

Om magnesiumbinding i jordbunden

Ved AAGE HENRIKSEN

672. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Nærværende beretning fremkommer som et led i de undersøgelser over jordens magnesiumindhold, der til stadighed udføres ved Statens Planteavlslaboratoriums jordbundskemiske afdeling i Vejle.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Foruden ombytteligt magnesium i form af ioner bundne til baseudvekslingskomplekset indeholder jorden normalt betydelige reserver af magnesium i mere eller mindre tungt opløselig form. Et tidligere arbejde af JENSEN & HENRIKSEN (1955) viste, at alkaliske jorder og især lerjorder med Rt over 7,5 indeholdt en magnesiumfraktion, der var uopløselig i ammoniumchlorid men tilgængelig for *Aspergillus niger*. Som indledning til en mere omfattende undersøgelse over magnesiets tilstandsform i danske agerjorder, anstilledes der nogle forsøg til oplysning om muligheden for en sådan »halvfikseret« fraktions opståen ved tilførsel af opløseligt magnesium til jord på forskelligt reaktionsniveau.

Ekperimentelt

Som forsøgskar anvendtes glaserede lerrør, 30 cm høje og af 16 cm indvendig diameter, med bund af fintmasket metaltrådsnet tætnet med filtrerpapir og rummende 6 kg tør jord. Rørene opstilledes i det fri på et stativ ca. 50 cm over jorden. Under hvert rør anbragtes en flaske af brunt glas, forsynet med glastragt til opsamling af det gennemsivende vand, der alene stammede fra nedbøren. Forsøgene anstilledes med følgende 4 jorder, der kaldedes til 5 forskellige reaktionstrin:

| | Rt | Mg, mg/100 g | | Omb. Ca mg/100 g |
|--------------------------|-----|--------------|-------|---------------------|
| | | kem. | biol. | |
| Lerjord, Virumgaard..... | 5.0 | 1.5 | 1.8 | 38 |
| Lerjord, S.p.F..... | 6.2 | 2.4 | 2.6 | 120 |
| Sandjord, Grindsted..... | 5.0 | 2.4 | 2.6 | 54 |
| Sandjord, Jyndeved..... | 5.2 | 0.9 | 0.4 | 7 |

Efter TOVBORG JENSEN (1925) bestemtes de mængder calciumcarbonat, der (uden multiplikation med faktoren 2,9) krævedes for at bringe hver af de to lerjorder til Rt 6,5, 7,0, 7,5 og 8,3 og hver af de to sandjorder til Rt 6,0, 6,5, 7,0 og 8,3. De beregnede kalkmængder tilsattes i form af analyserent calciumcarbonat, der indblandedes omhyggeligt i jorden. Dagen efter karrenes opstilling tilførtes hvert kar 100 ml magnesiumsulfatopløsning indeholdende 270 mg magnesium (= 4,5 mg pr. 100 g lufttør jord). Ved forsøgets afslutning efter 10 måneder udtoges der gennemsnitsprøver af hele jordmængden i hvert kar og desuden af jordlag i tre dybder: 0-5 cm, 5-15 cm og 15-25 cm. Calcium og magnesium bestemtes som tidligere beskrevet (JENSEN & HENRIKSEN 1955).

Tabel 1. Reaktionsændring samt omsætning og udvaskning af calcium i gennemsnitsprøver af jord pr. kar

