

J O R D K U L T U R

Planteernæring og gjødsling

Del III

KUNSTGJØDSEL OG KALK

Av

Gotfred Uhlen

J O R D K U L T U R

Planteernæring og gjødsling

Del III

KUNSTGJØDSEL OG KALK

Av

Gotfred Uhlen

Forord

Dette forelesningshefte er en delvis revidert utgave av del III av A. Sorteberg: Forelesninger i gjødsellære. Stoffordningen er stort sett den samme, men de fleste avsnitt er, på grunn av utviklingen i faget og forandringer i kunstgjødselsortimentet, en god del omarbeidet.

Norges landbrukshøgskole
januar 1982

Gotfred Uhlen

INNHold

	side
I. KUNSTGJØDSEL	2
1. Utviklingen i framstilling og bruk	2
Verdensforbruket av kunstgjødse	6
2. Kunstgjødselslagene	9
Enkle nitrogengjødselslag	10
Langsomtvirkende nitrogengjødselslag	13
Fosforgjødselslag	16
NP-gjødselslag	22
Kaliumgjødselslag	23
PK-gjødselslag	27
NPK-gjødselslag	28
Framstilling av fullgjødse	28
Siktemål i fullgjødselframstillingen	32
Litt om de enkelte typer	35
Blanding av kunstgjødselslag	36
Flytende kunstgjødselslag	38
Gjødselvanning	39
Bladgjødsling	40
3. Virkning og bruk av forskjellige kunstgjødselslag	41
Virkninger på jordreaksjonen	41
Nitrogengjødselslag - forsøksresultater	49
Virkning og bruk av fosforgjødse	57
Granulering, radgjødsling og nedmoldingseffekter	58
Forrådgjødsling	62
Høstgjødsling med fosfor og kalium	66
Kaliumgjødselslagenes virkning og bruk	67
Gjødselspredningen	70
Forsøk med radgjødsling av N og fullgjødse	72
4. Tilførsel av magnesium og svovel	75
5. Mikronæringsstoffer	77
II. KALK OG KALKING	91
1. De viktigste kalkslag	92
2. Virkningen av forskjellige kalkslag	96
Virkning av finmalingsgrad	100
Spredning	104
Virkning av stigende mengder kalk	105
Kalkvirkning til forskjellige vekster	111
Behovet for kalking	112
Lønnsomheten av kalking	115
Den praktiske utførelse av kalking	117

Fabrikasjonen av Thomasfosfat tok til ca. 1880, og har vart ved i nokså nøyaktig 100 år. På grunn av nye metoder ved jernframstilling, er det nå slutt på produksjonen av Thomasfosfat.

Salpeterleiene i Sør-Amerika ble også raskt brukt opp, og ved århundreskiftet måtte en se seg om etter nye metoder for framstilling av nitrogengjødsel. Den første fabrikk basert på oksydasjon av luftens nitrogen ved elektrisk utladning ble startet ved Niagara i 1902, og salpeterfabrikkene ved Notodden etter Birkeland - Eyde's metode kom i drift i 1905.

Framstilling av ammoniakk ble snart selve grunnlaget for nitrogengjødselindustrien. Noe ammoniakk fikk en som biprodukt fra gassverkene, og alt i 1913 begynte en produksjon av syntetisk ammoniakk etter Haber-Borch-metoden. Norsk Hydro kunne fortsette med lysbuetmetoden til 1929, men gikk da over til Haber-Borch-metoden.

Ammoniakk-syntesen går ut på at 3 deler hydrogen og 1 del nitrogengass ved høgt trykk og temperatur og ved hjelp av en katalysator reagerer til NH_3 -gass ($3 \text{H}_2 + \text{N}_2 = 2 \text{NH}_3$). Ved Norsk Hydros fabrikk på Rjukan, og seinere i Glomfjord, var utgangspunktet destillasjon av flytende nedkjølt ^{luft} for å skaffe N_2 og elektrolyse av vann for å skaffe H_2 . Utviklingen gikk videre, og i 1960-åra fikk en ved Norsk Hydro (i Porsgrunn) omlegging fra vannelektrolysebasert til petrokjemisk ammoniakkproduksjon. En startet her i midten av 1960-åra en fabrikk basert på partiell oksydasjon av tungolje. Noen år seinere ble det bygd en stor fabrikk på Herøya basert på såkalt dampreforming av et oljedestillat (nafta), og nå foregår produksjon på grunnlag av våtgass fra Nordsjøen. Prinsippet er

ellers at gassen både er råstoff (H_2) og energikilde, og at den sammen med N_2 fra luft gir ammoniakk direkte. Denne brukes så videre, f.eks. sammen med den produserte CO_2 til urea, eller den forbrennes for videre framstilling av salpetersyre, som i likhet med NH_3 nyttes i fullgjødselproduksjonen.

Verdensforbruket av N, P og K i kunstgjødsel, uttrykt som tusen tonn eller, om en vil, mill. kg verdistoff årlig:

Ar	N	P	K
1913	651	1143	1029
1925	1125	1224	1438
1938	2492	1823	2126
1951	3930	2494	3436
1960	9140	4195	6823
1965	15420	5830	9089
1970	25620	7787	12882
1972	33700	9153	14508
1974	38721	10533	17274
1976	43300	11000	17774
1978	49858	12093	19093
1980	57200	13575	19543

Av næringsstoffene er det, som en ser, nitrogen som øker mest.

Årlig økning har de seinere år vært 6-8 pst.

I 10 års-perioden 1970 - 1980 har N-forbruket blitt mer enn fordoblet, økt 120 pst., fosforforbruket er økt med 75 pst. og kaliumforbruket med ca. 50 pst. på verdensbasis.

Kunstgjødselforbruket i Norge i de samme tidsrom har vært i tonn næringsstoff pr. år:

Ar	N	P	K
1913	730	2792	2893
1926	2900	4015	6308
1938	9444	6996	12645
1944	17187	528	18260
1950	36864	16171	41837
1956	37936	16047	41091
1960	48451	19405	45794
1965	58687	21159	46667
1970	76843	23578	54580
1972	78322	24365	58482
1974	91290	27000	66443
1976	91602	24760	59980
1978	101180	26210	65650
1980	110785	28962	72843
1982	107546	28291	69192

Den prosentiske økning i kunstgjødselforbruk i Norge er mindre enn verdensforbruket, men uttrykt i kg pr. dekar jordbruksareal, er nok økningen hos oss likevel større enn verdensmidlet.

Nitrogenforbruket øker både absolutt og relativt meget raskt. og er fordoblet på ca. 15 år i Norge.

Ved sterkere N-gjødsling og større avlinger, blir også behovet for P, og særlig K, noe større, men forholdet mellom N, P og K går klart i retning av mindre K, og særlig P, enn N. Prismessige forhold gjør utslag på forbruket av kunstgjødsel i de fleste land. Det store hopp i oljeprisene gjorde utslag på prisene, særlig for N-gjødsel, i midten av 1970-åra. Det medgår 1,2-1,5 kg olje for å produsere 1 kg N i kunstgjødsel. Omtrent samtidig ble det av andre årsaker, en kraftig prisoppgang på råfosfat, slik at prisen pr. kg P i kunstgjødsel ble omtrent fordoblet. I de etterfølgende år falt prisen på råfosfat noe. I forhold til prisutviklingen for øvrig, ligger ikke prisene på råfosfat høyt i dag.

