

*Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)*

*Jordbundskemisk afdeling (Jens Jensen)*

## Kaliumfrigørelse i udyrket jord

*Potassium release in uncultivated soil*

J. Dissing Nielsen

### Resumé

Ved vurdering af en jords kaliumtilstand bruges kaliumtallet (Kt), som henfører til K, der ekstraheres med 0,5 M NH<sub>4</sub>-acetat. Mindre end 1 pct. af jordens totale indhold af K er ombytteligt med NH<sub>4</sub>-ioner, men der er en ligevægt mellem ombytteligt og ikke-ombytteligt K. Denne undersøgelse viste, at frigørelsen af ikke-ombytteligt K fra udyrket jord foregår meget langsomt, selv om jorden i forvejen er udpint for K. Det må antages, at frigørelsen af ikke-ombytteligt K i jorde med normalt Kt vil være endnu mindre. Under normale dyrkningsforhold vil frigørelsen af ikke-ombytteligt K fra efteråret til det følgende forår næppe være så stor, at man behøver at tage hensyn til den ved vurderingen af Kt.

**Nøgleord:** Kalium, jord.

### Summary

The temperature in Denmark during the winter frequently changes between frost and thaw. This alternating weather promotes weathering of soil minerals followed by a release of K.

Soil samples for chemical analysis are normally taken in the autumn mainly because the results are to be used in deciding the supply of manure for the following season. It is important for the practical use of Kt (ammonium exchangeable K) to know its annual variation. The object of this experiment was to follow release of K in uncultivated soils during 1 year of incubation. The soils were previously exhausted for exchangeable K by intensive cropping with grass, the coarse roots were removed from the soil before the experiment. The exhausted soils were contained in plastic pots and placed outdoor, water was added to 50 pct. of water capacity. Samples of the soil were taken at intervals of 1 month and analyzed for exchangeable K (Table 2).

Table 3 shows significant release of K during the entire experimental period as well as during different periods shown in the table even though increase in Kt during the experiment was small. During the first 3 weeks of the experiment Kt in soil increased about 0.5 unit. In the following months K was released very slowly in the uncultivated soils, during 1 year the release was about 1.0 Kt. Several times of freezing and thawing in the laboratory did not accelerate K-release. Calculations of the interaction between soil types and K-release indicated that the 10 soils from this experiment did not differ in their ability to release K.

It is concluded that soil analysis carried out in exhausted soil sampled during the autumn will give Kt values 0.5-1.0 unit below the Kt found in the following spring. In clay soils not exhausted and in sandy soils the increase of Kt from autumn to spring will be even lesser than for the soils in the experiment. For Danish soils it will not be reasonable to take any precautions for the small differences between Kt in autumn and spring samples.

**Key words:** Potassium, soil.

## Indledning

Kalium findes i jorden dels som ombytteligt K (i gns. ca. 200 kg/ha), men langt den største del (i gns. ca. 40.000 kg/ha) er fastlagt i forskellige jordmineraller og kan ikke ombyttes med andre kationer. Organisk bundet K udgør kun en lille del (ca. 25–50 kg/ha) af jordens totale K-indhold. Det ikke-ombyttelige K er dog ikke helt uden værdi, idet planterne er i stand til at optage en som regel meget lille del af denne store fraktion. Man skelner for det ikke-ombyttelige K mellem optageligt, ikke-ombytteligt K og den resterende, ikke-plantetilgængelige fraktion, som forefindes som gitterbundet K.

Der kan være en bevægelse fra ikke-ombytteligt til ombytteligt K. Det skyldes især defiksering af K fra lermineraller. Den modsatte proces, at lerjorde fikserer K, forekommer også. Desuden vil forvitring af primære jordmineraller, glimmer og feldspat, kunne frigøre små mængder K.

Bray og De-Turk (1938) undersøgte K-frigørelsen i nogle jorde, hvorfra det ombyttelige K var fjernet ved ekstraktion med 1 n HCl. Jordene blev opbevaret ved stuetemperatur og normalt vandindhold fra 8 uger til 4 år. Når det ombyttelige K var fjernet, blev der i løbet af 6 mdr. i pløjelaget frigjort fra 26 til 353 kg/ha. Når ombytteligt K ikke blev fjernet før forsøget, var frigørelsen i løbet af henstandsperioden for alle jorde langt mindre. Den var maksimalt 25 kg/ha, og for nogle jorde var der endda tale om en fiksering af K i løbet af henstandsperioden.

