

Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)
 Jordbundskemisk afdeling (Jens Jensen)

Planternes optagelse af kalium fra jord med 1) samme kapacitet men forskellig intensitet, 2) samme intensitet men forskellig kapacitet af kalium.

Potassium uptake by plants grown in soil of

1) same capacity but varying intensity, 2) same intensity but varying capacity.

J. Dissing Nielsen

Resumé

Kaliumoptagelsens sammenhæng med jordens intensitet og kapacitet af kalium blev studeret ved et pottforsøg med ital. rajgræs.

For jord med samme kapacitet fandtes en nær sammenhæng mellem jordens intensitet og kaliumoptagelse gennem hele vækstsæsonen.

For jord med forskellig kapacitet var kaliumoptagelsen de første 2 uger næsten uafhængig af kapaciteten. Under den sidste del af væksten var kaliumoptagelsen bestemt af såvel jordens kapacitet som intensitet.

Indledning

Planternes optagelse af et næringsstof er bestemt af dets momentane intensitet i rodmilieuet og dets evne til at vedligeholde denne intensitet (kapacitet). Kalium optages normalt fra de ombyttelige resourser, og jordene er oftest forskellige i såvel intensitet som kapacitet af denne kaliumfraktion.

Jordens intensitet med hensyn til kalium kan udtrykkes ved koncentrationen c_K , aktiviteten a_K , aktivitetsforholdet $\frac{a_K}{\sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}}} = ARe^K$ (Schofield, 1947), hvor $a_{Ca} + a_{Mg}$ er aktiviteten af calcium + magnesiumioner, eller ved kaliumpotentialet $\Delta G_{K,Ca,Mg}$ (Woodruff, 1955). Kaliumpotentialet er proportionalt med $\log ARe^K$ og udtrykker den energi, som frigøres ved ombytning af det til jordkolloiderne adsorbere kalium med calcium og magnesium fra jordvædsken.

En jords kapacitet med hensyn til kalium kan beskrives ved $\Delta Q/\Delta I = PBC^K$ (potential buffering capacity for potassium) (Beckett, 1964). Q angiver mængden af ombytteligt kalium og I er $a_K/\sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}}$.

Tidligere undersøgelser (Dissing Nielsen, 1971, 1972) har beskæftiget sig med Q/I relationer for kalium i danske jorde og disse relationers betydning for planternes vækst og optagelse af kalium. Derved er det fastslået, at såvel intensiteten som kapaciteten er bestemmende for planternes kaliumoptagelse. Medens kapaciteten forbliver omtrent uændret under optagelsen, reduceres intensiteten til et minimum, som er næsten det samme for alle jorde uanset den oprindelige intensitet. Under denne tærskelværdi standser væksten, som forinden er blevet stærkt hæmmet på grund af kaliummangel.

Denne undersøgelses formål var at studere planternes kaliumoptagelse fra jord med 1) samme kapacitet men forskellig intensitet, 2) samme intensitet men forskellig kapacitet. Undersøgelsen blev gennemført som et pottforsøg, og jordene udpintes for kalium ved dyrkning af ital. rajgræs.

Forsøgets udførelse

Til forsøgene anvendtes jord fra Virumgaard med et lerindhold på 11 pct. og et Kt på 4,0. Der blev på laboratoriet fremstillet nogle jorde, hvor henholdsvis intensiteten og kapaciteten va-