Hos oss virker også sammensetningen av fullgjødning direkte inn på forbruket av de enkelte stoffer, f.eks. økte kaliumforbruket først på 1970-åra da det ble introdusert en ny K-rik, men P-fattig fullgjødning til overgjødning etter 1. slått på eng i regnrrike strøk (Fullgjødning F).

Verdensforbruket av kunstgjødning

I FAO Fertilizer Yearbook presenteres en årlig statistikk over produksjon, import, eksport og forbruk av kunstgjødning for alle land i verden.

Tallene er angitt i kg N, P₂O₅ og K₂O pr. hektar "agricultural land" (=jordbruksareal) og pr. hektar "arable land and permanent crops" (=dyrket jord). Resultatet for noen utvalgte land og områder er presentert nedenfor, omregnet i kg N, P og K pr. dekar. Tallene i parentes er kg N pr. dekar "arable land".

Forbruk i kg N, P og K pr. dekar jordbruksareal i 1979:

	N	P	K
Verdensforbruket	1,3 (4,0)	0,3	0,4
Norge	12,1 (13,6)	3,1	7,8
Sverige	6,9 (8,8)	1,5	2,7
Danmark	13,5 (14,9)	2,0	4,9
Tyskland (øst)	11,9 (14,8)	2,9	6,3
" (vest)	12,0 (19,7)	3,2	8,2
Nederland	23,9 (56,4)	1,8	5,1
Belgia	12,5 (23,9)	2,9	8,4
Storbritannia	7,1 (19,0)	1,1	2,1
Frankrike	6,7 (11,3)	2,7	4,7
Spania	2,9 (4,4)	0,7	0,8
Europa ÷ Sovjet	6,4 (10,3)	1,8	3,1
Sovjetunionen	1,2 (3,2)	0,4	0,6
Asia	1,9 (4,3)	0,25	0,2
India	1,9 (2,0)	0,25	0,25
Kina	3,3 (10,6)	0,3	0,1

	N	P	K
Japan	14,2 (15,8)	6,6	11,2
Nord-Korea	23,7 (24,2)	2,4	3,0
Afrika	0,16 (0,8)	0,04	0,03
Egypt	17,6 (17,6)	1,5	0,2
USA	2,4 (5,5)	0,5	1,1
Sør-Amerika	0,2 (1,1)	0,16	0,18
Alle utviklingsland	0,9 (2,9)	0,14	0,11

Forbruket av kunstgjødsele er svært ujevnt fordelt. Selv om den prosentiske økning kan være stor i U-land, synes økningen i kg pr. dekar likevel å være størst i den rike del av verden. Bruk av kunstgjødsele krever kapital, pengehusholdning, men klima, jordbunnsforhold og dyrkningsintensitet i forhold til tilgjengelig areal, husdyrhold, er også viktig. I mange strøk av verden er det tilgangen på vann, og ikke plantenæring, som avgjør avlingen. I varme og tørre områder synes det fortsatt å være lite behov for K-gjødsling.

Middeltallene ovenfor kan ellers være nokså misvisende. I mange land kan f.eks. en del av den dyrka jorda drives intensivt, mens en samtidig har store areal som utnyttes eksten-sivt, f.eks. i halvtørre strøk.

Kunstgjødselsortimentet forandres fra tid til tid. Nye gjød-selslag framstilles og andre går ut, på grunn av råstoff-situasjonen, teknologiske forhold m.m. I Norge har vi f.eks. satset helt på fullgjødsele typer, mens såkalt "enkle" gjød-sel-slag fortsatt utgjør det meste av forbruket på verdensbasis.

Nedenfor er en sammenstilling over forbruk av N i forskjellige kunstgjød-sel-slag.

Forbruk av N i forskjellige kunstgjødselslag i prosent av totalforbruket

	Verden			Norge		
	1958/59	1968/69	1979	1959/60	1969/70	1979/80
Ammoniumsulfat	28	15	6,9			-
Ammoniumnitrat + kalkam.salp.	26	27	16,5 7,6	18,9	11,9	0,4
Kalksalpeter	5	1	0,3	25	13,2	6,9
Urea	6	16	30,0	-	0,4	0,3
Andre*	8	1	4,2	1,3	0,4	
Flytende NH ₃	17	21	13,9			-
Ammoniumfosfat			3,6			-
NP og NPK (fullgjødsel)	9	18	17,0	54,8	74,1	92,4
			100			100

*Andre er for Norges vedkommende kalsiumcyanamid og for verdensforbruket også natriumsalpeter

En tilsvarende sammenstilling over fosforforbruk i forskjellig kunstgjødselslag ser slik ut:

(e. Ischerwood Fertilizer News 1980)	Verden 1978/79	Norge 1979/80
Superfosfat, vanlig	12,3	1,6
Trippel superfosfat (=dobbel ")	10,7	-
Ammoniumfosfater	24,4	-
P i NPK	37,2	97,3
P i PK	6,9	1,1
Thomasfosfat	2,3	-
Råfosfat, finmalt	1,5	
Andre	?	
	95,3	100

Når det gjelder kalium står fullgjødsel for 99 pst. av forbruket i Norge (99,2% i 1980).

I verdensmålestokk har nok de enkle kaliumgjødselslag fortsatt en stor del av markedet.

Av fullgjødning er det for tida 7 typer som markedsføres her i landet. I sum N+P+K i tonn var omsetningen i Norge i 1979/80:

Fullgjødning A 14-6-16	ca. 40 000 tonn verdistoff	
Fullgjødning B 13-6-16	" 11 000 "	" (klorfri)
Fullgjødning C 16-7-12	" 23 000 "	"
Fullgjødning D 20-3-9	" 66 000 "	"
Fullgjødning F 16-3-15	" 36 000 "	" (klorfri)
Fullgjødning 15-4-12	" 10 000 "	" (klorfri)
Fullgjødning 25-3-6	" 15 000 "	"
<i>Erstattes av Fullgjødning</i> 18 3 15		

2. Kunstgjødselslagene

De aktuelle kunstgjødselslag i Norge (i 1980/81) er:

Fullgjødning	7 typer
Kalksalpeter	15,5% N
Ammoniumnitrat	34,5% N
Urea	46% N
Superfosfat	9% P
Kalisuper 7-13 og 5-16	(P og K)
Kaliumgjødning	49% K
Kaliumsulfat	41% K
Kalimagnesia og magnesiumsulfat	

Gjødselslag for tilførsel av mikronæringsstoffer blir behandlet seinere.

Selv om det er fullgjødning som betyr mest i Norge, er det naturlig å behandle de enkle gjødselslagene før de sammensatte. Enkle gjødselslag som råfosfat og kalisalter brukes også i framstilling av fullgjødning.

Enkle nitrogengjødselslag

Kalksalpeter består hovedsakelig av $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, med krystallvann, og dessuten litt NH_4NO_3 . Nitrogeninnholdet er 15,5 pst., derav ca. 0,75 pst. som ammoniumnitrogen og resten er som nitrat. En type tilsatt 0,3 pst. bor leveres spesielt til bruk til borkrevende vekster.

