

Virkingen av fullgjødsel, superfosfat og halmnedpøying på behovet for kalking.

The effect of complex NPK fertilizers, superphosphate and of ploughed in straw upon the lime requirement.

Av Gotfred Uhlen

I følge oppgave fra Norske Felleskjøp ble siste år over 90 prosent av N-mengden og nesten hele P og K-mengden i kunstgjødsel tilført i fullgjødsel.

Fullgjødsel D svarte for hele 37 % av N-forbruket i kunstgjødsel på landsbasis.

Fullgjødsel er meget konsentrert kunstgjødsel med minst mulig av såkalte ballaststoffer. Særlig er kalsiuminnholdet lite, og kan av flere grunner vanskelig økes. Det viktigste for virkingen på kalktilstanden er imidlertid nitrogenformen. I norsk fullgjødsel utgjør ammoniumforbindelser ca. 55 % og nitrater 45 % av nitrogeninnholdet.

Ammoniumionene vil under gunstige temperaturer og fuktighetsforhold i jorda relativt raskt nitrifiseres. Dette kan uttrykkes slik:



For hver ammoniumion som nitrifiseres dannes 2 hydrogenioner. For å nøytralisere disse trenges et molekyl CaO, Ca(OH)₂ eller CaCO₃. Holder vi oss til CaO med molekylvekt 56 vil det si at for hvert kg N som ammonium (N atomvekt 14) behøves 4 kg CaO.

Fullgjødsel D 20-5-9, som i det følgende nyttes som eksempel, inneholder 11 % NH₄-N og 9 % NO₃-N. Pr. 100 kg

D vil etter full nitrifisering medgå 44 kg CaO. Nå inneholder fullgjødsel noe diammoniumfosfat og dikalsiumfosfat som tilført sur jord kan gi en liten pH-hevning, i hvert fall relativt i forhold til monoammoniumfosfat. Denne effekten dreier seg likevel bare om et par kg CaO beregnet pr. 100 kg fullgjødsel D.

Vi får derfor at den maksimale kalkbelastning av 100 kg fullgjødsel D tilsvarende 44-2=42 kg CaO. Dette er den effekt en vil få etter full nitrifisering og uten at noe av nitrogenet tas opp av plantevekst, andre organismer eller undergår omsetninger i jorda. Under våre klimaforhold vil overskudd av nitrater vaskes nedover, og vil føre til tap av ekvivalente mengder av kationer som Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺. Det blir med andre ord en belastning på jordas innhold av baser.

Med plantevekst og næringsopptak.

Plantene vil med sitt næringsopptak modifisere den sure virkning av nitrifisert ammonium.

Nitrogen er det næringsstoff som plantene tar opp i størst mengde fra jorda, i hvert fall om en regner på ekvivalentbasis.

Dersom plantene bare har tilgang på ammonium, som jo er fullt nyttbar for plantene, finner vi at det må tas opp

langt mere av kationer ($\text{NH}_4^+ + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) enn anioner

(i 1. rekke Cl^- , SO_4^{--} og H_2PO_4^-).

Plantene må derfor for å tilfredsstille aksiomet om den elektrokjemiske nøytralitet, dvs. balanse mellom + og -ioner, skille ut store mengder H^+ i bytte for kationoverskuddet. Disse H^+ -ioner kan skaffes tilveie fra de opp-tatt NH_4^+ , men sluttresultatet blir en sur effekt i rotmiljøet, vi sier at ammoniumnitrogen virker fysiologisk surt.

Dersom plantene bare får tilgang på $\text{NO}_3\text{-N}$ blir resultatet noe i motsatt retning av det som er beskrevet for NH_4 ernæring i det NO_3^- har en fysiologisk basisk virkning. Nitrat som opp-tas i plantene blir redusert til NH_3 og det blir dannet OH -grupper. Disse kan reagere med CO_2 til bikarbonat HCO_3^- som skilles ut f.eks. i bytte med nitrater eller de kan bli nøytralisert av organiske syrer som plantene produserer i større mengder ved NO_3^- enn ved NH_4^+ -ernæring. (Ulrich, 1941, Jungk, 1967). Også inne i plantene må det være elektrokjemisk likevekt, dvs. like mye av + og -ioner.

Nitratopptak medfører gjerne økt opptak av kationer (Cunnigham, 1965, Kirkby, 1968) mens en tilsvarende skulle vente at anionopptaket, f.eks. av fosfationer, lettes ved NH_4^+ -ernæring. Holder en nitrogen utenfor beregningen, vil det som oftest være tatt opp mer kationer enn anioner i plantene. Dersom dette kationoverskudd eller baseoverskudd = $\text{K} + \text{Na} + \text{Mg} + \text{Na} \div (\text{P} + \text{Cl} + \text{S})$ på ekvivalentbasis er like stort som opptatt N ved utelukkende opptak av N i nitratform, så vil den fysiologisk basiske effekt av nitrat helt utebli. For de fleste vekster er imidlertid dette forholdet mindre enn 1 (Pierre et al, 1970, Pierre and Banwart, 1973, Banwart and Pierre, 1975), dvs.

nitratopptak gir en fysiologisk basisk effekt.

