

- Tamm, O.*, 1940. Den nordsvenska skogsmarken Norrlands skogvårdsförbund, Stockholm, 285 s.
- Thurmann—Moe, P.*, 1941. Om bedømmelse av myr og vannsyk skogsmark til planteproduksjon. Meld. Norg. Landbr.h.skole, 21, 1—89.
- Wilde, S. A.*, 1958. Forest soils. Their properties and relation to silviculture. Ronald Press Comp. New York. 537 s.
- Wilde, S. A.*, 1966. A new systematic terminology of forest humus layers. — Soil Science, 101, 403—407.
- Zeischwitz, E. von*, 1969. Relations between the C/N ratio of forest humus types and the base content of soils. — Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen, Krefeld. 16, 143—174.

## VIKTIGE FORHOLD VED FOSFORETS BINDING I JORDA

*Av Steinar Tveitnes*

### A. FOSFORFORBINDELSER I JORDA

Fosfor inntar en særstilling blant de viktigste plantenæringsstoffene, fordi fosfat bindes så sterkt i jorda at bare en meget liten del av jordas fosfatinnhold er oppløst i jordvæska. Kjemiske bindingsmekanismer i jorda er årsak til at oppløst, plantetilgjengelig fosfat i jordvæska overføres til en mindre løselig form, knyttet til de faste jordpartiklene eller til mikroorganismer.

Fosfor finnes både i uorganisk og organisk form i jorda. Begge disse formene er viktige som plantenæringskilde, men vanligvis blir det lagt mest vekt på det uorganiske fosforet. Forholdet mellom uorganisk og organisk fosfor i jorda varierer med jordart og pH. Organisk fosfor utgjør gjerne  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  av alt fosfor i jorda. I følge utenlandske undersøkelser utgjør fosfor i organisk materiale 15—80 % av alt fosfor i jorda, og mest i myrjord. Norske undersøkelser (Semb og Uhlen 1955) viste at i jord med pH over 6 var 39 % av totalfosforet i organisk form, mens i jord hvor pH var under 5,5 var hele 59 % i organisk form.

#### 1. Uorganiske fosforforbindelser i jorda

Det uorganiske fosforet i jorda kan forekomme i mange former, men hovedsakelig kan det klassifiseres i kalsiumfosfat, aluminiumfosfat og jernfosfat. Kalsiumfosfatene er de lettest løselige, spesielt monokalsiumfosfat. Di- og trikalsiumfosfat er tyngre løselige, mens de ulike apatittformene, særlig fluorapatitt, er nesten uoppløselige.

Jern- og aluminiumfosfatene er også svært stabile i jorda, slik som f.eks. strengitt,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ , og varisitt,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ . Det er fosfater av ortofosforsyre som inngår i alle disse forbindelsene.

Totalinnholdet av fosfor i jorda er vanligvis av størrelsesordenen 0,01—0,15 % fosfor, eller noen få hundre kg pr. dekar i matjordlaget. Bare en liten del av dette er umiddelbart tilgjengelig for plantene, nemlig den delen som går i oppløsning i jordvæska i nærheten av planterøttene.

## 2. Organiske fosforforbindelser i jorda

De organiske fosforholdige stoffene i jorda er mindre kjent. Dette er stoffer som har en svært kompleks oppbygning. De tre viktigste gruppene av organiske fosforforbindelser er

1. Fytin og derivater av fytin
2. Nukleinsyrer
3. Fosfolipider

Fytin består av ulike former for inositolhexafosfater. Nukleinsyrer er bestanddeler av nukleoproteiner og består av fosforsyre og purin eller pyrimidinbase. Fosfolipider er forbindelser sammensatt av fettsyrer, alkohol, fosforsyre og amin.

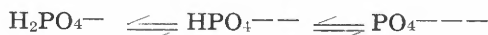
Når det gjelder faktorene som påvirker tilgjengeligheten av organiske fosforforbindelser til høyere planter, foreligger det forholdsvis lite informasjon. Det er imidlertid brakt på det rene at både fytin og nukleinsyre kan utnyttes som fosforkilde (Rogers et al. 1940).