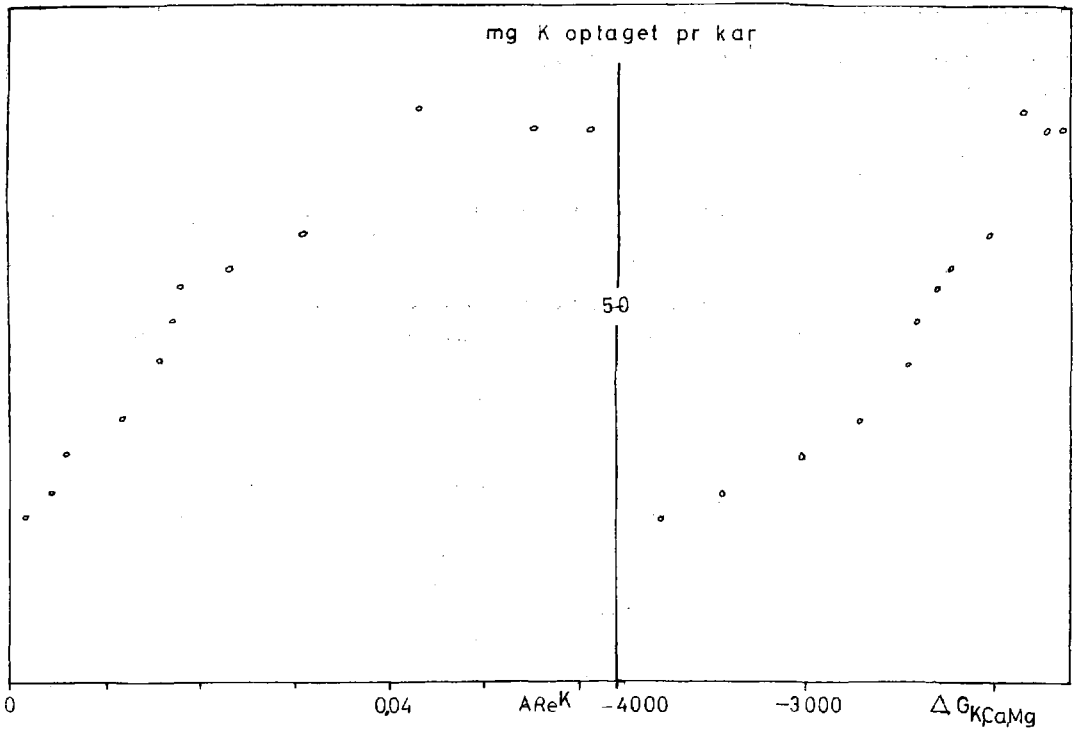


Fig. 1a. K-optagelse efter 3 uger og jordens K-intensitet ved såning.
(K-uptake after 3 weeks and the K-intensity of soil at sowing).

riere. Intensiteten blev varieret ved tilførsel af forskellig mængde kalium til samme jord. Tidligere forsøg har vist, at kapaciteten forbliver konstant ved gødskning eller udpining af en jord for kalium, når intensiteten varierer indenfor det område, som normalt findes i markjorde (Dissing Nielsen, 1971).

Kapaciteten varieredes ved at fortynde jorden med et materiale uden ombytningskapacitet (flodsand), hvorved intensiteten forbliver uændret (Lamm & Nafady, 1971; Dissing Nielsen, 1971).

Jorde med samme kapacitet: En portion jord tilsattes pr. 100 g 2 mækv. kalium opløst i destilleret vand (jord:vand 1:1). Efter henstand 1 døgn dekanteredes vandet fra jorden og filtreredes. Den tilsatte kaliummængde fordelte sig med ca. 50 pct. i jorden og ca. 50 pct. i filtratet. Den kaliumbehandlede jord blev derefter lufttørret, stødt og sigtet. Jord med forskellige intensiteter blev fremstillet ved at blande den kalium- og ikke-kaliumgødede jord i forskellige forhold. Der var 12 forsøgsled med 3 fælleskar, som høstedes til forskellige tids-

Tabel 1. Intensitet og Kt i 5 jorder med samme kapacitet.
(Intensity and NH_4^+ -exchangeable K (Kt) in 5 soils with the same capacity).