I tabell 1 er forsøkt å beregne opp-tatt overskudd base over N med grunnlag i noen norske analyser. En har imidlertid lite av analyser for stoffer som Cl og Na m.fl. i plantemateriale. Tallene er fra et forsøksfelt ved NLH i årene 1972—76. En har bare ett års resultat for formargkål og forraps, og avlingene var også relativt små for disse vekster. Resultatet fra denne ene lokalitet stemmer likevel bra med de tall som er referert av Pierre og medarbeidere, dvs. relativt høye verdier av baseoverskudd/N for tofrøbladede vekster og lave verdier for planter av grasfamilien. Det vil si at dyrking av tofrøbladede vekster, og f.eks. også kløver, skulle medføre noe større belastning på kalktilstanden i jorda enn korn og gras. For belgvekster, som kløver, kan nitrogenet være tatt fra luft ved symbiotisk N-fiksering. Overskudd av baser er tatt fra jorda, slik at resultatet blir en forsurende effekt som påvist av Nyatsanga og Pierre (1973). En merker seg at nitrogenopptaket i kornet ikke er fulgt av tilsvarende opplagring av baser. K, Ca, Na (og f.eks. Cl) finnes hovedsakelig i halmen, mens kornet inneholder ifølge mange analyser storparten av kornplantenes N- og P-innhold, halvparten av S, og noe mindre enn halvparten av totalt Mg i overjordisk avling. Når en skal vurdere virkningen av gjødsling på kalkbehovet må en imidlertid regne på forholdet mellom meropptatte næringsstoffer fra gjødsla og ikke totalopptaket som i tabell 1. Dette synes, som vist seinere, å medføre mindre tallverdier for baseoverskudd/N-forholdet.

Av tabell 1 ser vi at om vi forutsetter at plantene bare er henvist til nitrat-N, så vil det overveiende bli en fysiologisk basisk virkning av plantevekst.

Tabell 1. Opptatt baseoverskudd i forhold til N (m.val.) og beregnet effekt av plantevekst på kalktilstand (i kg CaO/dekar).

Vekst	Tørr avling kg/daa	Baseoverskudd		Kg CaO/dekar	
		N	I	I	II
Korn	300	0,01	} 0,29	+ 9,5	} +9,0 — 3,7
Halm	300	1,20		— 0,5	
Poteter	2500				
	(rå avling)	0,51		+ 9,0	— 9,4
Forraps	300	0,58		+ 7,9	—10,8
Formargkål	600	0,98		+ 0,3	—15,3
Kløver	300	0,87		+ 2,2	—14,2
Timotei	600	0,41		+11,6	— 8,1
Graseng	850	0,38		+15,5	— 9,5

I Forutsatt alt N opptatt som nitrat
 II Forutsatt 50 % N opptatt som nitrat
 og 50 % N opptatt som ammonium

Forutsetter en derimot at halvparten av plantenes N-opptak er som NH_4^+ , blir den beregnede effekt av plantevekst på kalktilstanden klart negativ. Dette viser at den sure effekt av ammonium er større enn den basiske effekt av nitrat ved opptak av planter. Det er som vist et større eller mindre baseoverskudd i opptak (når en ser bort fra nitrogen) og dette vil gi plass for opptak av tilsvarende mengder NO_3^- uten at det skjer utskillelse av HCO_3^- (eller OH^-). Det må tilføyes at tallene i tabellen kan være noe misvisende i det en her ikke har kunnet ta hensyn til at opptaket av baser sannsynligvis vil være større ved bare NO_3^- -opptak enn ved opptak av like mengder NH_4^- og NO_3^- -N. En kjenner ikke til hvilke forhold det har vært mellom NH_4^+ - og NO_3^- -opptak i forsøkene. Nitrogen var tilført i kalkammonsalpeter i årene 1972—75 og i fullgjødning D i 1976.

Framgangsmåter for beregning av kunstgjødslas virkning på kalkbehovet.