| Jord | | Kar. nr. | | | | |
|-----------------------|---------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Virumgaard (lerj.) | Rt tilstræbt | (5.0) | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.3 |
| | » fundet | 5.1 | 6.0 | 6.4 | 7.0 | 8.0 |
| | Ca mg/100 g, tilsat | 0 | 57 | 87 | 140 | 287 |
| | » , genfundet | - | 32 | 50 | 83 | 176 |
| | » , udvasket | 4 | 10 | 16 | 19 | 22 |
| S.p.F. (lerj.) | Rt tilstræbt | (6.2) | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.3 |
| | » fundet | 6.3 | 6.5 | 6.9 | 7.4 | 8.0 |
| | Ca mg/100 g, tilsat | 0 | 19 | 38 | 67 | 192 |
| | » , genfundet | - | 9 | 24 | 43 | 136 |
| | » , udvasket | 9 | 9 | 8 | 11 | 13 |
| Grindsted (sandj.) | Rt tilstræbt | (5.0) | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 8.3 |
| | » fundet | 4.9 | 5.6 | 6.1 | 6.6 | 7.8 |
| | Ca mg/100 g, tilsat | 0 | 31 | 46 | 66 | 200 |
| | » , genfundet | - | 9 | 21 | 32 | 112 |
| | » , udvasket | 6 | 6 | 9 | 9 | 10 |
| Jydevad (sandj.) | Rt tilstræbt | (5.2) | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 8.3 |
| | » fundet | 5.0 | 5.6 | 5.9 | 6.4 | 8.2 |
| | Ca mg/100 g, tilsat | 0 | 16 | 31 | 49 | 200 |
| | » , genfundet | - | 8 | 18 | 29 | 138 |
| | » , udvasket | 2 | 4 | 5 | 7 | 12 |

I tabel 1 ses de tilstræbte og fundne reaktionstal, de tilførte mængder calciumcarbonat omregnede til mg Ca/100 g jord og endelig forøgelsen i indhold af ombytteligt calcium. Ved forsøgets afslutning er Rt oftest lavere end tilstræbt, fordi det tilsatte calciumcarbonat ikke har omsat sig kvantitativt med jorden (dette fremgår af forskellen mellem mængderne af calcium tilført som carbonat og genfundet i ombyttelig form). I alle kar skete der en betydelig nedvaskning af calcium til de nedre jordlag og desuden nogen udvaskning af kalium, stærkest fra Jydevad-sandjorden og svagest fra lerjorden fra Statens plantepatologiske Forsøg og svarende til henholdsvis 2,1-2,4 og 0,5-0,8 TK-enheder.

Tabel 2. Fordeling af tilført magnesium i forskellig jorddybde

| Jord | Rt | Mg, mg/100 g | | | | | |
|----------|-----|--------------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | | 0-5 cm | | 5-15 cm | | 15-25 cm | |
| | | kem. | biol. | kem. | biol. | kem. | biol. |
| | 5.1 | 6.8 | 7.0 | 4.6 | 5.0 | 2.8 | 2.9 |
| Virum. | 6.0 | 8.7 | 11.8 | 3.8 | 3.8 | 2.1 | 2.4 |
| gaard | 6.4 | 10.8 | 16.3 | 3.6 | 4.4 | 1.8 | 2.2 |
| (lerj.) | 7.0 | 12.6 | 16.5 | 3.6 | 5.0 | 1.8 | 1.8 |
| | 8.0 | 8.3 | 16.6 | 1.7 | 1.8 | 1.2 | 1.3 |
| | 6.3 | 13.9 | 19.0 | 4.5 | 6.5 | 4.1 | 5.1 |
| S.p.F. | 6.5 | 17.1 | 20.1 | 4.7 | 6.8 | 3.0 | 3.6 |
| (lerj.) | 6.9 | 17.1 | 20.0 | 5.1 | 6.8 | 3.2 | 5.1 |
| | 7.4 | 15.0 | 24.0 | 3.9 | 6.4 | 2.4 | 3.4 |
| | 8.0 | 14.1 | 26.1 | 2.8 | 5.1 | 2.2 | 3.6 |
| | 4.9 | 12.0 | 12.0 | 6.6 | 6.4 | 4.2 | 4.3 |
| Grind- | 5.6 | 12.9 | 14.6 | 7.2 | 7.7 | 4.2 | 4.5 |
| sted | 6.1 | 10.6 | 14.5 | 6.6 | 7.9 | 3.0 | 4.1 |
| (sandj.) | 6.6 | 10.3 | 15.5 | 5.4 | 6.3 | 3.1 | 4.1 |
| | 7.8 | 10.9 | 17.1 | 4.8 | 6.3 | 3.0 | 4.0 |
| | 5.0 | 3.7 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 3.6 | 3.6 |
| Jynde- | 5.6 | 4.7 | 4.5 | 5.5 | 5.2 | 3.6 | 3.6 |
| vad | 5.9 | 5.8 | 5.8 | 5.0 | 6.0 | 3.0 | 3.4 |
| (sandj.) | 6.4 | 5.4 | 6.4 | 6.4 | 8.0 | 2.7 | 3.3 |
| | 8.2 | 6.3 | 8.0 | 4.9 | 7.9 | 1.6 | 2.3 |