	I	II	III	IV	V
AREK	0,0019	0,0035	0,0129	0,0276	0,0456
$\Delta G_{K,Ca,Mg}$	-3710	-3350	-2580	-2130	-1830
Kt	4,0	5,8	10,4	21,2	29,6

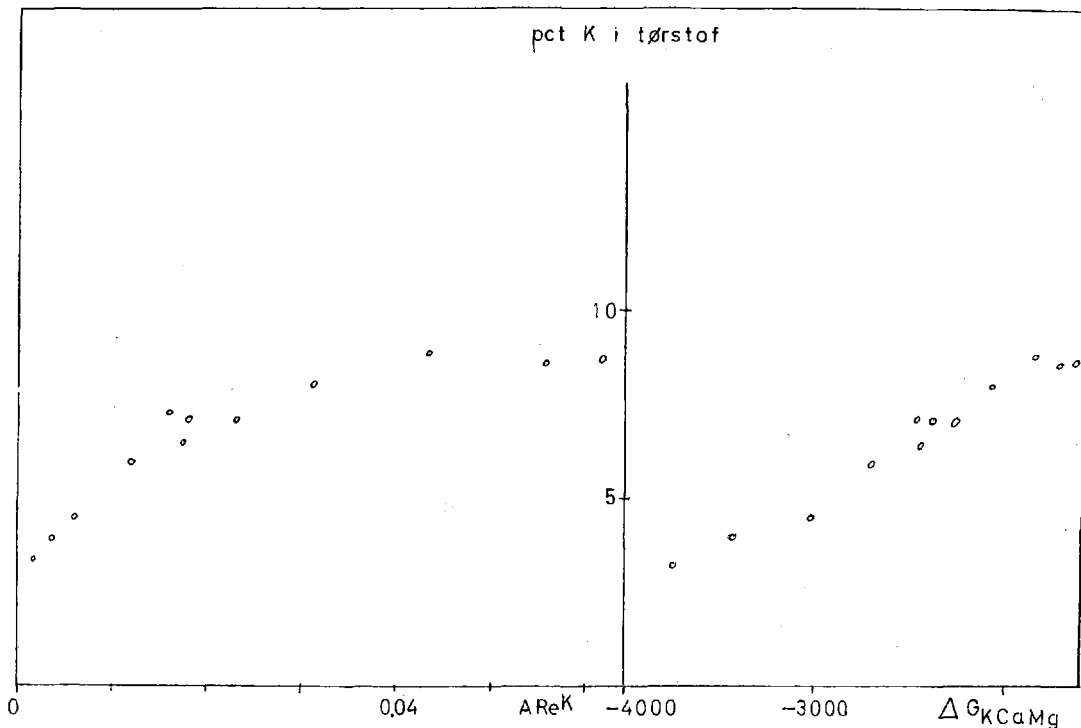


Fig. 1b. Procent K i tørstof efter 3 uger og jordens K-intensitet ved såning.
(Per cent K in dry matter after 3 weeks and K-intensity of soil at sowing).

punkter. Ved fyldningen af karrene blev jorden fortyndet med sand i forholdet 1:3.

Jord med forskellig kapacitet: Kapaciteten blev varieret ved fortynding af jorden med sand i forholdet 1:3, 1:6 og 1:10, og hver af disse

blandinger blev dyrket ved 5 intensitetsniveauer i jorden (tabel 1).

Med 3 blandinger af jord:sand og 5 intensitetsniveauer var der således ialt 15 forsøgsled. De 3 gentagelser fra hvert forsøgsled blev høstet til forskellige tidspunkter.

Tabel 2. Korrelation mellem K-optagelse, pct. K i tørstof og K-index
(Correlation between K-uptake, per cent K in dry matter and K-indexes)

Uger efter såning (Weeks after sowing)	K-optagelse (K-uptake)										Pct. K i tørstof (Per cent K in dry matter)	
	1.	2.	3.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	20.	1.	2.
$\Delta G_{K, Ca, Mg}$	-0,78 ³	-0,91 ³	-0,96 ³	-0,97 ³	-0,94 ³	-0,95 ³	-0,93 ³	-0,94 ³	-0,93 ³	-0,93 ³	-0,80 ³	-0,96 ³
ARE_K	0,52	0,85 ³	0,95 ³	0,94 ³	0,97 ³	0,97 ³	0,98 ³	0,97 ³	0,98 ³	0,98 ³	0,66 ¹	0,98 ³
Kt	0,59 ¹	0,89 ³	0,97 ³	0,96 ³	0,99 ³	0,98 ³	0,99 ³	0,98 ³	0,99 ³	0,99 ³	0,69 ¹	0,90 ³