A. $\text{NH}_4^-/\text{NO}_3^-$ -forholdet i gjødsla.

Ut fra innholdet av NH_4^- og NO_3^- -N i gjødsla, antatt nitrifiseringsgrad av tilført NH_4^+ og utnyttelse av nitrogen,

opptatt som NO_3^- eller NH_4^+ , kan en gjøre alternative beregninger av den sure effekt av f.eks. fullgjødning (Nømmik 1966, Uhlen 1970). Som nevnt ovenfor, er det som oftest et baseoverskudd ved plantenes opptak når N holdes utenfor. Nømmik satte derfor den fysiologisk sure virkning av ammonium til 2 kg CaO/kg N, mens han bare regnet med 1 kg CaO/kg N i fysiologisk alkalisk virkning av opptatt NO_3^- -N. I tabell 2 er gjort alternative beregninger, dels ved å gå ut fra + 2 kg CaO og dels + 1 kg CaO pr. kg opptatt NO_3^- -N. For opptatt NH_4^- -N er i alle tilfelle regnet med ÷ 2 kg CaO/kg N (d.v.s. 1H^+ ut for hver NH_4^+ opptatt). Med utnyttelsesgrad er her regnet med opptak i planter, over- og underjordiske organer og også konsumert av jordmikroorganismer. Jolley og Pierre (1977) antar at N opptatt av mikrofloraen ikke følges av baseopptak. I så fall skulle NO_3^- -N forbrukt av mikroorganismer på kort sikt ha full fysiologisk basisk effekt og komme i samme stilling som denitrifisert NO_3^- -N. Hiltbold og Adams (1960) refererer en ligning for denitrifikasjon som gir en OH^- for hvert denitrifisert NO_3^- . Som påpekt av bl.a. Bertilsson (1975) er forutsetningen for å få redusert den sure effekt av nitrifisert N

ved denitrifikasjon at den sistnevnte prosess virkelig foregår i ploglaget. En reduksjon og pH-stigning i de dypere lag har mindre konsekvenser for det aktuelle kalkbehov.

Det kan også nevnes at dersom ammonium settes lik $\div 2$ kg CaO/kg N og nitrat til $+ 2$ kg CaO skulle sluttresultatet, som beregnet av Bertilsson

(1975) være uavhengig av om det opptatte N er nitrifisert NH_4 ($\div 4 + 2$) eller tatt opp direkte ($\div 2$). Imidlertid vil som nevnt også forholdet mellom opptaket av de øvrige $+$ og \div -ioner være avhengig av N-formen. Videre er det spørsmål om skjebnen til det overskytende N i jorda.

Tabell 2. Beregnet negativ kalkvirkning (\div kg CaO) av 100 kg fullgjødelse D.

Nitrifiseringsgrad	100 %						50 %	
	80	80	80	80	60	60	80	80
Utnyttelsesgrad								
Denitrifisering	0	0	20	20	20	20	0	0
Utvasking	20	20	0	0	20	20	20	20
Kg CaO/kg $\text{NO}_3\text{-N}$	$+ 1$	$+ 2$	$+ 1$	$+ 2$	$+ 1$	$+ 2$	$+ 1$	$+ 2$
Kg CaO	$\div 26$	$\div 10$	$\div 18$	$\div 2$	$\div 22$	$\div 10$	$\div 17$	$\div 6$
Kg CaO/kg N	1,3	0,5	0,9	0,1	1,1	0,5	0,8	0,3

B. Sluismans formel.

Etter denne formel (Sluismans 1970) tas hensyn til alle salter, ioner, tilført i vedkommende gjødselslag. En regner om etter ekvivalentvekter til CaO, $+$ for kationer og \div for anioner. Et unntak gjøres for N som går inn med negativ verdi uansett form. D.v.s. at også ammoniumioner gis en negativ verdi, her riktignok satt til 1 kg CaO pr. kg N for åpen åker og 0,8 for eng p.g.a. bedre utnyttelse i siste tilfelle. Kalksalpeter vil få positiv verdi da Ca går inn med full $+$ -verdi og nitrat med redusert minusverdi som angitt ovenfor for ammonium.

En beregning av den sure virkning av 100 g fullgjødelse D etter denne formel vil gi $\div 21$ kg CaO for åpen åker og $\div 17$ kg for eng, m.a.o. disse verdiene ligger innenfor den variasjonsbredde som oppgitt i tabell 2.

C. Totalt tilført \div opptatte stoffer tilført i gjødsela.

Svanberg (1973) har i likhet med Pierre et al. (1970) utført beregninger der en i tillegg til de tilførte stoffer tar hensyn til hva plantene har tatt opp. Svanberg tar imidlertid utgangs-

punkt i det totale opptak i en viss avling, altså ikke bare de opptatte ioner fra gjødelse. Videre bruker han samme prosentisk innhold selv om han setter inn ulike avlingsnivåer.

I tabell 3 er gjengitt noen tilsvarende beregninger basert på de oppnådde meropptak fra gjødelse (differanseberegning mellom med og uten gjødsling) for det før nevnte flerårige forsøk på Ås. Utnyttelsesgraden av tilført N var svært liten disse 3 årene p.g.a. tørke og redusert avling. En har lagt til en stor del for opptak i røtter og mikrobesubstans og regner samtidig med et mindre ekstra opptak av baser. Virkningen av en eventuell denitrifikasjon i matjordlaget vil bli den samme som av opptak av $\text{NO}_3\div$ uten samtidig opptak av kation. Med den målte utvasking i løpet av 3 år og en tydelig rest av $\text{NO}_3\div$ i sjiktet ned til 1 m (Uhlen 1978) blir det balanse i N-regnskapet, såvel som i Cl-regnskapet, i tabell 3.

