	10

da stor spredning mellem fælleskarrene i såvel udbyttet af grønt og tørstof som optagelse af og pct. kalium i tørstof. Korrelationen mellem optaget kalium og intensitet er signifikant gennem hele vækstperioden ved anvendelse af den logaritmiske funktion $\Delta G_{K, Ca, Mg}$ og større end for intensitetsfaktoren $ARE^K \cdot ARE^K \cdot PBC^K$, som er produktet af ARE^K og kapaciteten PBC^K , såvel som Kt er ligeledes signifikant korreleret med kaliumoptagelsen, medens PBC^K alene ikke viser nogen sammenhæng (negativ koefficient) med optagelsen.

Ved sammenligning af det procentiske kaliumindhold i afgrøden med $\Delta G_{K, Ca, Mg}$, $ARE^K \cdot PBC^K$ og Kt er korrelationen signifikant ved de første slæt, men efterhånden som jorden bliver udpint for kalium, fremkommer der abnorme værdier for kalium procenten, og der blev ikke beregnet nogen korrelation for de 2 sidste slæt.

Jordens Q/I relation for kalium blev bestemt flere gange under forsøget, og resultaterne er vist i tabel 3. Det fremgår af tabellen, at intensiteten af kalium aftager stærkt under den første del af væksten, og dette gælder især sandjorderne 29 og 52. Lerjorderne er bedre i stand til at vedligeholde intensiteten, idet de har en højere kapacitet (PBC^K). Alle jorderne udpines til den samme minimumsværdi omkring —4000 kal/ækv. uanset den oprindelige intensitet. Som tidligere vist (Dissing Nielsen, 1971) har udpiningen ingen indflydelse på kapaciteten, og det fremgår også af

tabel 3, at PBC^K stort set er uændret under hele forsøget.

I tabel 4 er vist optagelsen af kalium og ændringen i jordens indhold af labilt og ombytteligt kalium. Umiddelbart skulle man forvente en kontinuerlig stigning af den kumulative kaliumoptagelse i løbet af vækstsæsonen. Det fremgår da også af tabel 4, at dette stort set er tilfældet, og de enkelte mindre afvigelser kan skyldes, at græsset er høstet på forskellige udviklingstrin, hvilket influerede på væksten og antagelig også på kaliumoptagelsen. For de fleste af jordene er planternes optagelse noget større end svarende til afgivelsen af labilt kalium fra jorden, fordi planterne er i stand til at udnytte en del ikke labilt kalium, som i ler- og marskjordene udgør ca. 50 pct. af optagelsen, medens næsten hele optagelsen i sandjorderne kan henføres til labilt kalium. Som ventet udgør ikke labilt kalium en stadig større del af optagelsen, efterhånden som udpiningen bliver stærkere, og allerede 5 uger efter forsøgets start har intensiteten nået sit minimum i de fleste jorde, og den efterfølgende optagelse sker fra de tungere tilgængelige kaliumreserver.

I starten har der været en større formindskelse af Kt end svarende til planternes optagelse. Men de foreliggende resultater giver næppe nogen forklaring på dette forhold. Formindskelsen af Kt ved forsøgets afslutning svarer for næsten alle jorde til planternes kaliumoptagelse i løbet af vækstperioden.

Tabel 4. *K-optagelse i ital. rajgræs og formindskelsen i jordens indhold af labilt og ombytteligt K på forskellige tidspunkter i vækstperioden*

K-uptake by ital. rye grass and reduction in the content of labile and exchangeable K estimated several times during the growing season

mg K/100 g jord (mg K/100 g of soil)

Nr.	6/10			20/10			3/11			18/11			25/11		
	opt.	lab.	omb.	opt.	lab.	omb.	opt.	lab.	omb.	opt.	lab.	omb.	opt.	lab.	omb.
No.	upt.	lab.	exch.	upt.	lab.	exch.	upt.	lab.	exch.	upt.	lab.	exch.	upt.	lab.	exch.
1	7,7	6,8	12,2	11,7	10,8	18,0	14,5	11,7	19,0	15,4	13,7	18,9	17,2	13,7	18,9
20	11,5	7,4	15,2	16,6	10,4	16,9	17,2	11,1	16,3	19,2	12,1	16,1	20,8	12,1	16,1
29	7,0	7,2	15,4	16,7	16,2	22,1	19,0	18,0	22,6	18,6	19,0	22,6	18,5	18,3	22,6
34	8,5	1,2	6,5	12,0	2,1	7,1	13,3	2,1	8,0	14,5	3,1	8,5	15,0	3,1	8,5
39	7,1	3,5	10,2	12,0	7,8	14,2	13,0	8,6	14,5	13,4	9,8	15,0	13,5	9,9	15,0
46	6,8	3,9	10,6	13,0	5,4	11,4	13,4	6,1	11,4	15,4	6,1	15,0	14,8	6,1	15,0
52	5,2	5,8	4,3	6,4	6,1	6,0	6,7	6,8	6,3	6,4	6,8	7,3	7,1	6,7	7,3