10 frihedsgrader (Degrees of freedom)

1) = P (95) R = 0,58

2) = P (99) R = 0,71

3) = P (99,9) R = 0,75

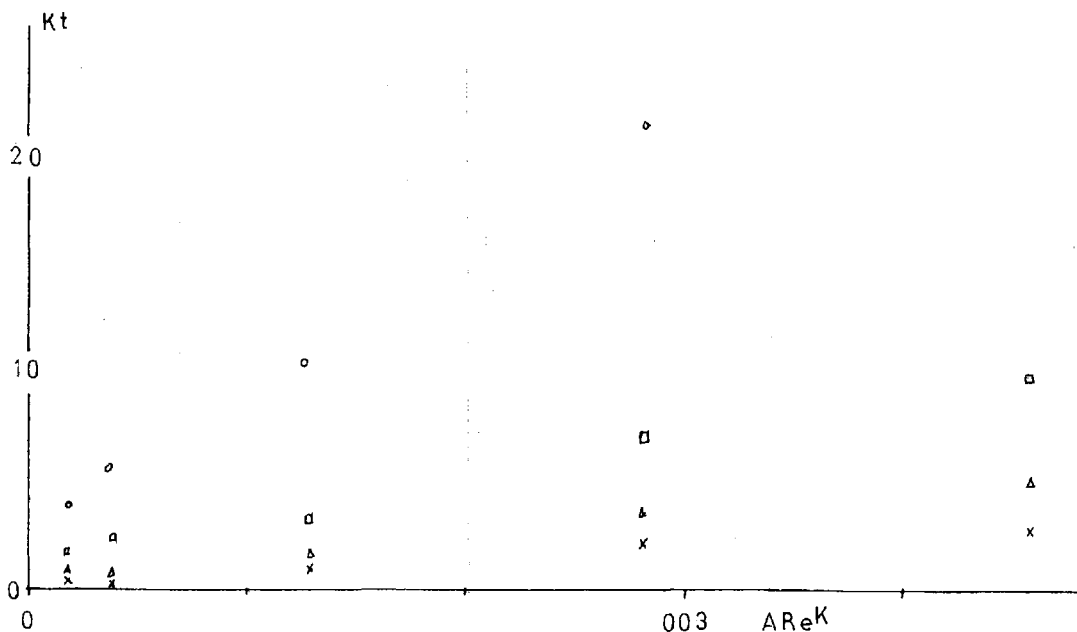


Fig. 2. Kt og K-intensitet i jorder fortyndet med sand.
(NH_4 -exchangeable K (Kt) and K-intensity of soils diluted with sand).

○—○	ufortynet (no dilution)	PBC ^K	21,6
□—□	fortyndet (diluted)	1:3	» 7,2
△—△	» »	1:6	» 3,6
X—X	» »	1:10	» 2,2

Afgrøde og dyrkningsteknik var den samme som er anvendt af Dissing Nielsen, 1972. Jordens Q/I relation for kalium blev bestemt som beskrevet af Dissing Nielsen, 1971 og Kt som angivet i fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser 1963.

Resultater

Jorde med samme kapacitet. I fig 1a og 1b er vist optagelsen af samt pct. kalium i tørstof i relation til såvel ARE^K som $\Delta G_{K,Ca,Mg}$. Græsset var da ca. 3 uger og kaliumoptagelsen ca. 30 pct. af den samlede optagelse i løbet af forsøgsperioden. Figuren viser den nære sammenhæng mellem intensiteten og såvel optagelsen som koncentrationen af kalium i tørstoffet under den første del af vækstperioden.

En beregning viste, at der ikke var signifi-

kant korrelation mellem indeksene for kalium ($\Delta G_{K,Ca,Mg}$, ARE^K , Kt) i jorden ved forsøgets start og udbytte ved de enkelte slæt eller totaludbyttet af grønt og tørstof.