Fytin absorberes trolig direkte av plantene, mens nukleinsyre brytes ned av enzymer på rotoverflaten. Fosforet blir så absorbert enten i organisk eller i uorganisk form. Selv om plantene lett kan assimilere disse stoffene, er plantene ofte utsatte for P-mangel, selv i nærvær av betydelige mengder P i organisk form. Som med uorganiske fosfater er det et spørsmål om tilgjengelighet. Fytin oppfører seg i jorda mye på samme måte som uorganiske fosfater, og danner fytater av Fe, Al og Ca.

Fikseringa av nukleinsyrer skjer etter en helt annen mekanisme, men også her blir resultatet låg P-tilgjengelighet.

## B. FOSFATIONENE OG pH

Ortofosforsyre,  $H_3PO_4$ , er en middels sterk syre med 3 avdissosierbare hydrogenatomer.



Mengden av udissoisert fosforsyre avtar i en løsning fra 100 % ved pH = 0, til bortimot 0 % ved pH 4. Konsentrasjonen av  $H_2PO_4^-$  er størst i pH-intervallet 3—6. Da utgjør de primære fosfationene over 90 % av fosfationene i løsningen.  $HPO_4^{2-}$  forekommer i pH området 6—11. Ved pH > 8, utgjør disse 98—100 % av samtlige fosfationer i løsningen. Ved pH 7,1 er det like mye av primære og se-

kundære fosfationer i løsningen.  $\text{PO}_4^{3-}$  opptrer først ved pH noe over 10.

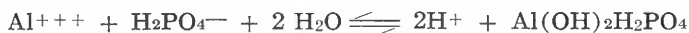
Det primære fosfationet  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  antas å være det som er lettest tilgjengelig for plantene. Dette avhenger imidlertid noe av ulike forhold i jorda, som mengden av organisk stoff og mengden av ulike kationer som Fe, Al og Ca.

Mekanismene ved binding av fosfor i jord har lenge opptatt forskere. Allerede i 1850-årene var det kjent at jorda kunne holde tilbake tilført fosfor. Siden da har det vært utført en mengde forskning for å klarlegge forholdene som ligger til grunn for fikseringa av fosfor i ulike jordarter.

Her i landet utførte Gaarder (1930) ved Vestlandets forstlige forsøksstasjon et grunnleggende arbeid for å finne sammenhengen mellom løseligheten av fosfat og pH i jorda. Han viste bl.a. at oppløseligheten av de ulike fosfatene er avhengig av surhetsgraden. I en oppløsning med ekvivalente mengder av fosfationer og aluminium-, jern-, kalsium- og magnesiumioner ble fosfationene felt ved ulik pH. Jern felte fosfationene mest effektivt ved pH 2,2, mens aluminium var mest effektivt ved pH 3,7. Den gunstigste surhetsgraden for felling av kaliumfosfat lå derimot over pH 6, og for magnesiumfosfat ved pH 10—11.

### C. VIRKNINGEN AV ULIKE KATIONER PÅ BINDINGEN AV FOSFAT

Også mengdeforholdet mellom de ulike kationene og fosfationene påvirker oppløseligheten av de ulike fosfatene. Med et stort overskudd av jernioner felles fosfationene nesten fullstendig som ferri-fosfat i pH-intervallet 4,0—7,5 og ved overskudd av Al-ioner felles fosfationene som aluminiumfosfat i pH-intervallet 5—7,5. Kolloide Fe- og Al-forbindelser virker på samme måte som ionene. Gaarder viste også at silikationer i noen grad kan motvirke felling av fosfater. Silikationer legger beslag på en del av de metallionene som feller fosfationene. Dette virker i hovedsak på samme måte som om oppløsningen inneholder færre metallioner i forhold til fosfatkonsentrasjonen. I sur mineraljord finnes det vanligvis mye jern og aluminium. Når primære fosfationer fra fosfatgjødsel kommer i kontakt med oppløst jern- og aluminium i sur jord, kan det dannes tungt løselige fosfater, slik følgende ligning viser, hvor f.eks. aluminium inngår som kation (Brady 1974).



Konsentrasjonen av jern- og aluminiumioner er som oftest større enn konsentrasjonen av  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ioner. Det vil medføre at reaksjonen i ligningen ovenfor går mot høyre, dvs. at det blir dannet tungt

løselige fosfat. Det vil igjen gjøre at mengden av de plantetilgjengelige  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  - ionene i løsningen blir redusert.