Tabel 2 viser fordelingen af magnesium i forskellig jorddybde. Ved Rt 6,0 og herover sker der kun i Jynde- vad-jorden en væsentlig transport til de nederste 15-25 cm jord, hvor det oprindeligt ubetydelige magnesiumindhold på 0,9 (kem.) og 0,4 (biol.) øges til 1,6-2,7 (kem.) og 2,3-3,3 (biol.), det vil sige en ca. 2 respektive 8 ganges forøgelse. Iøvrigt bindes den allerstørste del af det tilførte magnesium i de øverste 15 cm jord, og med stigende Rt viser de biologiske bestemmelser stedse højere resultater i forhold til de kemiske, hvilket forhold er mest udpræget i lerjorderne.

Tabel 3. Tilstandsform af tilført magnesium efter 10 måneder (analyse af gennemsnitsprøverne)

| Jord | Rt | fundet | | Mg. mg/100 g | | teoretisk ventet |
|----------------------------|-----|--------|-------|--------------|-----------|-----------------------|
| | | kem. | biol. | udvasket | ændring* | |
| | 5.1 | 4.3 | 4.6 | 0.7 | -1.0 -0.7 | |
| Virum- gaard (lerj.) | 6.0 | 4.1 | 4.8 | 0.6 | -1.3 -0.9 | Kem. 6.0 Biol. 6.3 |
| | 6.4 | 4.3 | 5.9 | 0.6 | -1.1 +0.2 | |
| | 7.0 | 4.7 | 6.0 | 0.5 | -0.8 +0.2 | |
| | 8.0 | 2.8 | 4.6 | 0.2 | -3.0 -1.5 | |
| | 6.3 | 6.2 | 8.4 | 0.4 | -0.3 +1.7 | |
| S.p.F. (lerj.) | 6.5 | 6.5 | 8.2 | 0.3 | +0.1 +1.4 | Kem. 6.9 Biol. 7.1 |
| | 6.9 | 6.7 | 8.8 | 0.2 | 0 +1.9 | |
| | 7.4 | 5.5 | 8.7 | 0.5 | -0.9 +2.1 | |
| | 8.0 | 4.8 | 8.7 | 0.5 | -1.6 +2.1 | |
| | 4.9 | 6.7 | 6.7 | 1.4 | +1.2 +1.0 | |
| Grind- sted (sandj.) | 5.6 | 7.1 | 7.5 | 0.6 | +0.8 +1.1 | Kem. 6.9 Biol. 7.1 |
| | 6.1 | 6.0 | 7.7 | 0.7 | -0.2 +1.3 | |
| | 6.6 | 5.5 | 7.3 | 0.9 | -0.5 +1.1 | |
| | 8.0 | 5.3 | 7.5 | 0.5 | -1.1 +0.9 | |
| | 5.0 | 3.6 | 3.6 | 1.8 | 0 -0.5 | |
| Jynde- vad (sandj.) | 5.6 | 4.6 | 4.4 | 0.9 | +0.1 +0.4 | Kem. 5.4 Biol. 4.9 |
| | 5.9 | 4.4 | 4.9 | 0.8 | -0.2 +0.8 | |
| | 6.4 | 4.7 | 5.8 | 0.9 | -0.2 +1.8 | |
| | 8.2 | 3.9 | 5.7 | 0.3 | -1.2 +1.1 | |

*Differens mellem »fundet + udvasket« og »teoretisk ventet« (det vil sige oprindeligt + tilsat) Mg.