Kalksalpeter produseres her i landet (Norsk Hydro) enten:

- a. Som biprodukt fra fullgjødselproduksjonen (se dypkjølings-teknikk).
- b. Ved å la salpetersyre reagere med kalkstein. Overskudd av syre nøytraliseres med litt ammoniakk (derfor litt $\text{NH}_4\text{-N}$ i vann).

Kalksalpeter er såkalt prill^tevare. En noe inndampet løsning sprøytes ut gjennom fine dyser i et høyt tårn. På vegen ned størkner massen til små hvite korn. Kalksalpeter er sterkt hygroskopisk. Kalksalpeter inneholder 19 pst. Ca. Chilesalpeter, som nå bare har historisk interesse, besto av NaNO_3 (16% N). Det ble laget ved rensing av naturlig avleiret råsalpeter.

Kaliumnitrat lages syntetisk og brukes en del i næringsløsninger i veksthus. Innholdet oppgis til 14 pst. N og 39 pst. K (NK-gjødselslag).

Ammoniumnitrat og kalkammonsalpeter

Ved nøytralisering av salpetersyre med ammoniakk får en ammoniumnitrat. Rein NH_4NO_3 inneholder 35 pst. N, er sterkt hygroskopisk og herdner dessuten lett under lagring. Hygroskopisiteten kan motvirkes ved granulering, kombinert med dekking av kornene med et tynt lag kiselgur, eller annet materiale (coating). For å hindre herding tilsettes f.eks.

litt magnesiumnitrat. Norsk Hydro produserer ammoniumnitrat med 34,5 pst. N, og denne leveres også som svært store granuler for skoggjødsling (Skog AN). De store kornene, 4-12 mm skal sikre at gjødsla ikke blir hengende igjen på trærne og i lyngvegetasjonen ved spredning f.eks. fra fly.

Kalkammonsalpeter er ammoniumnitrat tilsatt kalksteinsmjøl. Denne lages ikke lenger. Norsk Hydro leverte kalkammonsalpeter med 26 pst.N og 21 pst. CaCO_3 på det norske marked inntil 1975. Tidligere, før 1963, hadde den norske kalkammonsalpeter et mindre N-innhold og større innhold av kalksteinsmjøl.

Ammoniumnitrat og forskjellige typer kalkammonsalpeter utgjør en betydelig del av verdensforbruket av nitrogengjødsel, som vist foran.

Ammoniumsulfat er også et viktig gjødselslag mange steder i verden, men brukes svært lite i Norge. Ammoniumsulfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, virker sterkt forsurende på jorda. Ble tidligere framstilt som biprodukt fra gass og koksverk, men lages også direkte av ammoniakk og svovelsyre. Innhold 20 pst. N og 24 pst. S.

Kalkkvelstoff har tidligere vært levert fra Odda Smelteverk, men er nå ikke lenger på det norske marked. En støvfin variant, Trollmjøl, ble brukt som kombinert gjødsel og ugrasmiddel (til potet før oppspiring og mot mose i grasplenen).

Kalkkvelstoff er forbindelsen kalsiumcyanamid (Ca CN_2) blandet med kalksteinsmjøl og litt kullstøv som gir en svart farge. Kalkkvelstoff støver, og virker irriterende på hud og slimhinner. N-innhold 20,5 pst.

Kalsiumcyanamid er ikke plantenæring, men tvert i mot gift. Det må derfor omsettes i jorda gjennom et par trinn av kjemiske reaksjoner til urinstoff, som igjen går over til ammoniumkarbonat ved hjelp av mikrobiologisk påvirkning. Disse omsetningene går raskt (1 å 2 uker), om de ytre vilkår, fuktighet og temperatur, er gunstige. Til de fleste vekster må kalkkvelstoff likevel gis i god tid før såing.

Ammoniakk i komprimert, flytende tilstand inneholder hele 82 pst. N. Den må derfor lagres og transporteres i beholdere som tåler trykket på 5-10 atmosfærer (5-10 kp/cm²) ved vanlige temperaturer. Spredningen må skje gjennom rør, 10-15 cm under jordoverflaten. Her vil ammoniakkgassen reagere med jordfuktigheten, $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ og det dannede NH_4^+ ion adsorberes i første rekke som ombyttbare kationer til de negativt ladde jordpartikler. Resultatet blir en pH økning der NH_3 er tilført, men denne økningen er forbigående. Ved at ammonium nitrifiseres blir sluttresultatet av NH_3 -tilførsel en negativ belastning på kalktilstanden (se seinere).

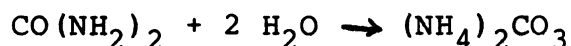
Flytende NH_3 er ikke tatt i bruk som gjødsel her i landet. Det tekniske utstyret for ammoniakkspredning vil bli kostbart for vanlige, små enheter. Innkjøpsprisen pr. kg nitrogen kan bli en god del rimeligere for ammoniakk enn for andre N-gjødselslag.

I USA har flytende ammoniakk vært det mest brukte N-gjødselslag. Også i Danmark benyttes flytende ammoniakk i stort omfang. Som det framgår av tabellen, side 5, er andelen flytende ammoniakk av verdensforbruket av N gått noe ned med de siste 10 år, mens omsetningen av urea og dessuten to- og tresidige gjødselslag øker mest.

Urea

Urea (som er det latinske og engelske navn for urinstoff) inneholder hovedsakelig urinstoff = $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ og ofte små mengder biurett ($\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$). Det framstilles ved at kulldioksyd og ammoniakk under høyt trykk reagerer med hverandre i en to-trinns reaksjon: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$ (1) og $\text{NH}_2\text{COONH}_4 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$. Dannelsen av karbamat ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$) utvikler varme ved vannavspaltingen.

Urea inneholder ca. 46 pst. N (helt reint urinstoff 46,7%). Urinstoff løses lett i vann. Ved innblanding i jorda omsettes det raskt til ammoniumkarbonat ved opptakelse av vann:



Denne reaksjonen, en hydrolyse, settes i gang ved hjelp av enzymeret urease. Urease skilles ut av en rekke mikroorganismer, og synes å være tilstede under de fleste forhold. Omsetningen av urea foregår raskt, men urea kan også tas opp direkte av plantene, og kan brukes f.eks. ved bladgjødsling (sprøyting).

Ammoniet som dannes kan opptas, eller nitrifiseres, slik at den endelige nitrogenform blir nitrat også etter gjødsling med urea.

Biurett virker skadelig på plantene hvis det forekommer i litt større mengder, særlig hvis det brukes til bladgjødsling. Innholdet bør da ikke være over ca. 0,5 pst. I det norskproduserte urea skal biurettinnholdet være lite.

Langsomtvirkende nitrogen gjødselslag

Nitrit- og ammoniumgjødsling og også urea er rasktvirkende.