Når det tilføres primært kalsiumfosfat  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  med gjødsel, vil det kunne skje en serie av kjemiske reaksjoner i jorda rundt hvert gjødselkorn. Noe forenklet kan følgende ligning antyde hva som skjer (Brady 1974).



Når gjødselkorna etter hvert trekker til seg vann, fås en løsning av fosforsyre med pH 0,6—1,5. Denne løsningen er tilstrekkelig sur til å oppløse jern- og aluminiumforbindelser i jorda rundt partikkelene. Disse forbindelsene reagerer med fosforsyre, og det dannes komplekse forbindelser av jern- og aluminiumfosfater. Igjen i gjødselkornet er det dikalsiumfosfat, som litt etter litt vil løse seg opp og føre til at det dannes enda mer jern- og aluminiumforbindelser. Hvor langt fosforsyre diffunderer ut fra gjødselkorna, avhenger av størrelsen og mengden av løselig fosfat. I følge Sample & Taylor (1964) har diffusjonssonen i en silt-loam jord rundt et gjødselkorn med diameter 6 mm og 70 % vannløselig monokalsiumfosfat en radius på omtrent 17 mm 3 uker etter gjødsling.

Som påvist bl.a. av Gaarder (1930) skyldes felling av fosfationer i alkalisk jord vesentlig kalsiumforbindelser. I slik jord vil det være rikelig med ombyttbart kalsium. Kalsiumioner vil reagere med sekundære og teriære fosfationer og danne tungt løselige kalsiumfosfater.

Disse tungt løselige kalsiumfosfatene kan med tiden gå over til enda mindre løselige forbindelser, ved overgang til ulike apatittkomplekser.

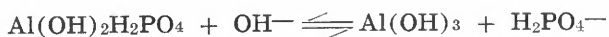
I følge Chang og Jackson (1958) dannes det kalsium- og aluminiumfosfater forholdsvis raskt etter gjødsling med fosfatgjødsel. Disse fosfatene kan etterhvert gå over til jernfosfater. Dette har sammenheng med at aktiviteten av aluminium- og kalsiumioner i jorda er større enn aktiviteten av jern-ioner.

En del jern- og aluminiumfosfat blir også med tiden innesluttet i kolloide jern- og aluminiumhydrooksyder. Dette fosfatet kalles gjerne okludert fosfat. Det er svært lite løselig, og derved utilgjengelig for plantene.

#### **D. VIRKNINGEN AV LEIRMINERALER PÅ FOSFATBINDINGEN**

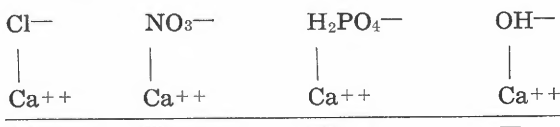
Fosfat kan også fastholdes til silikatmineraler i jord, f.eks. til kaolinit og montmorillonitt. Det er påvist av flere forskere at det er jern og aluminium i leirmineralenes gitterstruktur som er årsak til at fosforet bindes til leirmineralene. Låg og Dev (1965) fant f. eks. at generelt ble mer fosfat fiksert av leirmineralene når jernoksydene ikke var fjernet.

Bindingsmekanismen kan også være en anionombytningsreaksjon mellom OH-grupper knyttet til positive overskuddsladninger av mineralkrystallene og  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ioner, som vist ved denne ligningen (Brady 1974).



Her er et hydroksylion blitt ombyttet med et primært fosfatjon. En økning av mengden av  $\text{OH}^-$ -ioner i jorda, f.eks. ved kalking, skulle derfor være gunstig for å holde mer fosfat i tilgjengelig form for plantene. Samtidig vil mengden av kalsiumioner øke.

Binding av anioner kan forøvrig også foregå etter den s.k. *Weiss'* teori. Etter denne vil polyvalente kationer som bindes til negative overflateledninger kunne ha positive ladninger til overs, og derved ha evne til binding av ioner, slik som skissert her (Hvatum 1975).



Jordas tekstur vil ha mye å si for overflatearealet til jordpartiklene. Små jordpartikler vil etter sin masse ha stor overflate. Fosfat knyttet til disse vil derfor lettere kunne frigjøres til jordløsningen. Fosfor som er fiksert til overflaten på partikler av jern- og aluminiumhydroksyd eller av kalsiumkarbonat vil med tiden kunne trenge inn i disse partiklene, noe som kan hindre ioneombytting. Dette er en slags aldriingsprosess, hvor tilgjengeligheten av fosfor til plantene nedsettes litt etter litt.