Variationen af Kt blev undersøgt af Dorph-Petersen (1950) på let sandjord ved Lundgaard. Bortset fra de ændringer, som kunne forklares ved tilførsel af kunst- og staldgødning, var variationerne små. I de gødede forsøgsled var der en stigning på ca. 1 Kt-enhed i månederne efter høst, og den blev henført til forvitring af jordmineraller.

Ifølge Scheffer & Schachtschabel (1966) må den naturlige K-frigørelse antages at være større for lerjorde end for sandjorde. Frigørelsen af ikke ombytteligt K blev undersøgt ved ekstraktion med mineralsyre, Dissing Nielsen

(1970), og ved pottedeforsøg, A.-M. Lind (1971). Den var ved begge forsøg korreleret med jordenes lerindhold.

Under danske klimaforhold anses de hyppige skift mellem frost og tøj i vintertiden at befordre forvitringen af jordmineraller. Normalt udtages prøver til jordanalyser om efteråret, bl.a. fordi resultaterne skal bruges ved udarbejdelsen af gødningsplanen for den næste vækstsæson.

For vurderingen af Kt er det vigtigt at få belyst, om der er en årstidsvariation, som har betydning ved tallets praktiske anvendelse. Formålet med denne undersøgelse var at følge nogle udyrkede jordes K-frigørelse i løbet af et år, når det ombyttelige K forinden var næsten fjernet ved intensiv plantedyrkning.

## Materialer og metoder

Til forsøgene blev brugt 10 jorde fra pløjelaget alle med et lerindhold på mindst 10 pct.; nogle analysedata for jordene er angivet i tabel 1. De blev fortyndet 1:1 med sand, og tre kg af jord-sand-blandingen fyldtes i 2 liter plasticar. Forsøget gennemførtes med 2 fælleskar for hver jord. Karrene var anbragt i voliære, og jordene blev sommeren 1974 dyrket med alm. rajgræs. Karrene var overdækkede, og der blev vandet til ca. 50 pct. af vandkapaciteten. Jordene blev under dyrkningsperioden tilført optimal grundgødning men fik ingen K. I løbet af sommeren høstedes 7 slæt.

Efter sidste høst blev jordene taget ud af karrene, lufttørret og rødderne fjernet. Den K-udpinte jord blev fyldt i karrene igen, vandet op til 50 pct. af vandkapaciteten og anbragt i volièren.

Karrene stod ude (overdækkede) vinteren 1974-75 og sommeren 1975, og jordene blev vandet jævnlige med destilleret vand til 50 pct. af vandkapaciteten. Der blev udtaget prøver af jordene med ca. 1 måneds mellemrum. Prøvedtagningen foregik med almindeligt jordbor, og borehullerne blev jævnet ved blanding af jorden.

Forsøget afsluttedes med en frysebehandling, hvor jordene 4 gange blev nedfrosset til  $\pm 20^{\circ}\text{C}$

Table 1. Jordanalysetal for forsøgsjordene før udpiningen for K  
*Figures for the soil analysis before exhaustion for K*

Lokalitet <i>Locality</i>	Kt*	Rt	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Fins. <i>Fine</i> sand	Grovs. <i>Coarse</i> sand	Humus <i>Humic</i>
Aarslev	15,8	6,5	11,4	15,3	43,7	26,7	2,9
Abed	12,2	7,8	17,3	19,4	41,9	19,1	2,3
Blangstedgård	10,0	5,5	13,1	14,7	39,2	31,0	2,0
Højer	28,8	7,7	16,9	18,2	60,3	1,3	3,3
Roskilde	16,8	6,6	11,2	18,0	44,7	23,6	2,5
Tystofte	7,6	6,3	11,0	13,8	45,2	27,5	2,5
Virumgård	19,9	5,5	10,0	14,9	47,2	25,8	2,1
Ødum	23,4	6,8	11,8	19,0	47,0	19,7	2,5
Ribe	19,7	7,7	22,9	22,9	44,3	5,0	4,9
Askov ler	12,6	6,7	11,9	14,7	33,5	35,9	4,0

\*)  $Kt = NH_4^+$  exchangeable K mg/100 g soil

i 2 døgn med mellemliggende optøninger. Efter frysebehandlingen blev der udtaget jordprøver, som analyseredes for ombytteligt K (Kt), idet der ekstraheredes 20 g jord-sand eller 10 g jord.