Tabel 2 viser sammenhæng mellem kaliumindeksene og kaliumoptagelsen udtrykt enten som den kumulative optagelse eller pct. kalium i tørstof.

Bortset fra ARE^K og kaliumkoncentrationen i tørstof efter 1 uge er der signifikant korrelation mellem kaliumintensiteten ($\Delta G_{K,Ca,Mg}$, ARE^K), Kt og den kumulative optagelse samt koncentrationen af kalium i tørstof. Såvel optagelsen som pct. kalium i tørstof ved første slæt er bedre korreleret med potentialt $\Delta G_{K,Ca,Mg}$ end med ARE^K og Kt. Det omvendte gælder ved de sidste slæt, hvor der er bedre korrelation for ARE^K og Kt end for

mg K optaget pr kar

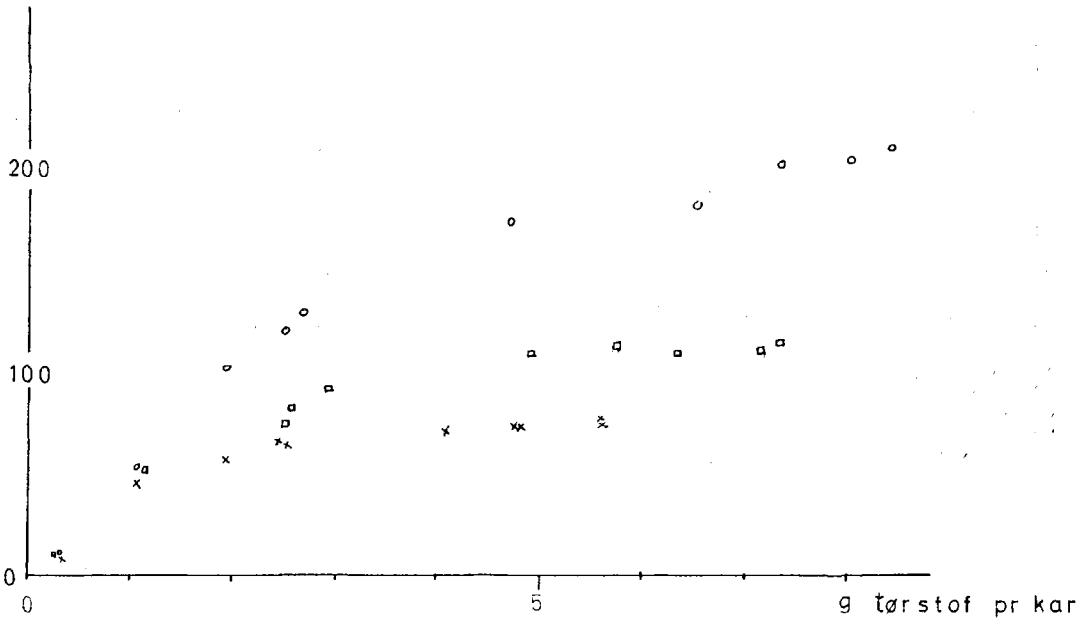


Fig. 3. K-optagelse og tørstofproduktion i løbet af vækstperioden. Dyrkning i jorder med samme intensitet, ARe^K 0,0276, men forskellig kapacitet.

(K-uptake and dry matter production during the experiment. Cropping in soils with the same intensity but varying capacity).

○—○	fortyndet med sand (<i>diluted with sand</i>)	1:3	PBC ^K	7,2	Kt	7,0
□—□	»	»	»	3,6	»	3,4
×—×	»	»	»	2,2	»	2,0

$\Delta G_{K,Ca,Mg}$. Ved dette forsøg, hvor kapaciteten var konstant, var der som ventet en større korrelation mellem kaliumoptagelsen, pct. kalium i tørstof og intensitet end når såvel intensiteten som kapaciteten varierer.