Gaarder og Grahl-Nielsen (1935) laget oppløselighetskurver for jordfosfatene på grunnlag av forsøk med tilsetting av stigende mengder syrer og baser til jord og vatn i visse mengdeforhold. De undersøkte særlig spesielle jordarter på Vestlandet. Semb (1943) utførte tilsvarende undersøkelser for ulike jordarter på Østlandet. Det viste seg at det var stor forskjell mellom de ulike jordartene med hensyn til oppløseligheten av fosfat. Det var tydelig at oppløseligheten av jordfosfatene var minst innen det pH-området hvor jern og aluminium binder fosfatene sterkest. Bindingen av fosfat i jorda var også avhengig av forholdet mellom mengden av acidoider og basoider. Acidoidene består hovedsakelig av humusstoffer og kiseltsyre, mens basoidene er kolloide seskvioksyder (jern- og aluminiumoksyder).

Ved en liten kvotient acidoider/basoider var det også lite oppløst fosfat. Ved en stor kvotient acidoider/basoider, dvs. stort innhold av humus og kiseltsyre i forhold til seskvioksyder, var det mer oppløst fosfat i løsningen. Mengden av oppløst fosfat var da også mindre avhengig av pH.

## E. VIRKNINGEN AV ORGANISK STOFF PÅ FOSFATBINDINGEN I JORDA

Organisk stoff i jorda påvirker bindingen av fosfat på forskjellig vis. Organiske syrer og humus kan f.eks. danne forbindelser med Fe og Al, noe som kan medvirke til å redusere den uorganiske fikseringa av fosfor, når det er tilført fosforfattig materiale. Dersom forholdene ligger til rette for en rask nedbryting av organisk stoff i jorda, kan dette medføre en økning i mikrofloraen. Mikroorganismene vil assimilere fosfat, og dette blir inkorporert i organiske forbindelser som fosfatester. Fosfatet vil igjen bli frigjort ved hydrolyse. Mange mikroorganismer er i stand til å løse trikalsiumfosfat, ikke bare ved å assimilere fosfatet, men også ved å produsere organiske syrer, f.eks. CO<sub>2</sub>. Disse syrene kan så omdanne trikalsiumfosfat til di- og monokalsiumfosfat, som er lettere løselig. I tilfelle der det er ammonium- og svoveloksyderende kjemoautotrofe bakterier, kan det være dannelsen av salpetersyre og svovelsyre som forårsaker løseligheten av fosfat.

Bindingsforholdene på myrjord avviker til dels sterkt fra forholdene i mineraljord. Dette skyldes at innholdet av jern og aluminium i askefattig jord er forholdsvis lite, slik at bindingsmønsteret for fosfor blir et helt annet enn i mineraljord. Kalsium vil trolig være det viktigste kation for felling av fosfat. Dette vil medføre at mengden av tilgjengelig fosfor for plantene i myrjord avtar med økende pH, f.eks. ved tilførsel av stigende mengder kalk.

Forsøk med torvjord fra Åsmyra og Smøla har vist at gjødsel-fosforet er blitt svært godt utnyttet (Sorteberg 1963). Utnyttelsen har vært best ved svakere kalking, der det har vært utnyttelsesprosjenter helt opp i 80—96. At fosforet er blitt dårligere nyttet ved sterkere kalking, skyldes antakelig at jern og aluminium har betydd lite for binding av fosforet ved låg pH.

Utvaskingsforsøk har også vist at fosfor bindes svakt i askefattig kvitmosemyr (Sorteberg 1974). Således ble alt fosfor i udyrka og ukalka torv fra Smøla og Åsmyra vasket ut i løpet av ett år. Årsnedbøren var da ca. 700 mm. Etter kalking med CaCO<sub>3</sub> ble 70—90 % av fosforet vasket ut, uten at det kunne påvises noen klar sammenheng mellom tilført kalk og fosfatmengde. I udyrka torvjord på Smøla ble det bare funnet 0,01 mg P pr. l vann, mens grøftevann fra dyrka torvjord i nærheten inneholdt betydelige fosfatmengder. Utnyttingsgraden av fosforet ved svak kalking på myrjord er ellers svært stor sammenlignet med utnyttingsgraden på leirjord. Ødelien og Vidme (1945) fant at poteter tar opp 22—39 % av gjødsel-fosforet på sandholdig til sandrik moreneleire. I langvarige forsøk på leirjord og siltjord fant Uhlen (1956) at avlingene bare tar opp 7—19 % av gjødsel-fosforet.