Bare siste år ble brukt fullgjødelse D. En har imidlertid sett bort fra de noe større tilførsler av Ca (og S) de to første år, da det viser seg at disse stoffene er tatt opp i beskjedne meng-

der uansett tilførsel. For Mg og Na er tilførselene omtrent like små ved bruk av fullgjødning som av kalkammonsalpeter + kalisuper. I det hele er det

resten av N og tildels Cl og P som gir utslag ved en slik beregning for fullgjødning D.

Tabell 3. Kalkbehov beregnet ut fra ikke utnyttet næringsstoff (Fullgjødseltype). Vårkorn 1974—76.

	Gjødselmengde 1				Gjødselmengde 2			
	N	P	Cl	K	N	P	Cl	K
Tilført kg/daa/år	10,8	3,3	6,5	6,5	16,7	4,9	12,3	14,3
i avling ¹⁾	3,6	0,3	2,5	3,5	4,9	0,4	3,2	5,1
Røtter + mikrobe- substans m.m. ²⁾	(3,6)	(0,3)	—	(1,7)	(4,9)	0,4	—	(2,5)
Rest kg/daa/år	3,6	2,7	4,0	1,3	6,9	4,1	9,1	6,7
Utvasket ¹⁾	1,9	0	3,8	0	4,7	0	8,8	0
Kalkbehov ³⁾ kg CaO	÷11,2 kg. Pr. kg N = 1 kg				÷19,1 kg. Pr. kg N = 1,1 kg			
Kalkbehov (÷P) kg CaO	÷ 8,7 kg. Pr. kg N = 0,8 kg				÷15,5 kg. Pr. kg N = 0,9 kg			

¹⁾ Funnet i forsøket. Middell 3 år.

²⁾ Antatte tall.

³⁾ Rest anion (også N) ÷ rest kation uttrykt som CaO/daa/år.

Den noe tilnærmede beregning i tabell 3 gir, som en ser, tall som svarer bra til de som er referert foran pr. 100 kg fullgjødning D. Det bør tilføyes at resten av N i disse forsøkene, som skal omfatte utvasking og nedvasket NO₃-N er stor. Ved en høgere, og vel mer vanlig, total utnyttelse av N, blir kalkbelastningen av fullgjødning mindre.

I tabellen er også gitt en alternativ beregning uten P. Det virker ikke sannsynlig at det ikke utnyttede fosforet skal virke forsurende da disse ionene ikke er gjenstand for nedvasking i mineraljord. Fosforionene kan legge beslag på f.eks. Ca-ionene, men de kan på den annen side også medføre frigjøring av OH-grupper. Det er derfor visse grunner for å bruke forholdet mellom restanioner av sterke syrer og kationer ved vurdering av totaleffekten av tilført gjødning på pH og kalktilstand. En slik beregning er referert i nederste linje i tabell 3.

D. Forsøksresultater.

Som det går fram av eksemplene foran, vil en beregning av f.eks. full-

gjødsels forsurende virkning på teoretisk basis være beheftet med usikkerhet. En må derfor i siste omgang bygge på empiriske data skaffet tilveie ved jordanalyser fra forsøk med fullgjødning. Det norske forsøksmaterialet er ikke stort. En har ved forsøksvirksomheten først og fremst tatt sikte på å måle behovet for enkelt næringsstoffer. De forsøk som er utført med stigende mengder fullgjødning har ofte vært enkle, praktiske forsøk uten oppfølging med jordundersøkelser. En landsomfattende serie er i gang og jordprøver tatt ut etter 4 til 6 år viser klar nedgang i pH og Ca-metning ved bruk av fullgjødning sammenlignet med blandingsgjødning (Aasen 1977). Nedgangen, i hvert fall for 2—3 felter i ensidig korn, synes likevel å være noe mindre enn det som svarer til 1 kg CaO pr. kg N (eller 20 kg CaO/100 kg fullgjødning D).