Til visse formål ønsker en mer langsomtvirkende gjødsel. De fleste planter tar opp næringsstoffene over et lengre tidsrom, og behøver ikke å få alt ved starten av vekstperioden. Sannsynligvis er ønsket om langsomtvirkende gjødselslag noe større enn det virkelige behov. I de fleste tilfelle er det lite å vinne ved å porsjonere ut gjødsla innen samme vekstperiode. Vekster som høstes flere ganger i veksttida, må på den annen side, fortrinnsvis, gjødsles etter hver høsting. Det ville uten tvil innebære fordeler om en kunne gi alt N-gjødsel til eng om våren. Forutsetningen måtte imidlertid være at N-frigjøringen fra gjødsla var så noenlunde i samsvar med behovet gjennom sommeren.

En har forsøkt å løse denne oppgaven ved å lage gjødselslag der frigjøringen er avhengig av:

1. Mikrobiologiske omsetninger, og aktivitet i jorda.
2. Kjemiske eller fysiske frigjøringsmekanismer.
3. Tilsetningsstoffer som hemmer eller stopper nitrifikasjonsprosessen i jorda.

I den første gruppen er det særlig forbindelser mellom urea og formaldehyd det har vært arbeidet med, særlig i USA.

Ved siden av ureaform med knapt 40 pst. N kan nevnes isobutyriden diurea (IDBU) og oxamid. Den siste er oksalsyrens amid, og har et N-innhold på 32 pst. Flere slike preparater er undersøkt i karforsøk ved Institutt for jordkultur. Problemet synes ofte å være at disse enten virker for seint, og derved gir mindre avling, eller at de virker omtrent like raskt som lettløselige næringsalter. Prismessig har de vanskelig for å konkurrere.

Et nokså lovende produkt som er utviklet ved TVA forsknings-senter (Tennessee Valley Authority, USA), er såkalt svoveldekket urea (SCU). Her er det et tynt svovellag + et vokslag utenpå ureagranulatene som gjør at urinstoffet langsomt om-dannes. Det er også forsøkt tilsatt et biocid til svovel-laget for å forsinke nedbrytingen av vokslaget og oksyderingen. Fordelen med svoveldekket urea, ved siden av en varigere virk-ning, og eventuelt viktig sikkerhet mot nedvasking av nitro-gen, er at svoveltilførsel kan være nødvendig til mange kul-turer, ikke minst i regnrike, tropiske strøk.

Et noe mer kunstferdig produkt er plastbelagte gjødselkorn av NPK eller annen gjødsel. Ved å regulere tykkelsen på plastbelegget skulle en kunne produsere gjødsel med ønsket virkning ("Time pill for plants"). En slik fullgjødseltype, kalt Osmocoate, ga tilfredsstillende langtidseffekt i et plengjødslingsforsøk ved NLH. Prismessig vil nok slike pro-dukter foreløpig komme i luksusklassen.

En annen løsning, som har vært gjenstand for interesse og forskning, er tilsetning av stoffer som hemmer nitrifiseringen. Dette vil nok bety mer for å redusere utvaskingen enn for å gi langsom virkning. I mange tilfelle synes plantene å ta opp ammonium like effektivt og raskt som nitrat. En har f.eks. benyttet stoffet 2 chloro-6 trichlorometyl-pyridin, kalt N-serve. Dette har antakelig mest for seg i forsøk der en vil sammenlikne virkningene av ammonium og nitrat, f.eks. på næringsopptak og utvasking. Noen praktisk anvendelse har slike tilsetninger foreløpig ikke fått.

Fosforgjødselslag

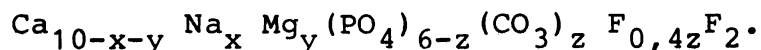
Råfosfat er grunnlaget for framstilling av fosforgjødsel, og råfosfat kan også brukes direkte, i finmalt form, til gjødsel.

Råfosfatene kan grupperes i primære apatitter og sekundære, også kalt fosforitter. Apatittene er krystallinske kalsiumfosfater, mens fosforittene er i amorf eller mikrokrySTALLINSK tilstand. De første er av vulkansk opprinnelse og de siste sedimentære.

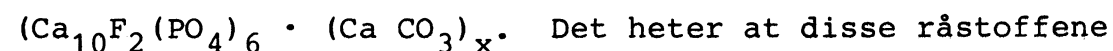
Fluorapatitt som gjerne oppgis å ha sammensetningen $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ er den dominerende apatittform, men det finnes former der F er byttet ut, f.eks. Cl eller OH, Ca mot Mg osv.

Større apatittforekomster finnes f.eks. på Kolahalvøya. I Norge er i den senere tid registrert en forekomst i Kodal i Vestfold. Dersom, eller når, det blir økonomisk mulig å utnytte denne, vil den dekke Norsk Hydros behov for rundt 30 år. Sverige har råfosfatforekomster og produksjon av LKAB- og Grängesapatitt.

De sedimentære avleiringene er de største og viktigste, og skal vesentlig bestå av karbonate-fluorapatitt, såkalt francolitt, med følgende empiriske sammensetning (e. McChellan, J. of Geol. Soc. 1980):



Formelen angir de mulige substitusjoner som gir variasjon i sammensetning. U. Jones (Fertilizer & Soil Fertility 1979) oppgir at francolitt er kalsiumkarbonate-fluorapatitt



Det heter at disse råstoffene skriver seg fra marine avleiringer av organisk opprinnelse. Råfosfatene ble tidligere omsatt på grunnlag av beregnet innhold av trikalsiumfosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ også kalt "bone phosphate

of lime" (BPL). Sedimentene kan også være resultat av uorganisk kjemisk felling av apatitt i sjøvann, når varme og kalde havstrømmer møtes.

De største forekomstene av råfosfat finnes i Nord-Afrika. Marokko skal etter enkelte overslag alene ha mer enn halvparten av råfosfatreservene i verden. USA har også store reserver, og er den største produsent, fulgt av Sovjetunionen. Fosforreservene i verden er ikke uuttømmelige. Det forbrukes årlig mer enn 100 mill. tonn råfosfat. Av dette går det meste til kunstgjødsel. I 1973 f.eks. gikk 76 pst. til gjødsel, 3 pst. til førtilsetning, 7 pst. til vaskemidler og 14 pst. til industriformål (NOU 1974:55). Det er laget mange beregninger over hvor lenge fosforreservene vil vare. Resultatene varierer fra noen hundre til over tusen år. Nye funn av råfosfat blir gjort, og en må regne med at mulighetene øker for å nytte forekomster med mindre innhold. I Kodalforekomsten regnes med ca. 1/5 apatitt tilsvarende omtrent 3 pst. P. Innholdet av P i fosforittene kan svinge fra 6-7 til 15-16 pst P.

Finmalt råfosfat har vært en del brukt direkte som gjødsel, f.eks. i Sovjet og enkelte stater i USA. I følge oversikten (side 6) utgjorde råfosfat i 1978/79 bare 1,5 pst. av verdensforbruket av P i kunstgjødsel. Det er de bløte råfosfater, av typen fosforitt, som er aktuelle til direkte bruk. Vanlig krystallinsk apatitt avgir lite fosfor, selv etter finmaling.

Interessen for bruk av råfosfat synes å være stigende, i hvert fall utføres det svært mye forskning omkring dette spørsmålet flere steder i verden. Råfosfat vil kunne bli billigere å framstille enn superfosfat og fosfor i sammensatte gjødselslag.