Sæbø (1969) fant at frysing og tining bidrar til å frigi fosfor fra den faste fasen av en sphagnum fuscum-torv. Årsaken synes å være

at ammoniumioner under frysing konkurrerer med dihydrogenortofosfationer om sure adsorpsjonspunkter. Dette har trolig sammenheng med at ammoniumioner ved hydrogenbroer kan festes til punkter som i ufrosset torv er opptatt av hydrogenbundne  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ioner.

## F. FOSFATBINDINGEN UNDER ANAEROBE FORHOLD

En mulig økning i fosforkonsentrasjonene ved anaerobe forhold i vassjuk jord kan ha sammenheng med reduksjon av tungt løselig treverdige jern til lettere løselige toverdige jern i det jernfosfatet som foreligger innesluttet i oksyder. Li et al. (1972) fant således at ferri-fosfat kunne bli løst under anaerobe forhold i sedimentet på sjøbunnen. Tilsvarende resultat ble påvist av Patrick og Mahapatra (1968) i jord fra rismarker.

Ved Institutt for jordkultur har Uhlen (1974) undersøkt hvordan silosaft som ga anaerobe forhold i jord virket på løseligheten av fosfor. Denne undersøkelsen viste imidlertid at løseligheten av fosfor bare i liten grad ble påvirket av forsøksbehandlingen.

## G. NOEN MÅTER Å BESKRIVE FOSFATBINDINGEN I JORDA PÅ

### 1. Kjemisk potensial

Det har vært prøvd ulike metoder for å kunne beskrive bindingene av fosfor i jord. En måte å gjøre dette på er å beregne ioneaktivitetsproduktene for fosfatløsninger i likevekt med jord, og så sammenligne disse med løselighetsproduktkonstantene for kjente fosfatmineraler. Schofield (1955) antydte at løseligheten av fosfor kunne bestemmes ved dets kjemiske potensial, og etter hvor hurtig potensialet avtar når fosforet fjernes. Han introduserte i 1955 uttrykket fosfatpotensial. Fosfatpotensialet for monokalsiumfosfat er uttrykt slik:  $\frac{1}{2} p\text{Ca} + p\text{H}_2\text{PO}_4$ . Dette potensialet er beregnet ut fra pH og konsentrasjonene av Ca og P. Schofield sammenlignet fosfatpotensialet med vannpotensialet i jord, og mente at fosfatpotensialet til en viss grad skulle kunne gi et uttrykk for fosfortilstanden i jorda på tilsvarende måte som pF er uttrykk for vann-tilstanden. Å få en korrekt bestemmelse av dette fosfatpotensialet er imidlertid ikke så enkelt, fordi fosforet er såvidt lite bevegelig i jord at potensialet kan variere fra sted til sted. Noen forskere har funnet at fosfatpotensialet har gitt en god indikasjon på fosforopptaket i plantene under visse forhold. I mange tilfelle vil andre potensialer i jorda spille større rolle, som f.eks. Al- og Fe-potensialene i jord med lite kalsium (Russel 1961). Semb, Stenberg og Øyen (1965) har for øvrig vist at det ikke er noen særlig god overensstemmelse mellom fosfatpotensialet og plantenes reaksjoner for gjødsling med fosfat.