Når man som her har en jord med samme kapacitet, er der gennem hele vækstperioden en udmærket sammenhæng mellem planternes kaliumoptagelse og såvel intensitet som Kt. Normalt varierer imidlertid såvel kapacitet som intensitet, og det bedste mål for jordens kaliumtilstand opnås da med et udtryk, hvori indgår såvel intensitet som kapaciteten.

Jorde med forskellig kapacitet. I fig. 2 er Kt afbildet som funktion af intensiteten, ARe^K . Det fremgår heraf, at ved samme intensitet er Kt desto lavere, jo mere jorden er fortyndet

med sand. Dette påvirker dog ikke kaliumoptagelsen i begyndelsen af vækstperioden, således som det fremgår af fig. 3, der viser kaliumoptagelsen som funktion af tørstofproduktionen.

Fremspiringen og væksten de første 2 uger varierede betydeligt fra kar til kar selv inden for det samme forsøgsled. Plantematerialet blev egaliseret ved at sammenligne kaliumoptagelsen ved samme produktion af tørstof, som under den første del af væksten var uafhængig af såvel intensiteten som kapaciteten af kalium.

De 3 jorde i fig. 3 har samme kaliumintensitet men forskellig kapacitet og Kt. I begyndelsen af væksten er forholdet mellem tørstofproduktionen og kaliumoptagelsen ved samme intensitet næsten uafhængig af fortyndingen med sand og dermed PBC^K og Kt. Under den

Figur 4

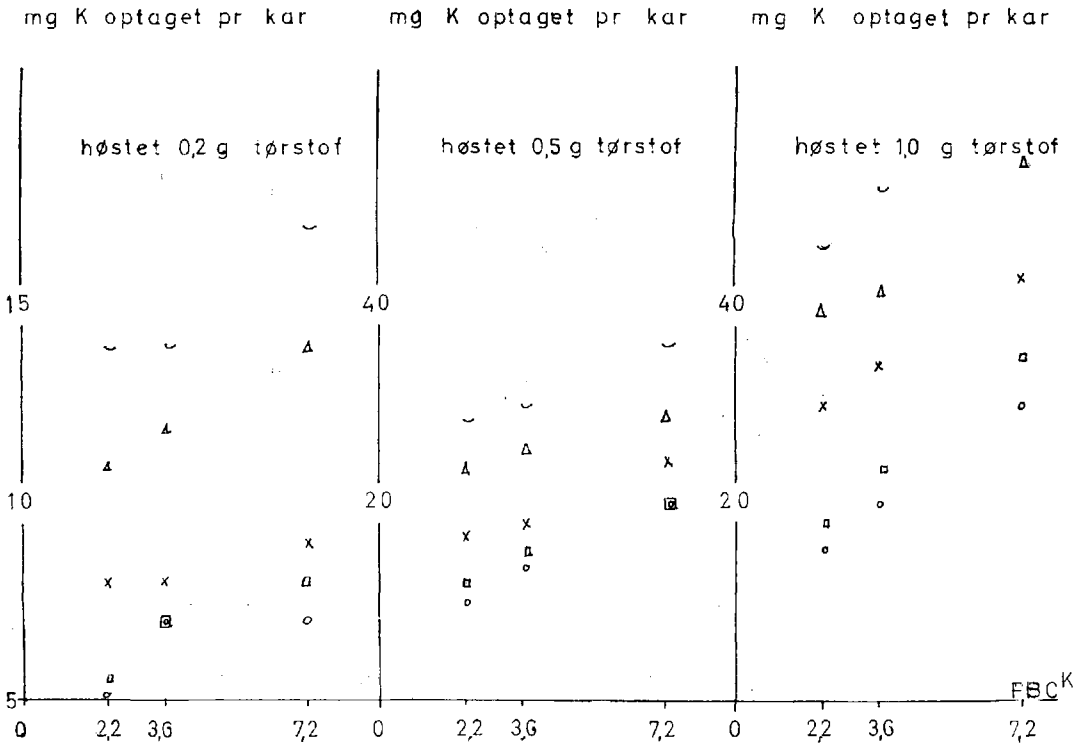


Fig. 4. K-optagelse ved produktion af 0,2; 0,5 og 1,0 g tørstof pr. kar og jordens K-kapacitet (fortynding med sand).