På det norske marked leveres råfosfat, særlig til bruk i forbindelse med skogplanting. Dette fordi en har erfart at lett-løselige fosfater i plantehullet kan skade de små skogplantene.

Det er utført mange forsøk med forskjellige råfosfattyper, også i Norge. Hovedresultatet synes å være at de ligger under superfosfat i avlingsvirkning. Råfosfat vil konkurrere best på noe sur jord, og skulle særlig ha noe for seg på sur myr-jord.

De forskjellige råfosfater vil kunne ha svært forskjellig effekt, etter hardhet, fosforinnhold, finmalingsgrad m.m. I følge Amberger (JFDC-seminar i 1978) stilles innen det europeiske fellesskap (EF) følgende krav til råfosfat:

- a. Total-P innhold må være minst 11 pst.
- b. Av fosforet må 55 pst. være løselig i 2 pst. maursyre (som skiller bløte og harde råfosfater bedre enn f.eks. sitronsyre).
- c. Finmalingen må være slik at 90 pst. passerer 0,063 mm og 99 pst. 0,125 mm sikt.

Innhold av noen følgestoffer i noen råfosfater (e. NLVF utredning 70 1975)

	Fosfor %	Fluor gram pr. kg P	Innhold i mg pr. kg P			
			Kadmium	Arsen	Sink	Krom
Kola	16,5-17,1	191	<0,6	5,8-20	100-205	42-105
Gränges	17,2	244	0,6	1380	660	40
Israel	15,14,3	260	40,30	40,60	1950, 2300	870, 1380
Marokko	14,3,15,3	285	77,13	78,80	1600, 1175	1520, 1410
Florida m.fl.	14,2-15,1	268	56-92	32-80	490-876	400-445
North Carolina	14,2	281	210	183	3290	945

Fluorinnholdet er, som en ser, nokså stort, ca. 1/4 av fosforinnholdet, noe mindre i Kola-apatitten. Det er ellers inn-

holdet av kadmium som er mest i søkelyset. Som vi ser, er apatitten fra Kola og fra Sverige nokså fri for Cd, mens innholdet er relativt stort i den amerikanske råfosfat. Råfosfat inneholder videre små mengder av stoffer som selen, bly og kvikksølv, men også her er innholdet mindre i apatitt enn i de sedimentære forekomster.

Superfosfat

Navnet skal vise til at dette gjødselslaget har fosforet i lett tilgjengelig form. Innholdet av P blir analysert og oppgitt som vannløselig P.

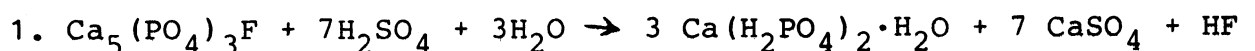
Allerede Libig gjorde oppmerksom på at beinmjøl ble lettere oppløselig og mer effektivt som fosforkilde etter å være behandlet med svovelsyre.

Fabrikkmessig framstilling av superfosfat ved å behandle råfosfat med svovelsyre begynte i 1840-åra, og foregår fortsatt etter samme prinsipp.

Typer av superfosfat:

- a. Vanlig superfosfat eller enkel superfosfat med et fosforinnhold på rundt 8 pst.
- b. Konsentrert superfosfat (dobbelsuperfosfat eller trippelsuperfosfat). I følge en internasjonal kongress for kunstgjødsel i 1938 skulle en bruke navnet konsentrert superfosfat om innholdet var større enn 25 pst. $P_2O_5 = 11$ pst. P, og superfosfat for vare med mindre innhold.

Ved framstilling av vanlig superfosfat lar en svovelsyre reagere med finmalt råfosfat, f.eks. apatitt:



Reaksjonen foregår i to trinn. Først blir det dannet fosforsyre H_3PO_4 og gips. Fosforsyra reagerer videre med råfosfatet til

kalsiumdihydrogenfosfat. Det siste trinnet tar noe tid (modning). Fluor vil dels unnsnippe, f.eks. som flyktig silisiumtetrafluorid, mens storparten vil følge med i superfosfat.

Vanlig superfosfat er en blanding av vel en halvpart gips og knapt en halvpart kalsiumdihydrogenfosfat, også kalt primært kalsiumfosfat. I tillegg vil det kunne være små mengder av andre kalsiumfosfater, f.eks. sekundær kalsiumfosfat. Siden råfosfat ikke er rein vare, vil det være små mengder av andre stoffer, som f.eks. jern, aluminium m.fl. i superfosfat.

I Norge ble det produsert superfosfat med ca. 8 pst. P og 12 pst. S ved Lysaker Kemiske Fabriker A/S inntil ca. 1970. Noe tidligere ble også produsert superfosfat ved Det Norske Zinkkompani. Her ble levert en konsentrert vare, kraftsuperfosfat med 13 pst. P.

Den superfosfat som nå er å få kjøpt på det norske marked, er svensk. I de seinere år er levert en vare med 9 pst. P og 12-13 pst. S.

Dobbelsuperfosfat eller trippelsuperfosfat. Den siste betegnelsen synes å være mest vanlig internasjonalt (TSP).

Ved å behandle råfosfat med fosforsyre (som er framstilt av råfosfat og svovelsyre) kan en få en konsentrert superfosfat med et svært lite innhold av gips. Fosforinnholdet kan være 20 pst., eller også høyere. I Norge ble for noen år siden produsert dobbeltsuperfosfat ved Det Norske Zonkkompani, men for tida markedsføres ikke slik fosforgjødsel her i landet.

Dikalsiumfosfat eller sekundært kalsiumfosfat har sammensetningen CaHPO_4 . Fosforet her, er ikke vannløselig, men bestemmes som såkalt citratløselig. I komplekse gjødselslag

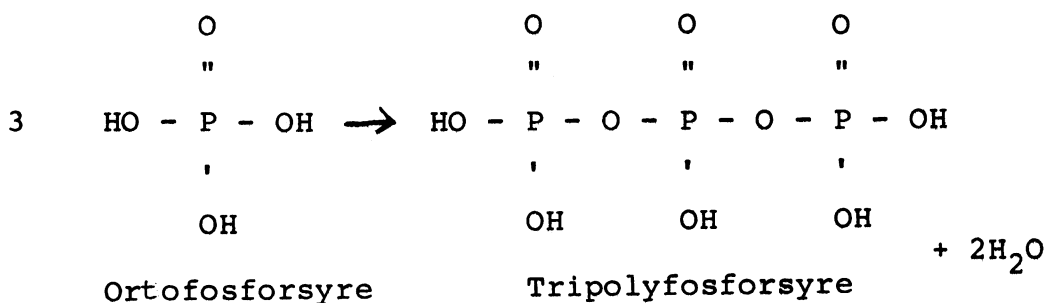
kan dikalsiumfosfat utgjøre en del av fosforet, f.eks. en mindre del i norsk fullgjødsel. Utover dette har dikalsiumfosfat mindre interesse.

Thomasfosfat er et gammelt og godt kjent fosforgjødselslag som i seinere tid har forsvunnet fra fosforgjødselsortimentet. Det var et biprodukt fra stålfabrikasjon av fosforholdig jernmalm, idet det ble skilt ut som slag fra det glødende og flytende råjern i smelteovner. Navnet er etter engelskmannen S. G. Thomas, men på engelsk blir brukt betegnelsen basic slag og ikke Thomasfosfat.