### 2. Isotopteknikk

Bruk av den radioaktive isotopen  $^{32}\text{P}$  har vist seg å være nyttig for å belyse fosfatforholdene i jorda. Ved hjelp av denne kan en

beregne den såkalte E-verdien, som er et uttrykk for mengden av isotopisk utbyttablett fosfor i jorda. Denne E-verdien finnes ved at en ryster en viss mengde jord med en oppløsning av radioaktivt fosfor, og så bestemmer innholdet av henholdsvis  $^{32}\text{P}$  og  $^{31}\text{P}$  i jord-ekstraktet etter at likevekt er innstilt. Skjematiske kan likevekten mellom jordfosfat og tilført  $^{32}\text{P}$ -merket fosfat fremstilles slik:



Under forutsetning av at det innstiller seg likevekt, vil forholdet mellom den vanlige og den radioaktive isotopen være likt i jorda og i løsningen, som vist her:

$$\frac{^{31}\text{P i jord}}{^{32}\text{P i jord}} = \frac{^{31}\text{P i løsnng}}{^{32}\text{P i løsnng}}$$

Ut fra denne ligningen kan så  $^{31}\text{P}$  i jorda beregnes, da de andre tre uttrykkene er målbare.

Ved hjelp av den radioaktive isotopen  $^{32}\text{P}$  kan en også beregne hvor mye fosfor plantene har tatt opp fra jorda, og hvor mye fra gjødsel. Den prosentdel av fosforet i jorda som er like tilgjengelig for plantene som fosforet tilført med gjødsel, kalles A-verdi eller L-verdi. Den eksperimentelt bestemte L-verdi er som bl.a. vist av Anderson et al. (1961) ikke en konstant verdi for en gitt jord. Den avhenger av forhold som tiden fra innblanding av gjødsel i jorda til høsting av avlingen, og om L-verdien beregnes på grunnlag av en eller flere høstinger. Fosfattype som brukes, størrelsen på forsøkskarene og hvilket planteslag som dyrkes, har også betydning. Holdes disse forholdene konstant i en forsøksserie, ser det ut til at L-verdien gir et godt relativt uttrykk for innholdet av tilgjengelig fosfor i jorda. Semb, Øyen og Steenberg (1965) fant i sin undersøkelse stor og sikker korrelasjon mellom L-verdien på den ene siden og plantenes reaksjon for gjødsling med fosfor på den andre. Hvor mye fosfat plantene kan ta opp fra jorda beror imidlertid i så stor grad på forholdene i det enkelte tilfelle at det aldri kan bli tale om annet enn tilnærmede eller relative uttrykk for det tilgjengelige innhold i jorda.

### 3. Ekstraksjon

En rekke kjemiske ekstraksjonsmetoder er i bruk for å finne eventuell sammenheng mellom ekstrahert fosfor i løsningen ved bruk av ulike ekstraksjonsmidler, og avlingsutslag for ulike fosfatgjødsling.

På bakgrunn av Gaarders påvisning av relasjonene mellom løseligheten av fosfat og pH ble det i 1950-årene introdusert en selektiv ekstraksjonsmetode av Chang og Jackson (1957). De mente at siden ulike fosfatfraksjoner i jorda er ulikt løselige, må fordelingen av disse kunne fortelle noe om tilgjengeligheten av fosfor i jord. De undersøkte følgende fraksjoner:



|  |     |                    |
|--|-----|--------------------|
| Vannløselig fosfat ved ekstraksjon med | 1 N | NH <sub>4</sub> Cl |
| Al-fosfat                              | »   | »                  |
| Fe-fosfat                              | »   | »                  |
| Ca-fosfat                              | »   | »                  |

Fosfat innesluttet i jernoksyder ved ekstraksjon med  $\frac{3}{10}$  M Na-citrat + Na-dithionitt

Med denne fraksjoneringsmetoden er det bl.a. vist at i jord som er dekket av vegetasjon, har aluminiumsfosfat i jorda vist sterkest nedgang i konsentrasjon, noe som tyder på at også Al-fosfat i noen grad kan løses og bli tilgjengelig for plantene.

Til bestemmelse av fosfor i jord med sur reaksjon har det vist seg at ekstraksjon med sure, buffrede acetat- og laktatopløsninger gir god opplysning om tilgjengelig fosfor i slik jord. For kalkrik jord vil ekstraksjon med slike løsninger lett gi et for gunstig bilde av fosfortilstanden. Dette skyldes at kalsiumfosfatene bindes sterkt i jorda når pH er bortimot 8, slik at fosfortilgangen til plantene blir sterkt redusert. Fosformengden som blir ekstrahert med AL-metoden, blir ikke redusert i tilsvarende grad.

Inntil 1960 ble det her i landet brukt den såkalte laktatmetoden for bestemmelse av lettløselig fosfor i jord, en metode utarbeidet av Egner. I 1961 ble Al-metoden tatt i bruk, en noe enklere og arbeidsmessig mer fordelaktig metode.