### Resultater

I tabel 2 er vist jordenes Kt i perioden fra fjernelsen af planterne, 5/11-1974, til 5/12-1975. Efter udpiningen var der i næsten alle jorde kun 2-3 Kt-enheder tilbage som ombytteligt K. I jordene fra Højer og Ribe faldt Kt til ca. 7

og 10, uanset at K-optagelsen var størst for netop disse jorde. Den var for Højer 27,6 og for Ribe 30,2 mg/100 g jord hvoraf 8,1 og 20,2 hidrørte fra den ikke ombyttelige fraktion. Den laveste optagelse, 9,7 mg/100 g jord, fandtes for Tystofte, og heraf var de 4,1 mg ikke ombytteligt.

I løbet af de første 3 uger efter høst fandtes for de fleste jorde en stigning i Kt fra 0,5 til 1,0 enhed. I resten af forsøgsperioden var der kun en langsom bevægelse i Kt, men når tallene betragtes over hele året er der dog en jævn

Table 2. Kt i jordprøver efter udpining sommeren 1974  
*Kt\* of soil samples after exhaustion in the summer 1974*

Lokalitet <i>Locality</i>	1974							Dato <i>Date</i> 1975							4 frysn- ninger <i>freezings</i> 5/12-1975	Kt (5/11)-(5/12) (1974)-(1975)
	5/11	22/11	13/12	13/1	10/2	10/3	17/4	20/5	18/6	21/7	19/8	23/9	6/11			
Aarslev	2,6	3,6	3,1	3,3	3,2	3,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,5	3,3	4,1	4,0	1,4	
Abed	4,2	4,4	4,3	4,7	4,5	5,1	4,5	4,7	5,3	4,9	4,7	4,4	4,9	5,2	1,0	
Blangstedgård	1,9	2,5	2,5	2,5	2,8	2,7	2,5	3,2	4,5	3,7	3,1	3,0	3,8	3,9	2,0	
Højer	6,8	6,7	6,7	7,2	8,2	8,4	7,8	8,3	9,5	9,2	7,7	7,9	9,7	8,9	2,1	
Roskilde	2,1	2,6	2,5	2,6	3,4	4,0	2,8	2,9	3,7	3,7	4,3	3,3	3,3	3,7	1,6	
Tystofte	2,0	3,1	2,4	2,6	3,4	3,5	2,5	3,4	4,3	3,1	4,0	2,9	3,3	4,3	2,3	
Virumgård	1,4	2,0	1,9	1,7	2,2	2,0	2,0	2,0	2,6	2,8	2,8	2,1	2,9	3,3	1,9	
Ødum	3,4	4,2	2,9	3,6	4,3	4,9	3,6	4,0	3,9	4,6	4,3	3,9	4,8	5,0	1,6	
Ribe	9,7	10,3	9,8	10,6	11,5	12,4	11,0	11,2	10,9	10,4	10,7	10,4	11,6	11,7	2,0	
Askov ler	2,5	3,1	3,0	3,2	3,6	3,2	2,9	3,4	3,5	3,0	3,4	3,1	3,5	3,9	1,4	

\*)  $Kt = NH_4^+$  exchangeable K mg/100 g soil

Tabel 3. Variansanalyse for frigørelse af K  
*Analysis of variance for release of K*

	Gennemsnitlige frigørelse <i>Average release</i>	Significance	Significant udslag <i>Significant difference</i>	Spredning <i>Deviation</i>
	$\Delta$ Kt		$\Delta$ Kt	
Hele forsøgsperioden <i>The entire experimental periode</i>	1,7	***	0,4	7 pct.
De første 3 uger 5/11 til 22/11-74 <i>The initial 3 weeks</i>	0,5	***	0,4	7 »
Forsøgsperioden fra 22/11-74 til 6/11-75 <i>The experimental periode from</i>	1,0	***	0,4	7 »
Frysingsperioden fra 6/11 til 5/12-75 <i>The freezingperiode from</i>	0,2	ns	0,4	7 »

\*\*\* P < 0,001

stigning. Vinteren 1974-75 var meget mild, og jordene blev aldrig gennemfrosne, medens karrene stod i voliøren. Nedfrysningen har dog ikke øget K-frigørelsen i de udpinte jorde. I hele forsøgsperioden var der en stigning fra 1,0 Kt-enhed i jorden fra Abed til 2,3 i jorden fra Tystofte.