En regner med at fosforet i Thomasfosfat er i form av et dobbeltsalt, et kalsiumsilikat/kalsiumfosfat. Det er ikke løselig i vann. Bestemt ved en ekstraksjon med 2 pst. sitronsyre har innholdet av P variert fra 5 til 9 pst. avhengig av typene. Thomasfosfat inneholdt store mengder Ca og betydelige mengder Fe, Mn, Mg m.fl. Det var et basisk gjødselslag. Vanlig var det støvfint, men det ble også forsøkt å lage granulert Thomasfosfat.

Smeltefosfater er som navnet antyder framstilt ved å smelte råfosfat sammen med silikat, f.eks. serpentin eller olivin. Flere typer har vært med i norske forsøksserier, men har ellers ikke spilt noen rolle hos oss.

Polyfosfater brukes som fellesbetegnelse på en rekke kondenserte fosfater, Eks:



En kan også ha sykliske forbindelser (metafosfater) eller forgreinede kjeder. Det foregår en dehydrering ved dannelse av polyfosfater.

Polyfosfater er særlig av interesse som bestanddel av komplekse gjødselslag, f.eks. ammoniumpolyfosfater, for å få mer høyprosentiske gjødselslag. I flytende gjødsel kan en oppnå høyere fosforinnhold uten å få saltutfelling ved bruk av polyfosfater enn ved vanlig ortofosfater (Campell og Ulmes, Crop Life March 1968). I tillegg til at enkle polyfosfater også kan tas opp av plantene, vil polyfosfatene raskt brytes ned, ved hydrolyse, i jorda. En venter derfor at virkningen på plantevekst blir tilnærmet den samme som for andre løselige fosforgjødselslag.

En egenskap ved polyfosfater, som kanskje kan få betydning, er at de har evne til å kompleksbinde metaller. Ved tilsetning av små mengder metalliske mikronæringsstoffer til polyfosfater kan tilgjengeligheten av disse metallene forbedres (Follett, Murphy, Donahue 1981).

N-P gjødselslag

For tiden er det ingen omsetning av NP gjødseltyper her i landet, men slik gjødsel har stor internasjonal interesse. I varme og tørre områder i verden er behovet for K-gjødsel lite i forhold til N- og P-behovet.

NP-gjødselslagene kan være:

- a. Ammoniumnitratfosfat også kalt nitrofosfater
- b. Ammoniumfosfater, mono- eller diammoniumfosfat
- c. Ureaammoniumfosfat (UAP).

Norsk Hydro produserer bl.a. ammoniumnitratfosfat som et ledd i fullgjødselproduksjonen. Fullgjødsel er her ammoniumnitratfosfat med tilsetning av K-salter, B og kiseritt (nærmere for-

klart under fullgjødning). Norsk Hydro har levert to typer NP-gjødsel, en med 20 pst. N og 8,7 pst. P, med ca. 40 pst. vannløselighet av fosfatet, og seinere, NP 23 pst. N og 10 pst. P med 80 pst. av fosfatet vannløselig. I likhet med de norske fullgjødselstypene er ca. halvparten av nitrogenet i ammonium- og halvparten i nitratform, i begge NP-typene. Typen med høyt N- og P-innhold, og vannløselighet av P, inneholder lite av kalsium. Slike NP gjødselslag produseres i mange land, særlig i Europa mens en f.eks. i USA satser mest på den andre hovedtypen, nemlig ammoniumfosfater. Disse er enten monoammoniumfosfat $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP) eller diammoniumfosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (DAP) som framstilles av ammoniakk og fosforsyre. Den første inneholder ca. 11 pst. N og ca. 22 pst. P, mot ca. 18 pst. N og 20 pst. P i diammoniumfosfat. Selv diammoniumfosfat, som er den viktigste av disse to, har et ugunstig høyt innhold av P i forhold til N. Dette kan rettes opp ved tilsetning av andre N-gjødselslag. En tilsetning av ammoniumsulfat gir en NPS gjødsel som kan være aktuell mange steder i verden. Ved tilsetning av ammoniumnitrat vil en få en gjødsel med noe av nitrogenet i nitratform. Dette kan ha betydning i enkelte tilfelle.

En kombinasjon av ammoniumfosfat og urea gir ureaammoniumfosfat (UAP) som utmerker seg ved å være svært høyprosentisk, nesten 30 pst. N og f.eks. 12 pst. P. Andre blandingsforhold er mulig.

Produksjon av ammoniumfosfater synes å være raskt økende i verdenssammenheng. Det samme gjelder som vist for urea.

Kaliumgjødselslag

De uorganiske kaliumgjødselslag, kaliumsaltene, kommer alt vesentlig fra mektige saltleier som finnes i forskjellige

geologiske formasjoner en rekke steder i verden.

Kaliumleiene i Tyskland og Frankrike var lenge de som betydde noe for kaliumgjødselproduksjonen, og det er nesten bare fra disse land vi har fått våre forsyninger her i landet.

I dag leveres kaliumgjødsel fra en rekke land i Europa, Sovjetunionen, USA, Canada m.fl. De største sammenhengende saltleier er funnet i Saskatchewan i Canada. Canada sammen med Sovjet står nå for de største reserver av kalium (NOU 1974:55).

De viktigste råsalter er:

Sylvinitt, $KCl \cdot NaCl$. En blanding av sylvitt (KCl , og halitt (steinsalt), $NaCl$.

Karnalitt, $KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$

Kainitt $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

Hardsalt som igjen er en blanding av kiseritt $MgSO_4 \cdot H_2O$ og sylvinitt.

Langbeinitt $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$

Råsaltene kan brukes direkte, i hvert fall nær produksjonsstedet. Kainitt har vært brukt her i landet, seinest under siste verdenskrig.

Framstilling av kaliumgjødselslag går ut på å fjerne i første rekke $NaCl$, og å få en reinere og mer konsentrert vare. I dag leveres dessuten også kaliumgjødselslagene i granulert form for å lette spredningen.

Flere forskjellige framgangsmåter synes å være i bruk for å lage reinere KCl gjødselslag.

1. Omkrystallisering - varmløsningsbehandling bygger på at løseligheten av KCl øker sterkt med stigende temperatur, i motsetning til f.eks. $NaCl$. Ved avkjøling fra ca. 100 til

- til 20°C får en utkrystallisert KCl fra en mettet løsning.
2. Flotasjon består i å tilsette et flotasjonsmiddel til en løsning. Dette har den egenskap at det legger seg som en film rundt KCl partikler slik at disse kan skummes av.
 3. Elektrostatisk separasjon går ut på at støvmalt salt slippes ned i et skillekammer der det utsettes for sterk elektrisk spenning. Dette fører til at NaCl, som er svakt positivt ladd, trekkes til den negative side, mens KCl og $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ har svakt negativ ladning og havner på motsatt side i kammeret. Den siste metoden betraktes som mer miljøvennlig, men kan ikke brukes for alle slags råsalt. (Etter Kali and Salz brosjyre.)