I norske forsøk har disse metodene vist bedre sammenheng mellom plantenes vurdering av fosfortilstanden enn de fleste andre prøvde metoder, noe som henger sammen med at jorda hos oss er jevnt over på den sure siden av nøytralt punktet. Særlig er sammenhengen god på leirjord, mens den er mer uklar på leirfri jord. (Semb og Uhlen 1955).

## H. SLUTTORD

Selv om fosfat bindes sterkt i mineraljord, er det enkelte ting som i praksis kan gjøres for å gjøre fosfatet mest mulig tilgjengelig for plantene. Det er ved

1) *Kalking og*

2) *Gjødselplassering*

Holdes pH i jorda mellom 6 og 7, vil fosfatfikseringen være på et minimumsnivå. Direkte kontakt mellom gjødselpartikler og jordpartikler fremmer bindingen av fosfor i jorda. For å redusere denne kontakten, kan gjødsla f.eks. plasseres i bånd langs sårådnene. Fosfatgjødsel er gjerne også pelletert eller aggregert for å hindre kontakten med jord.

Fosfatreservene i verden er begrensede, og av varierende renhetsgrad. De mest høgprosentiske fosfatene, som f.eks. Kolafosfat, vil kanskje etterhvert bli vanskeligere å få tak i. Dette vil kunne medføre at det i større utstrekning må tas i bruk fosfatforekomster med et lavere fosforinnhold og gjerne også større innhold av uønskede

stoffer som mange tungmetaller, noe som vil komplisere produksjonen og føre til økede priser på fosfatgjødsla. Ut fra dette er det derfor viktigere enn noen sinne å ta de spesielle bindingsforholdene av fosfor i jorda med i vurderingen ved fosfatgjødsling for å kunne utnytte fosfatreservene på en samfunnmessig og økonomisk fordelaktig måte.

## LITTERATUR

- 1) *Anderson, A., B. Gregers-Hansen and G. Nielsen*, 1961. Determination of the Phosphate Condition of Soils by Means of Radioactive Phosphorus in Pot Experiments. *Acta Agric. Scand.* XI, 270—290.
- 2) *Brady, N. C.*, 1974, *The Nature and Properties of Soils*. Mac Millan Publishing Co., Inc. New York 457—472.
- 3) *Chang, S. C.*, and *M. L. Jackson*, 1957. Fractionation of soil phosphorus, *Soil Sci.* 84, 133—144.
- 4) *Shang S. C. and M. L. Jackson*, 1958. Soil Phosphorus fractions in some representative soils. *J. Soil Sci.* 9 (1) 109—119.
- 5) *Gaarder, T.* 1930. Die Bindung der Phosphorsäure im Erboden. Medd. nr. 14 fra Vestlandets forstlige forsøksstasjon 4 (4), 1—140.
- 6) *Gaarder T.* und *O. Grahl-Nielsen*, 1935. Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. II Untersuchungen aus West-Norwegen. Medd. nr. 18 fra Vestlandets forstlige Forsøksstasjon, 1—107.
- 7) *Hvatum, Ø.* 1975. Kjemisk binding av stoffer i jord. Under trykking i «Vann».
- 8) *Li, W. C., D. E. Armstrong, J. H. D. Williams, R. F. Harris and J. K. Syers*, 1972. Rate and extent of inorganic phosphate exchange in lake sediment. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36, 279—285.
- 9) *Låg, J.*, and *G. Dev*, 1965. Retention of Phosphate by Clay Fractions of Weathered Products from Different Norwegian Rocks. *Acta Agric. Scand.* 15, 25—30.
- 10) *Patric, W. H. Jr.*, and *I. C. Mahapatra*, 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Adv. Agron.* 20, 323—359.
- 11) *Rogers, H. T., R. W. Pearson and W. H. Pierre*, 1940. Absorption of organic phosphorus by corn and tomato plants and the mineralizing action of exo-enzyme systems of growing roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* S, 285—291.
- 12) *Russel, E. W.*, 1961. *Soil Conditions and Plant Growth*. Longmans 1—688.
- 13) *Sample, E. C.*, and *A. W. Taylor*, 1964. Rapid, Nondestructive Method for Estimating Rate and Extent of Movement of Phosphorus from Fertilizer Granules in Soil. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 296.
- 14) *Schofield, R. K.*, 1955. Can a precise meaning be given to «available» soil phosphorus? *Soils and Fertilizers* 18 (5): 373—375.
- 15) *Semb, G.*, 1943. Undersøkelser over fosforsyrens oppløselighet og binding i østnorske jordtyper. *Meld. Norg. Landbr.Høgsk.* 23: 1—145.
- 16) *Semb, G., A. Øyen og K. Steenberg*, 1965. En sammenligning av ulike kjemiske metoder samt isotopmetode for vurdering av innholdet av tilgjengelig fosfor i jorda. *Meld. Norg. Landbr.Høgsk.* 44 (21): 1—19.
- 17) *Semb, G.*, and *G. Uhlen*, 1955. A Comparison of Different Analytical Methods for the Determination of Potassium and Phosphorus in Soil Based on Field Equipments. *Acta Agric. Scand.* 5: 44—68.
- 18) *Sorteberg, A.* 1963. Noen sider ved nitrogen- og fosforhusholdningen i lite omlaget myrjord den første tid etter oppdyrkingen. *Forsk.Fors. Landbr.* 14: 395—420.