I tabel 3 er angivet den gennemsnitlige K-frigørelse, og den er for hele perioden 1,7 Kt-enhed. I perioden fra 5/11 til 22/11-1974 var frigørelsen 0,5 Kt-enhed, fra 22/11-1974 til 6/11-75 1,0 enhed og de sidste 0,2 Kt-enhed blev frigjort ved frysebehandlingen.

### Sikkerhed

Trods den lille stigning af Kt i løbet af forsøgsperioden og svingningerne fra gang til gang viser den statistiske beregning (tabel 3) dog, at der er en signifikant frigørelse af K, såvel når hele forsøgsperioden betragtes samlet, som når den deles i de angivne afsnit. Frysningen har dog ikke givet signifikant udslag. De variationer og svingninger, som fandtes mellem fællesprøver og fra gang til gang, skyldes især usikkerhed ved udtagning af jordprøver i små kar.

Det signifikante udslag er beregnet til 0,4 Kt-enhed, og spredningen er ca. 7 pct. af gennemsnittet.

En tilsvarende beregning for vekselvirkningen mellem jordene og deres K-frigørelse viste,

at de 10 jorde ikke adskilte sig i deres evne til at frigøre K.

### Diskussion

Frigørelsen af ikke ombytteligt K i jorden under praktiske forhold bemærkes især umiddelbart efter høst. Den er et resultat af defiksering, men frigørelsen af kalium fra rod- og andre planterester spiller formentlig tillige en rolle. Ved dette forsøg blev rod- og stubrester fjernet fra jordene. Det gælder dog kun de groveste dele, men de rod- og plantedele, som går gennem 2 mm sigten vil stadigvæk være tilbage i jorden og omsættes de første uger efter høst. En del af det K, som findes i rødderne ekstraheres med 0,5 m NH<sub>4</sub>-acetat. Et orienterende forsøg viste, at 0,5 m NH<sub>4</sub>-acetat ekstraherede ca. 75 pct. af K fra en græsprøve.

Den senere frigørelse skyldes forvitring af jordminerale og defiksering af K. Frigørelsen i løbet af vinteren og sommeren har været ret langsom. Det må dog antages, at defiksering af K og forvitring af jordminerale vil fortsætte, og i løbet af en årrække vil Kt i udyrket jord stabilisere sig ved et niveau, som er naturligt for den pågældende jord.

Den statistiske beregning viste, at der ikke var sikker forskel i jordenes frigørelse af K. Det er vist bl.a. af *Dissing Nielsen* (1970), at det er lerfraktionen, som fikserer og defikserer

K. Men det fremgår af tabel 1, at kun Ribe afviger væsentlig i tekstur fra de øvrige 9 jorde. Endvidere var frigørelsen af K de første 3 uger stort set ens for de forskellige jorde, og den udgjorde ca.  $\frac{1}{3}$  af den samlede frigørelse.

### **Konklusion**

Sammenfattende kan siges, at man ved prøveudtagning i en stærk K-udpint lerjord umiddelbart efter høst vil finde et K-indhold, der er 0,5 til 1,0 Kt-enheder lavere end hvis den tilsvarende prøveudtagning finder sted det følgende forår. I lerjorde hvor udpiningen har været mindre stærk, og i sandjorde, vil stigningen i Kt fra efterår til forår generelt være mindre.

### **Litteratur**

- Bray, K. H. & De-Turk, E. E. (1938):* The release of potassium from non-replaceable forms in Illinois soils. Soil Sci. of Amer. Proc. 3, 101-106.
- Dissing Nielsen, J. (1970):* Fiksering og frigørelse af kalium. Tidsskr. f. Planteavl 74, 24-43.
- Dorph-Petersen, K. (1950):* Variationen i en sandjords reaktionstal, fosforsyretal, kaliumtal og mangantal. Tidsskr. f. Planteavl 53, 650-677.
- Lind, Anne-Margrethe (1971):* Planters optagelse af kalium og kaliumanalyser af jord. Tidsskr. f. Planteavl 75, 532-538.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (1966):* Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Manuskript modtaget den 12. april 1976.