På Sør- og Vestlandet er gjennomført 31 flerårige forsøk med stigende mengder fullgjødning F 16-3-15 til eng. (Lotsberg 1977). Ved avslutning er i jordprøver bestemt pH, Ca-Al, Mg-Al, K-Al etter årlig gjødsling med 20, 28 og

36 kg N i fullgjødning. Endringene i Ca (nedgang), Mg og K (svak oppgang) etter bruk av stigende mengder F-gjødsel svarer til 0,5 kg CaO pr. kg tilført N for første dose (28—20 kg) og 0,9 kg CaO for største dose. Det er da regnet med 200 tonn tørr jord pr. dekar, og Mg og K i jorda er regnet om til Ca etter ekvivalentvektene. Jord har bufferevne mot endring i pH og basemetningsgrad ved syrebelastning. Dette kan medføre at virkningen av f.eks. fullgjødning ikke slår ut kvantitativt i ombyttable baser. Tilsvarende kan mengden av kalk som behøves for å oppnå en viss økning i basemetning i marka undervurderes ut fra laboratoriebestemmelser. For å måle kalkbelastningen bør en derfor ha både varierende mengder av fullgjødning og av kalk på samme forsøksfelt.

Ved forsøksstasjonen Bulstofta i Sverige er utført omfattende forsøk vedrørende virkningen av svensk fullgjødning på jordens kalkbehov (Bertilsson 1975). I forsøkene med korn som forsøksvekst har forsurningen av fullgjødning utgjort 50—70 % av den teoretiske verdien når denne ble beregnet etter Nømmiks fremgangsmåte. Den svenske fullgjødning virker noe mer forsurende pr. kg N enn den norske p.g.a. større andel av total-N som ammonium. Som vi har sett tidligere, viser de fleste beregninger at kalkbelastningen av norsk fullgjødning skulle være av størrelsesordenen 1 kg CaO/kg N. Ut fra de svenske erfaringer og som nevnt også ut fra de få norske forsøksresultater, kan det være grunn til å sette kalkbehovet ved bruk av norsk fullgjødning til korn til ca. 0,5 kg CaO/kg N istedet for 1 kg CaO. Brukt i rimelige mengder til eng med hovedsaklig grasarter skulle ikke kalkbehovet av fullgjødning behøve å bli større enn som for korndyrkning. Det er lettere å oppnå stor utnyttingsgrad og dermed mindre utvasking av tilført

N på eng enn åpen åker. Kalkbelastningen av fullgjødning vil være størst ved dyrking av tofrøbladete åpen åkervekster, da disse har et stort baseoverskudd i forhold til N-opptak.

Virkning av store gjødselmengder.

Ved økende tilførsel av N i fullgjødning slik at utnyttingsgraden reduseres og utvaskningen økes, vil belastningen på kalktilstanden øke. Dette kan kanskje i noen grad bli motvirket om forholdet baseoverskudd/N minker sterkt med store tilførsler. Ved stort opptak av N i plantene vil dette forholdet minke selv om opptak av N som NO_3^- gjerne følges av økt opptak av kationer, særlig av K. I følge den såkalte Ben Zioni-Lips modell (Lips m.fl. 1971) vil K^+ og NO_3^- tas opp og transporteres til de overjordiske deler. Her vil NO_3^- reduseres og nyttes i oppbygningen av organisk stoff samtidig med akkumulering av organiske syrer. K^+ og den organiske syrestoffet (malat) transporteres så tilbake til røttene, der den organiske anion brytes ned og HCO_3^- kan skilles ut i bytte med NO_3^- , mens K-ionet resirkulerer sammen med det opptatte nitraten. Denne modellen synes å ha mest for seg for enfrøbladete. Som påpekt også av Miniotti m.fl. (1968) skal det være ved transporten inne i plantene, mer enn ved selve opptaket, at K^+ og NO_3^- virker sammen (synenergisk).

Ved gjødsling til eng med kløver kan dessuten det forhold at kløvermengden reduseres føre til at innholdet av baser i avlingen ikke øker i takt med N-innholdet. Med utgangspunkt i kjemisk sammensetning og avlingsmengde for 40—50 forsøk med stigende gjødselmengder (fullgjødning A + kalksalpeter) til eng fra hele landet (Pestalozzi og Retvedt 1959) er forsøkt å beregne overskuddsopptak av base over N. Hele 70 % av tilført N var opptatt i over-

jordisk avling (bortsett fra N i kløver) og praktisk talt 100 % av tilført K var tatt opp. For C1, som ikke var bestemt,

har en skjønnsmessig regnet med 60 % av tilført opptatt i avlingen. Resultatet vises nedenfor:

	Baseoverskudd	(m. val.
	N	i avling)
Ugjødsløst	0,92	
90 kg fullgj. A } pr. dekar	0,52	
+ 37 kg kalksalp }		
Meropptatt ved gjødsling	0,22	

Selv med en viss usikkerhet i opptaket av noen stoffer, er det klart at forholdet baseoverskudd/N avtar sterkt ved gjødsling til eng og at meropptaket fra gjødsla har et lavt baseoverskudd/N forhold. Dette siste skyldes delvis at kløvermengden ble redusert ved gjødsling. Slike forhold kan forventes å redusere den sure effekt av fullgjødsling. På den annen side antyder resultatene fra de nye forsøk på Sør- og Vestlandet med svært store gjødslingsmengder (Lotsberg 1977) at belastningen på jordas kalktilstand er blitt størst ved største gjødslingsdose. Dette kan henge sammen med dårlig utnytting og stor utvasking ved gjødsling med hele 36 kg N/daa/år.