Framstilling av klorfri kaliumgjødtsel, dvs. kaliumsulfat foregår etter flere forskjellige metoder avhengig bl.a. av utgangsmaterialet. Som eksempel kan nevnes utfelling av K_2SO_4 ved tilsetning av konsentrert KCl til råsaltet langbeinitt. Ved andre metoder tilsettes svovelsyre eller svoveltrioksyd. En får da K_2SO_4 og HCl som biprodukt.

En skiller gjerne mellom

1. Klorholdige kaliumgjødselslag
2. Klorfrie (egentlig kloridfattige) kaliumgjødselslag.

Den aktuelle kaliumgjødselstype med klorid her i landet er kaliumgjødtsel 49% K. Den leveres granulert. Klorinnholdet er rundt 47 pst. Tidligere ble omsatt 33 pst. granulert og 41 pst. ikke granulert kaliumgjødtsel. Kaliumgjødtsel 49% er som en skjønner nokså rein KCl. Den inneholder ca. en prosent Na, en tredjedels prosent Mg og litt sulfat.

Av klorfri kaliumgjødtsel har vi for tiden kaliumsulfat, 41% K og kaliummagnesiumsulfat eller kalimagnesia, 23% K og 6 % Mg.

Begge slagene inneholder rundt 1,5 pst. Cl, og er beregnet på såkalt klorømfintlige vekster.

Pr. kg kalium er kaliumsulfat langt dyrere enn klorholdig kaliumgjødsel. I følge Samvirke er prisene i Osloområdet (fob. 1982 sjølager) pr. kg K kr. 2,90 i kaliumgjødsel 49% og kr. 4,00 i kaliumsulfat. Til fullgjødselproduksjon brukes både klorholdig og klorfattig kaliumgjødselslag.

Alternative kaliumkilder

Kalium forekommer i store mengder i en rekke mineraler. Også leirjord kan inneholde 2-4 pst. K. I gamle dager søkte en enkelte steder å forbedre sandjord og myrjord ved leirkjøring. Virkningen kunne skyldes K-tilførsel, kalkeffekt og struktureffekt ved innblanding av lite forvitret undergrunnsleire.

Av steinmjølstyper vil finmalt glimmer være en brukbar K-kilde. Biotitt, særlig den jernfattige varianten flogopitt, synes å egne seg best.

Virkningen av finmalt glimmer er blant annet undersøkt i kar- og markforsøk ved Institutt for jordkultur (Solberg Meld. nr. 8, 1928, Retvedt Meld. nr. 19 1938).

Finmalt glimmer sto noe tilbake i K-virkning første året, i sammenlikning med vanlige kaliumsalter, men ettervirkningen var til gjengjeld noe større. Ut fra dette kan en si at glimmer vil egne seg bra til forrådgjødsling, for å forbedre kaliumtilstanden i kaliumfattig sand- og myrjord. Finmaling til mindre enn 0,5 mm var best, men effekten ble ikke særlig mye mindre for materiale som overveiende besto av partikler opp til 3 mm.

Rein biotitt inneholder 10-11 pst. K, men ved en eventuell teknisk utnyttelse må en regne med adskillig innblanding. Der-

ved blir fraktutgiftene pr. kg K likevel snart for store til at slike K-kilder kan konkurrere med vanlige høyprosentiske kaliumgjødselslag.

Kalikalk var et biprodukt fra cementindustrien. Et produkt fra Slemmestad Cementfabrikk inneholdt 10-15 pst. K og 30 pst. CaO. Fra Dalen Portland ble tidligere levert Dalenkali med 10 pst. K og atskillig kalk. Slike produkter er ikke på markedet nå.

Aske etter brenning av halm, torv, bark og også vanlig treaske, inneholder nokså mye kalium.

En analyse av aske fra flisfyringsanlegg ved en treforedlingsbedrift viste et innhold på 10 pst. K, 3 pst. Mg, 32 pst. Ca og 1,6 pst. P. En må kunne regne med at K (og Mg) er mer tilgjengelig enn fosforet i slik aske. Askens kalkeffekt var omtrent som vanlig kalksteinsmjøl.

Sjøvann med vanlig saltinnhold inneholder 0,04 pst. K. Likevel er dette en uuttømmelig K-kilde, dersom det kan utvinnes på en økonomisk måte. Norsk Hydro har eksperimentert med dette, og ved en metode etter J. Kjelland kan K-ionene felles fullstendig med dipikrylatin.

For tida synes interessen for alternative K-kilder å være liten, noe som blant annet har sammenheng med at det er påvist stadig nye og store K-leier i verden. Etter NOU 1974:55 er det kalium nok til flere tusen års forbruk.

PK-gjødselslag

For tiden markedsføres to svenske typer av PK-gjødsel her i landet:

PK 7-13

PK 5-16 med 2 pst. Mg

Disse gjødselslag er blandinger av superfosfat og kaliumklorid.

PK 7-13 inneholder 9-10 pst. S, 13 pst. Cl og 16 pst. Ca.

PK 5-16 inneholder omtrent det samme med S, litt mere Cl og litt mindre Ca enn 7-13, men er dessuten tilsatt Mg. I

Sverige markedsføres det flere typer, bl.a. tilsatt mikro-næringsstoffer som bor, kopper eller mangan.

Tidligere har vært markedsført norskproduserte PK-blandinger både fra Lysaker Kemiske Fabrik A/S og fra Det Norske Zink-kompani. Da begge sluttet med fabrikasjon av superfosfat, falt også grunnlaget for de norske PK-blandingene bort.

NPK-gjødselslag

Disse kan være komplekse gjødselslag eller rett og slett blandinger av enkeltgjødselslag.

En komite under The International Superphosphate Manufacturers Association (ISMA) har foreslått at "Complex fertilizer" skal defineres slik: Gjødsel som inneholder minst to av plantenes primærnæringsstoffer (N, P og K) i en kjemisk forbindelse som er framkommet gjennom kjemiske reaksjoner der andre faktorer virker enn vann.

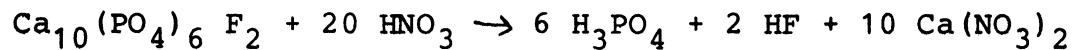
Som vi skal se, tilfredsstiller fullgjødsel dette kravet i det det her er N og P som inngår i en kjemisk forbindelse, mens K-saltet blandes inn i neste omgang. På samme måte er NP-typene, som vist foran, komplekse gjødselslag, mens PK-typene må karakteriseres som blandinger selv om det tilsettes såvel Mg som sporstoffer.

Framstilling av fullgjødsel

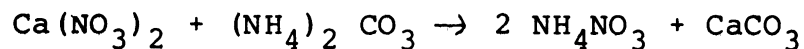
Norsk Hydros prosess er basert på en oppfinnelse av E. Johnsen

i Odda i 1930, og er internasjonalt kjent som Odda-prosessen. Første trinn består i at råfosfat behandles med salpetersyre. Salpetersyren er laget av NH_3 som brennes til oksyder og, sammen med vann gir dette HNO_3 .