(K-uptake at production of 0.2; 0.5 and 1.0 g dry matter per pot and K-capacity in the soil (dilution with sand)).

- | | | |
|------|-------|-------------------------|
| I. | ○—○ | ARE ^K 0,0019 |
| II. | □—□ | » 0,0035 |
| III. | ×—× | » 0,0129 |
| IV. | △—△ | » 0,0276 |
| V. | — — — | » 0,0456 |

sidste del af væksten er kaliumkoncentrationen bestemt af såvel kapaciteten som intensiteten.

Fig. 4 angiver kaliumoptagelsen ved produktion af 0,2, 0,5 og 1,0 g tørstof pr. kar, som funktion af kapaciteten PBC^K. Græssets alder var da ca. 10, 15 og 20 dage. I diagrammet er der anført 5 kaliumintensiteter, og hvert intensitetsniveau er undersøgt ved 3 forskellige PBC^K-værdier. Det fremgår af figuren, at kaliumoptagelsen ved produktion af 0,2 g tørstof uanset intensiteten kun har været lidt påvirket af kapaciteten. Selv om den formindskes fra 7,2 til 2,2, hvorved Kt formindskes i samme

forhold, er optagelsen kun reduceret med 2 til 3 mg. Optagelsen er ca. 10 mg større ved det højeste intensitetsniveau (ARE^K = 0,0456) sammenlignet med det laveste (ARE^K = 0,0019). En intensitetsforskel af denne størrelse vil let kunne forekomme under praktiske forhold.

Det fremgår endvidere af fig. 4, at kaliumoptagelsen har været næsten den samme for de 2 laveste intensiteter uanset kapaciteten og tørstofproduktionen. Dette kan antagelig forklares ved, at kaliumoptagelsen hos de helt unge planter er fysiologisk bestemt, når intensiteten er relativ lav. Ved noget større kaliumintensitet

i jorden bliver der en overskudsoptagelse (lucusoptagelse) af kalium, hvis størrelse overvejende er bestemt af intensiteten. Kapaciteten får stigende betydning for kaliumoptagelsen, efterhånden som produktionen vokser fra 0,2 til 0,5 og 1,0 g tørstof pr. kar.

De danske landbo- og husmandsforeninger har i årene 1965 til 69 gennemført en forsøgs-serie med stigende mængder kaligødning til kløvergræs (Jacobsen, 1969). Resultaterne fra disse forsøg blev benyttet af Statens Planteavlslaboratorium i samarbejde med Dataanalytisk Laboratorium til statistisk undersøgelse af sammenhængen mellem kløvergræssets kaliumindhold og jordtype. For forsøgsleddet uden kaliumgødskning viste beregningerne, at ved det første slæt var afgrødens kaliumindhold det samme, uanset om den var dyrket på sand- eller lerjorde; men ved sidste slæt var der en tendens til, at kaliumindholdet var størst i kløvergræsset høstet på lerjord. Derimod var der større spredning i kaliumprocenten samt større udslag for kaliumgødskning ved dyrkning af afgrøden på sandjord såvel ved det første som det sidste slæt. Dette er i overensstemmelse med resultaterne fra laboratorieforsøgene, der viste, at afgrødens kaliumindhold var næsten uafhængig af kapaciteten i begyndelsen af vækstsæsonen. Derimod vil en udpining eller opgødskning bevirke en større ændring i intensiteten og dermed kaliumoptagelsen på jorde med en lille kapacitet (sandjorde) end på jorde med en høj kapacitet (lerjorde).