Virkning av halmnedpløying.

I den svenske rapporten (Bertilsson 1975) er regnet med at virkningen av av fullgjødsling på pH blir mindre om halmen pløyes ned. Det samme antydes av Pierre og Banwart (1973). Forutset-

ningen for at halm skal virke positivt er imidlertid at

$$\frac{\text{baseoverskudd}}{\text{N-innhold}} > 1 \text{ i halmen,}$$

og videre er forutsetningen for å kreditere fullgjødsla en slik virkning at opptatte baser ÷ anioner (utenom N) fra gjødsla er større enn meropptatt N i halmen. I det eksemplet som ble vist i tabell 2, fant en baseoverskudd/N på 1,2 for halm. Regner en på meropptatte stoffer blir imidlertid forholdet bare 0,7 i dette tilfellet. Et annet spørsmål er hvordan økt nedbrytning av karbohydrater, med produksjon av CO₂, virker på pH. I hvert fall for jord med noe høyere pH (> 6—6,5) kan det tenkes at en økt CO₂-produksjon fører til tap av metallkationer ved økt nedvasking av bikarbonationer.

Når det gjelder virkningen av halmnedpløying har vi nøyaktige pH-bestemmelser fra noen langvarige forsøk ved NLH. I to forsøk var pH ikke tydelig påvirket av årlig halmnedpløying, i

Tabell 4. pH i jord etter langvarig halmnedpløying.

	Forsøk A (10 år)	Omløpsforsøk (20 år)			
		pH (H ₂ O)		pH (0,01 molar CaCl ₂)	
		I	II	I	II
Halm fjernet	5,40	5,90	5,75	5,07	4,98
Halm nedpløyd					
350 kg/daa/år	5,40	5,86	5,78	5,08	5,01
Antall prøver	32	48	48	48	48
LSD		0,12		0,08	

I. Omløp med bare vårkorn. II. Korn-potetomløp.

henholdsvis 20 og 10 år. Gjødslingen har vært lik for ruter med og uten halmnedpløying (kalkkammon- eller kalksalpeter + PK-gjødsel).

Det kan nevnes at norske forsøk av 30—50 års varighet tyder på at heller ikke vanlige mengder husdyrgjødsel har hatt noen særlig effekt på pH eller kalktilstand i jorda. (Jetne 1974, Uhlen 1976).

Virkningen av fosforgjødsling på pH og kalktilstand.

Mange undersøkelser har vist at vanlige mengder superfosfat ikke har hatt noen særlig virkning på jordas pH. I forsøk på Ås var pH ikke endret som en følge av gjødsling med 8—24 kg superfosfat årlig i 25—30 år. (Tabell 5). I forsøk på Møystad var pH heller ikke entydig påvirket av gjødsling med 20

Tabell 5. Virkning av superfosfat i langvarige forsøk.

Ås 1939—68:

Kg superfosfat (8 %) årlig	0	8	16	24
pH i 1962	6,0	5,9	6,0	5,9
pH i 1968	5,9	5,8	5,8	5,9

Møystad 1922—76:

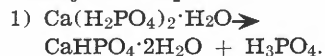
		Felt F		Felt E		
Forsøksledd	Uggjødsla	P	NPK	Uggjødsla	NK	NPK
pH i 1970	6,2	6,3	6,3	6,3	6,4	6,2
pH i 1976	6,3	6,3	6,35	6,3	6,4	6,2

kg superfosfat gjennom 50 år (Jetne 1974).

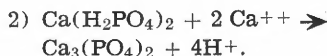
En faktoriell beregning for begge felt (F og E) under ett viser ingen pH-effekt etter årlig gjødsling med ca. 20 kg superfosfat i perioden 1922—1976.

Fosfor tilført som $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ kan medføre i hvertfall en temporær sterk pH-senkning rundt fosfatkornene. Fosfationene kan, særlig ved noe høyere pH, felles ut i form av mer Ca-rike forbindelser. Ståhlberg (1974) fant at store mengder superfosfat blandet inn i jord resulterte i stor titerbar asiditet. Sorteberg og Dev 1964 fant at store mengder $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ senket pH i sterkt kalket myrjord, men var nærmest uten pH-effekt i sur myrjord.

Fra Brady 1974 gjengis følgende tre reaksjonsforløp:

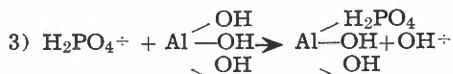


Dette kan gi $\text{pH} < 2$ rundt gjødselkornene.



Det kan også dannes andre enda mindre løselige Ca-fosfater.