Konklusion

Den foreliggende undersøgelse viste, at der er en signifikant korrelation mellem jordens intensitet $\Delta G_{K, Ca, Mg}$ og såvel planternes optagelse som pct. kalium i tørstof. Dette gælder for hele vækstperioden, men sammenhængen er stærkest i den første del. Omvendt bliver korrelationen mellem $ARe^K \cdot PBC^K$, Kt og kaliumoptagelsen i planterne stærkere efterhånden, som udpiningen skrider frem, idet ikke-labilt kalium, som påvirker såvel $ARe^K \cdot PBC^K$ som Kt men ikke intensiteten, udgør en stadig større del af optagelsen.

Intensiteten falder ret hurtigt i begyndelsen af vækstperioden, medens den forbliver omtrent uændret under den sidste del.

Planternes optagelse i starten svarer for de fleste jorde til mængderne af fjernet labilt kalium bestemt ud fra Q/I relationen, men ved stærk udpining optages der mere end svarende til jordens frigørelse af labilt kalium. Det må derfor antages, at planterne først udnytter kalium som er i hurtig ligevægt med jordopløsningen.

Senere, når intensiteten er i nærheden af minimum, er optagelsen begrænset til de mængder, som frigøres fra ikke labile kaliumreserver.

Under almindelige dyrkningsforhold udpines jorden sjældent for kalium, og man må derfor antage, at optagelsen overvejende vil være bestemt af Q/I relationen for kalium, som let ombyttes med calcium eller magnesium. For at beregne intensitetsfaldet for denne kaliumfraktion i løbet af en vækstsæson er det nødvendigt at kende dels den forventede optagelse og dels intensitets-kapacitets variationerne ned gennem jordprofilen samt optagelsen fra de forskellige jordlag. For jorde med en betragtelig frigørelse af ikke labilt kalium må man desuden kende dennes størrelse og hastighed.

Summary

Quantity intensity relations for potassium. The uptake by plants of potassium in relation to its quantity and intensity in the soil.

Pot experiments in glass house were conducted with the aim of exhausting seven soils for potassium through intensive cropping to Italian rye-grass. The intensity ($\Delta G_{K, Ca, Mg}$, ARe^K) and capacity (PBC^K) were estimated repeatedly during the experiment.

$\Delta G_{K, Ca, Mg}$ (the intensity expressed logarithmic), $ARe^K \times PBC^K$ (the product of the activity ratio ARe^K and the capacity PBC^K) and the amount of potassium extractable with 0.5 N ammonium acetate (Kt) estimated in the soil before cropping were significantly correlated with as well the uptake as the percentage content of potassium in the plants.

Potassium in rapid equilibrium with the soil solution was primarily utilized by the plants. The uptake from sand soils corresponded approximately to the decrease in content of labile potassium which constituted about 50 per cent of the uptake from clay soils.

Litteratur

- Barrow, N. J. (1966)* - Nutrient potential and capacity. II. Relationship between potassium potential and buffering capacity and the supply of potassium to plants. Austr. Journ. of Agric. Research, 17, 849-862.
- Barrow, N. J., Asher, C. J. & Ozanne, P. G. (1967)* - Nutrient potential and capacity. III. Minimum value of potassium potential for availability to »Trifolium Subterraneum« in soil and solution culture. Austr. Journ. of Agric. Research, 18, 55-62.
- Beckett, P. H. T. (1964)* - Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relation of labile potassium in the soil. The Journ. of Soil Sci. 15, 9-23.
- Beckett, P. H. T., Craig, J. B., Nafady, M. H. M. & Watson, J. P. (1966)* - Studies in soil potassium. V. The stability of Q/I relations. Plant and Soil, XXV, 435-455.
- Arbejdsmetoder, III. del (1963)* - Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. A/S J. H. Schultz Bogtrykkeri, København.
- Lind, A. M. (1971)* - Planters optagelse af kalium og kaliumanalyser af jord. Tidsskrift for Planteavl, 75, 4, 532-538.
- Nielsen, J. Dissing (1971)* - Kvantitets-intensitets relationer for kalium. Tidsskrift for Planteavl, 75, 4, 539-548.