Konklusion

Undersøgelsen viste, at planternes kaliumoptagelse fra en jord med konstant PBC^K og en intensitet svarende til den, man finder under markforhold, var proportional med intensiteten. For jorde med forskellige PBC^K -værdier var kaliumoptagelsen under den første del af væksten bestemt af dets intensitet og næsten uafhængig af PBC^K . De første 2 uger udgør den optagne mængde kun en lille del af det ombyttelige kalium (kvantiteten), og kapaciteten har derfor næsten ingen betydning for optagelsen i dette tidsrum. Under den senere

del af væksten får PBC^K større betydning for optagelsen, idet størrelsen af PBC^K er afgørende for vedligeholdelsen af intensiteten.

Man kender kun kalium-Q/I relationen for en jord fra laboratorieundersøgelser, hvor jord og gødningsstof blandes homogent. Tilsvarende kan ikke opnås ved gødskning under markforhold, hvor såvel intensitet som kapacitet vil variere, dels i muldlaget og dels ned gennem de dybere lag i jordprofilen.

Man må dog antage, at resultaterne fra laboratorieundersøgelser giver et relativt udtryk for jordens kapacitet og intensitet af kalium under markforhold. Undersøgelser af en jords Q/I relationer for kalium såvel som andre plantenæringsstoffer, kombineret med potteforsøg er derfor værdifulde, idet man herved får oplysninger om dels gødningstilstanden i jorden og dels hvorledes den reagerer på en gødskning.

Summary

Potassium uptake by plants grown in soil of 1) same capacity but varying intensity, 2) same intensity but varying capacity

Pot experiments were conducted in glass house with the aim of investigating the effect of intensity and capacity of labile soil potassium on the uptake. Soil of equal capacity but differing in intensity was prepared by mixing in suitable ratios two soils which only differed in potassium intensity.

Soils with equal intensity but varying in capacity were prepared by mixing soil with sand in different ratios. The intensity was expressed by the activity ratio ARe^K and the potential $\Delta G_{K,Ca,Mg}$; and the capacity as the change in labile potassium ΔQ relatively to the change of intensity $\Delta I = \frac{\Delta aK}{\sqrt{aCa + aMg}}$. The soil was cropped intensively with Ital. ryegrass and the grass harvested several times during the experiment.

For soil of the same capacity the correlations indicated a close connection between the intensity and the potassium uptake as well as the percentage content of potassium in plants. The uptake and percentage content of potassium in dry matter at the first harvest were better correlated with the potential $\Delta G_{K,Ca,Mg}$ than with the activity ratio ARe^K and opposite at the latest harvest. For soil of the same intensity but varying in capacity

the plant uptake of potassium during the first two weeks of growth was nearly independent of capacity, but as well intensity as capacity of potassium in the soil controlled the uptake during the latest part of the experiment.

It was concluded that within the first two weeks the exchangeable potassium only contributed a small part to the potassium uptake by the plants, and this explains that capacity is of little importance for the uptake during this period. Later the uptake is increasingly effected from the capacity because its value is determining for maintenance of the intensity.

Litteratur

- Arbejdsmetoder, III. del (1963): Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. A/S J. H. Schultz Bogtrykkeri, København.
- 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.
- Jacobsen, A. (1969): Forsøg med stigende mængder kalium til kløvergræs 1965-69. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne, 180-183.
- Lamm, C. G. & Nafady, M. H. (1971): Kaliums tilgængelighed i danske jorde. 1. Studier over kvantitets-intensitetens relationer. *Tidsskrift f. Planteavl*, 75, 421-425.
- Nielsen, J. Dissing (1971): Kvantitets-intensitetens relationer for kalium. *Tidsskr. f. Planteavl*, 75, 539-548.
- Nielsen, J. Dissing (1972): Kvantitets-intensitetens relationer for kalium. Planternes optagelse af kalium i relation til dets kvantitet og intensitet i jorden. *Tidsskr. f. Planteavl*, 75, 843-847.
- Schofield, R. K. (1947): A ratio law governing the equilibrium of the cations in the soil solution. *Proc. 11th Int. Congr. Pure and Appl. Chem.*, 3, 257-261.
- Woodruff, C. M. (1955): The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19, 167-171.

Manuskript modtaget den 11. april 1972.