Imidlertid kan fosfater tilført jord også medføre en ombyttingsalkalitet, f.eks.:



Tilsvarende reaksjon (3) vil en kunne ha med jernhydroksyder.

I et laboratorieforsøk med sur sandjord fant en ved Institutt for jordkultur følgende pH-tall, en uke etter innblanding og oppfukning (ingen nitrifisering).

	Uten kalk	Med kalk
a Kontroll, KCl	4,7	5,6
b + $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ tilsv. 33 kg P/daa	4,9 (4,2)	5,8
c + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ tilsv. 33 kg P/daa	5,4 (8)	6,2
d + KH_2PO_4 tilsv. 33 kg P/daa	4,9 (4,3)	
e + $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ tilsv. 33 kg P/daa	4,6 (3,1)	
f + superfosfat 9 % (+ fri syre)	4,4 (2,5)	

Ikke bare diammoniumfosfat, men også monoammoniumfosfat og kaliumdihydrogenfosfat resulterte i pH-økning. Kalsiumdihydrogenfosfat ser derimot ut til å ha virket noe i forsurenende retning. Tallene i parentes er pH når gjødselslagene ble oppslemmet eller oppløst i rent vann uten jordtilsetning. Uansett hva effekten består i f.eks. om en eventuell OH^- utbygging er blitt oppveid av en ekstra sur effekt av Ca-dihydrogenfosfat (og superfosfat), må en kunne si at resultatene for denne jordtypen viser at fosforgjødselslagene har virket forskjellig inn på pH. Også monoammoniumfosfat har medført pH-økning og ikke, som ventet, en pH-senkning. I fullgjødsel foreligger fosforet som mono- og diammonfosfat og en mindre del som dikalsiumfosfat. I de forsøk der en har målt den forsurenende effekt av fullgjødsel i jord kan et eventuelt bidrag fra fosforforbindelsene selvsagt ikke skilles ut fra virkningene av nitrogenet.

SAMMENDRAG

Den forsurenende virkning på jorda ved bruk av norsk fullgjødsel synes, vurdert ut fra forskjellige beregningsmåter, å være av størrelseorden 1 kg CaO pr. kg tilført N. Den varierende skjebne tilført N kan ha i jorda, omfang av f.eks. denitrifikasjon og N-assimilasjon, gjør slike beregninger usikre.

Vurdert ut fra forandringer i jordanalysefall, basemetning, synes kalkbelastningen av fullgjødsel å ha vært noe mindre enn 1 kg CaO/kg N i norske forsøk i eng, så vel som i svenske forsøk i korn (0,5—1 kg CaO/kg N).

Årlig gjødsling med superfosfat har ikke forandret jordas pH i norske langvarige forsøk (30—50 år). Videre har 10 og 20 år med halvnedpøying vært helt uten virkning på pH i de uttatte jordprøver.

SUMMARY

The acidifying effect on soil caused by the use of Norsk Hydro's complex NPK fertilizers* was, assessed by different calculation methods, found to be approximately one unit CaO per

added unit N. However, the varying fates of the N added to soil (magnitudes of denitrification, N-assimilation by microorganism, as well as of the downward transport) will make such calculations somewhat uncertain.

Based upon changes in soil analytical figures, principally base saturation percentages, from field experiments with small grain and on grassland, the acidifying effect of the complex NPK-fertilizers seemed to be somewhat less, i.e. from .5 to 1 kg CaO per kg N. Such effects can, however, due to varying buffer capacity of soils, be exactly determined only if the field experimental setup comprises different levels of lime as well as of fertilizer applications.

In Norwegian long term experiment of 30—50 years duration, annual applications of moderate rates of superphosphate did not bring about measurable changes in the soil pH. Annual ploughing in of the cereal straw for 10 or 20 years did not increase soil pH as compared to removals of the straw.

* 55 % $\text{NH}_4\text{-N}$ and 45 % $\text{NO}_3\text{-N}$ of the total-N.