Tabel 3 viser en sammenligning mellem de kemiske og de biologiske magnesiumbestemmelser i gennemsnitsprøverne samt de stedfundne ændringer i magnesiumindholdet. Disse ændringer er udregnede som differens mellem summen af (Mg i jord efter forsøget + udvasket Mg) og (Mg i jord ved forsøgets indledning + tilført Mg). Der er sket nogen udvaskning fra samtlige kar, men denne når langt det største omfang i de to sandjorder ved lavest Rt. I samtlige jorder er noget af det tilførte magnesium bundet så fast, at det ikke kan ekstraheres med ammoniumchlorid, det vil sige, at det er blevet uombytligt. I lerjorderne sker dette ved enhver reaktion, dog stigende med stigende Rt-værdi, men i sandjorderne sker det kun ved alkalisk reaktion. Bortset fra tre kar med Virungaard-jord genfinder man derimod alt det tilsatte magnesium ved biologisk bestemmelse; disse bestemmelser viser tillige det ejendommelige forhold, at mængden af biologisk tilgængeligt magnesium tiltager i forsøgets løb, det vil sige en del af jordens forhen utilgængelige reserver må være overgået til en form, der er tilgængelig for *Aspergillus niger*. I Grindsted-jorden af Rt 4,9 synes denne fraktion endog at blive ombytlig.

DISKUSSION

Forsøgene giver et klart vidnesbyrd om, at der især ved alkalisk jordreaktion kan opstå en fraktion af ikke-ombytligt men relativt letopløseligt magnesium, der stammer dels fra tilført opløseligt magnesium og dels fra jordens tungere opløselige (muligvis gitterbundne) reserver. Denne fraktions egentlige natur er endnu usikker. Dog vides det, at jorden normalt indeholder betydelige mængder uombytligt magnesium, der er opløseligt i fortyndet salpetersyre (herom vil der for danske jorders vedkommende fremkomme en nærmere redegørelse).

I den biologiske magnesiumbestemmelse med *Aspergillus niger* falder substratets pH til 3,0 eller derunder, således at jorden i længere tid, under ialt 4 døgn inkubation, påvirkes af en opløsning af en surhedsgrad svarende til 10^{-3} normal saltsyre; samtidig virker myceliet som magnesiumoptagende agens, samtidig med at citronsyre og andre stofskifteprodukter muligvis

fjerner magnesiumioner ved chelatdannelse. Som regel optager svampen ikke væsentlig mere magnesium end svarende til den ombyttelige mængde; det synes derfor berettiget at slutte, at det biologisk tilgængelige men med ammoniumchlorid uombyttelige magnesium må repræsentere den lettest opløselige fraktion af hele den magnesiumreserve, der kan ekstraheres ved syrebehandling, og at den derfor kun kan eksistere ved neutral eller alkalisk jordreaktion.

To for praktiske formål ret vigtige spørgsmål står endnu at udrede, nemlig (1) hvorvidt en sådan overgang af jordens ombyttelige magnesium til mindre let tilgængelig form kan ske ved kalkning under markforhold, og (2) i så fald om denne proces kan forklare udeblivende virkning af tilført magnesium under forhold, hvor der tilsyneladende skulle være behov herfor.

SUMMARY

Two loam soils and two sand soils of acid reaction were limed to five pH-levels from approximately 5 to 8, and magnesium in the form of magnesium sulphate was added in amounts of 45 p.p.m. The soils were placed in cylinders exposed to the precipitation for 10 months when magnesium exchangeable with ammonium chloride and available to *Aspergillus niger* was determined in the soil and (chemically only) in the drainage water.

A fraction of biologically available but non-exchangeable magnesium arose in the loam soils at neutral to alkaline reaction and in the sand soils at alkaline reaction only. This fraction seemed to originate partly from the added soluble magnesium and partly from the more firmly bound magnesium reserves of the soil. A magnesium fraction of this character had previously been observed to exist in alkaline soils and particularly in heavy clay soils.

LITTERATURHENVISNINGER

- Jensen, H. L., & Henriksen, Aage, 1955. - Microbiological and chemical determination of magnesium in soil. - Acta Agr. Scand. 5, 98-112.
Touborg Jensen, S., 1925. - Undersøgelser over Kalciumkarbonats reaktionsændrende Virkning i Jordbunden. - Tidsskr. f. Planteavl, 31, 744-778.