- 19) *Sorteberg, A.*, 1974. Avlingsstørrelse og opptak av fosfor hos havre dyrket i torv rik på hvitmose, og utvasking av fosfor fra torv og myrjord. Festskrift for F. Steenbjerg, 179—194.
- 20) *Sæbø, S.*, 1969. On the mechanism behind the effect of freezing and thawing on dissolved phosphorus in Sphagnum fuscum peat. Meld. Norg. Landbr.Høgsk. 48 (14): 1—10.
- 21) *Uhlen, G.*, 1956. Noen langvarige gjødslingsforsøk på Østlandet. Forsk. Fors. Landbr. 7: 33—79.
- 22) *Uhlen, G.*, 1974. The Effect of Silage Effluent on Soluble Phosphorus, Iron, Manganese and Nitrogen Compounds in Submerged Soils. Acta Agric. Scand. 24: 267—272.
- 23) *Ødelien, M.* og *T. Vidme*, 1945. Lysimeterforsøk på Ås 1938—43. Meld. Norg. Landbr.Høgsk. 29: 1—90.

## GRASHØSTING PÅ MYR

*Utdrag av foreløpig melding om forskningsprosjektet «Flyteevne».*

Av Arne Hilmersen og Håkon Gihle Raddum,  
Landbruksteknisk Institutt, Ås.

(Etter Vestlandsk Landbruk nr. 12 — 1976).

En stor del av grasavlingene i Norge høstes ved hjelp av traktor med slaghøster med syretilsettingsutstyr. I flattere terreng transporteres graset til siloen med tilhenger, mens bæretransport (Vossakasso) er aktuelt i bratt terreng. Vi har imidlertid store myrområder i Norge, og bruken av standard høsteutstyr har tildels ført med seg store problemer med kjøreskader og avlingstap. I en del tilfeller har det vært så bløtt at høsting ikke har vært mulig. Det norske myrselskap beregnet i 1971 det dyrkede myrarealet til ca. 1,5 mill. dekar eller ca. 1/6 av det totale jordbruksarealet. Disse områdene ligger i det alt vesentlige langs kysten og i fjellbygdene, og gras er vanligvis en av de få eller den eneste nytteveksten som med fordel kan dyrkes. Det er derfor meget viktig at denne produksjonen opprettholdes og helst økes. En av forutsetningene for dette er at det finnes hensiktsmessige høstesystemer ferdig utviklet til bruk på myr.

Ved kjøring på myr må en passe sædlig godt på at det spesifikke marktrykket blir lite og at grastorva behandles så skånsomt som mulig. Skarpe ribber og kanter på hjul kan f.eks. medvirke til at hjulet skjærer seg gjennom, og maskinen blir sittende fast. Dette reduserer arbeidsytelsen pr. dag drastisk og, vel så viktig, ødelegger gjenveksten for mange år framover.

Målsettinga for arbeidet med høstesystemer egnet for bruk i myrområder er derfor å komme fram til metoder og utstyr som har god flyte- og framkomstevne samtidig som kapasiteten er tilstrekkelig for god ensilering.