LITTERATUR

- Banwart, W. L. and W. H. Pierre 1975. Cation-anion balance of field grown crops. I. Effect of nitrogen fertilization. *Agron. J.* 67, 14—19.
- Bertilsson, G. 1975. Gödslingen och markens pH-värde. *Supra-Referensen* Nr. 2. 41 s. Landskrona.
- Brady, N. C. 1974. The nature and properties of soils. 8 ed. 462—467.
- Cunnigham, R. H. and A. Karim 1976. Cation-anion relationships in crop nutrition. *J. agric. Sci.* 64, 229—233.
- Hiltbold, A. E. and F. Adams 1960. Effect of nitrogen volatilization on soil acidity changes due to applied nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24, 45—47.
- Jetne, M. 1974. Langvarige gjødslingsforsøk på Statens forskningsstasjon Møystad. *Forskn.fors.landbr.* 25. 519—536.
- Jolley, von D. and W. H. Pierre 1977. Soil acidity from long term use of nitrogen fertilizers and its relationships to recovery of the nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 368—373.
- Jungk, A. 1967. Einfluss von Ammonium- und Nitrat-Stickstoff auf das Kationen-, Anionen-, Gleichgewicht im Pflanzen und seine Beziehung zum Ertrag. *Landw. Forsch. Sonderh.* 21, 50—63.
- Kirkby, E. A. 1968. Ion uptake and ionic balance in plants in relation to the form of nitrogen nutrition. In *Rorison(ed): Ecological aspects of the mineral nutrition of plants.* 215—235. Blackwell Sci. Publ. Oxford.
- Lips, S. H. and A. Ben Zioni 1971. K-recirculation in plants and its importance for adequate nitrate nutrition. *Recent Advances in Plant Nutrition.* Ed. R. M. Samish 207—215.
- Lotsberg, R. 1977. Forsøk med stigende mengder og ulik fordeling av fullgjødsel F 16-3-15 til eng på Sør- og Vestlandet. *Forskn.fors.landbr.* 28, 615—630.
- Miniotti, P. L., D.C. Williams and W. A. Jackson 1968. Nitrate uptake and reduction as affected

- by calcium and potassium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32, 692—698.
- Nyatsanga, T. and W. H. Pierre* 1973. Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity. *Agron. J.* 65, 936—940.
- Nömmik, H.* 1966. Kvävegödselmedlens inverkan på markens pH. *Växtnäringsnytt* 22, 14—19.
- Pestalozzi, M. og K. Retvedt.* Forsøk med store kunstgjødselsmengder til eng 1948—1952. *Forskn.forsk.landbr.* 10, 315—412.
- Pierre, W. H., J. Meisinger and J. R. Birchett.* Cation-anion balance in crops as a factor in determining the effect of nitrogenfertilizers on soil acidity. *Agron. J.* 62, 1970. 106—112.
- Pierre, W. H. and Banwart, W. L.* 1973. Excess base and excess base/nitrogen ratio of various crop species and parts of plants. *Agron. J.* 65, 91—96.
- Stuijmsmans, C. M. J.* 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Zeitschr. Pfl. ernähr. Bodenk.* 126, 97—103.
- Ståhlberg, S.* 1974. Några problemställningar rörande kalkning och gödsling jämte kalktitrering av sura fosforgödselmedel. Statens lantbrukskemiska laboratorium. *Medd.* 43, Uppsala 1—12.
- Sorteberg, A. and Dev.* 1964. Effect of liming peat soils on the availability of applied phosphate to plants. *Acta Agric. Scand.* XIV:4, 307—314.
- Svanberg, O.* 1973. Handelsgödselens inverkan på markens kalktillstand vid fältmässig växtodling. Statens lantbrukskemiska laboratorium. *Medd.* 39, Uppsala 1—16.
- Uhlen, G.* 1970. Virkningen av nyere gjødselslag på kalktilstanden i jorda. *Jord og Avling* nr. 4 1970.
- Uhlen, G.* 1976. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers and farm manure in long-term experiments with rotation crops in Norway. *Ann. Agron.* 5—6, 547—564.
- Uhlen, G.* 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetre on a cultivated soil. *Meld. Norg. Landbr.høgsk.* Vol. 57. Nr. 27, 1—26.
- Ulrich, A.* 1941. Metabolism of non-volatile organic acid in excised barley roots as related to cation-anion balance during salt accumulation. *Amer. J. Bot.* 28, 526—537.
- Aasen, I.* 1977. Ulike gjødslingssystem — Verknad på jord og avling. *Plantedyrkingensmøtet NLH* 1977. 7 s.

Frå sjøbotn til åkerland

Undersøking av vilkår for plantedyrking i jord frå eit

tørrlagt område av Børgin i Inderøy.

Av Ivar Aasen

SAMANDRAG

Artikkelen legg fram resultat av fysiske og kjemiske analysar og plantedyrkingforsøk i jord frå eit knapt 400 dekar stort inndemt område av Børgin, den austlege armen av indre Trondheimsfjorden. Området høyrer til garden Gjørøv i Inderøy kommune. Formålet med undersøkingane var å få klarlagt vilkåra for plantevekst.

Jorda i pløyelaget kan karakteriserast som moldfattig lett- eller mellom-

leire med stort innhald av silt, og med varierende innhald av skjel. Innhaldet av lettlyøseleg fosfor er lite til midtstort. Av lettlyøseleg og syreløseleg kalium er innhaldet stort, det same gjeld lettlyøseleg magnesium. Det er stort innhald av natrium og klorid. Reduserte svovelsambindingar (sulfid) fører til sterk senking av pH når luft slepp til.

Utvaskingsforsøk viser at natrium og klorid blir lett vaska ut. Med 500