Reaksjonen med råfosfat er forenklet slik:



For å unngå dannelse av tungtløselige kalsiumfosfat brukes et overskudd av salpetersyre. Kalsium fjernes forholdsvis effektivt som kalksalpeter ved såkalt dypkjølingsteknikk (-5°C). Ved denne temperatur krystalliseres kalksalpeter ut, på roterende valser. Dersom det ikke er en avsetning for all kalksalpeter som produseres som biprodukt ved fullgjødselframstillingen, kan den konverteres til ammoniumnitrat ved en reaksjon med ammoniumkarbonat.



Kalsiumkarbonatet omsettes i blant som jordbrukskalk (konverteringskalk fra Norsk Hydro).

Det neste trinn i prosessen, etter fjerning av $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, er nøytralisering med ammoniakk. Resterende Ca, fra 1,4-3 pst. i de ferdige fullgjødselslag, reagerer nå med fosfationer til dikalsiumfosfat (ikke vannløselig P) og med fluoridioner til uoppløselig CaF_2 . Ved hjelp av dypkjølingsteknikken har en oppnådd å få en fullgjødsel der 75-85% av P er vannløselig, mens vannløseligheten av fosfor bare var ca. 30%. Uten dypkjøling. Det må tilføyes at også ikke-vannløselig P er av verdi som plantenæring. Fullgjødsel blir vurdert og omsatt etter innhold av såkalt citratløselig P som omfatter også dikalsiumfosfat. Når det gjelder fluor, opplyses at en mindre del unnslipper som HF og SiF_4 , mens den overveiende del følger med i kunstgjødsla.

Etter nøytralisering sitter en igjen med en flytende blanding av ammoniumnitrat, mono- og diammoniumfosfat, i tillegg til, som nevnt, dikalsiumfosfat og kalsiumfluorid. Forholdet mellom N og P i fullgjødselslagene kan reguleres ytterligere ved tilsetning av ekstra ammoniumnitrat.

Etter inndampning tilsettes de ønskede mengder K i form av KCl eller K_2SO_4 .

I all norsk fullgjødsel er tilsatt ca. 10 pst. magnesiumsulfat. Dette sikrer et innhold på 1,2 pst. Mg og minst 1,6 pst. S (litt mindre i fullgjødsel 25-3-6). Dessuten er tilsatt litt boraks slik at borinnholdet er 0,02 pst. i fullgjødsel.

Produksjon av NP- og NPK-gjødsel ved slike nitrofosfatmetoder er særlig utbredt i Europa. F.eks. under betegnelsen Nitrofoska i Tyskland. Norsk Hydros prosess er ellers tatt i bruk direkte i flere fabrikker i Øst-Europa, og blant annet også i USA.

Den andre hovedtype av prosess for produksjon av NP (og NPK) er den såkalte "Wet phosphoric acid" metode. Her produseres først svovelsyre, og ved behandling av råfosfat med svovelsyre får en fosforsyre og gips. Mange steder er det stor tilgang på svovel slik at svovelsyreproduksjonen blir billig. Også ved rensing av svovelholdig råolje kan en få store mengder svovel.

Ved det svenske firmaet Supra lages det NPK-gjødsel etter en slik framgangsmåte. I flere av disse Supra NPK-typer er vannløseligheten av fosforet 95 pst., men de inneholder da svært lite Ca, ofte bare noen tiendedels prosent. Svensk NPK-gjødsel markedsføres for tida ikke i Norge, med unntak av et par typer til næringsløsninger i gartnerier (Superba). Superba 13 4 19 inneholder som tallene indikerer, 13 pst. N

totalt (derav 7,6 som NO₃-N og 5,4 som NH₄-N), 4 pst. P og 19 pst. K. Videre 1,5 pst. Mg, 5,3 pst. S og en rekke mikro-næringsstoffer. Alt er vannløselig, og gjødsla må da være fri for kalsium. Kalsium i næringsløsninger skaper problemer ikke bare i forhold til fosfater, men vil også gi utfelt gips om det kommer sammen med løsninger som inneholder sulfat.

Norsk Hydros fullgjødsel har overtatt kunstgjødselmarkedet hos oss nokså fullstendig. Som nevnt står fullgjødseltypene for 92,4 pst. av N, 97,3 pst. av P og 99,2 pst. av K forbruket i 1980. Dette har skjedd i løpet av noen tiår. De første typer av fullgjødsel, benevnt med romertall I, II og III, kom på markedet før krigen. Så ble det fullgjødsel A og B og fra 1957 også C. Idag er det ialt 7 typer. Navnet har vært diskutert, og videre er det foreslått at en burde prøve å få gjennomslag for tall for innhold av NPK, f.eks. 14-6-16 istedet for A. Tabellen viser innholdet i de nåværende typer. Tallene er fra Norsk Hydros brosjyre, med unntak av Cl.

	N	P	K	Mg	Ca	S	Cl	B	Cu
Klorholdige:									
Fullgj.A 14-6-16	13,7	6,0	15,7	1,2	2,6	2,7	(15)	0,02	
C 16-7-12	16,0	6,6	11,9	1,2	3,0	1,6	(11)	0,02	
D 20-5- 9	20,0	4,8	9,1	1,2	2,2	1,6	8	0,02	
25-3- 6	24,6	2,9	6,0	1,0	1,4	1,3	5	0,02	
18-3-15	18,0	2,7	15,0	1,2	1,4	2,8	(11)	0,02	
Klorfattige:									
Fullgj.B 13-6-16	12,6	5,5	15,6	1,2	2,6	8,0		0,02	
<i>Ugår</i> F 16-3-15	16,0	3,0	15,0	1,2	1,8	8,0	} 0,2 -0,5	0,02	0,1
15-4-12	14,6	3,6	11,6	2,5	2,2	8,0		0,02	0,3

Fosforinnholdet er garantert citratløselig, og av dette er ca. 80 pst. vannløselig. Av nitrogeninnholdet utgjør NH₄-N fra 52-59 pst. Resten er NO₃-N (41-48%), varierende noe for de enkelte typer.

Norsk Hydro lager fullgjødning både i Glomfjord og ved Herøya, Eidanger. De typene som er mest aktuelle her i landet blir for tida produsert i Glomfjord. Det gjelder typene A, B, C og delvis D og F. De to siste, pluss 15-4-12 og 25-3-6, blir også produsert ved Eidanger. Forskjellen er at ved Eidanger fabrikker lages prillet vare, mens en i Glomfjord hittil har benyttet seg av såkalt skrue-granulering. For brukeren er det viktig å være klar over forskjellen. Prillet vare renner nemlig mye lettere ut av kunstgjødselspredere enn den skruegranulerte. Etter undersøkelser av Norsk Hydro kan det dreie seg om 15-30 pst. forskjell i utmatet mengde ved samme innstilling. Prilling består i at gjødsla i flytende form sprøytes ut i et størknetårn. Kornene blir da runde og glatte, mens de ved den mekaniske skruegranulering (knusing og sikting) blir mer kantet.

Siktemål i fullgjødsselframstillingen

Foruten at vi i løpet av de siste par tiår har fått stadig flere fullgjødselslag, har det også skjedd forandringer i fullgjødselslagenes sammensetning. En kan si at produsenten, i dette tilfelle Norsk Hydro, har hatt flere siktemål med sitt varetilbud:

- a. Å skaffe gjødseltyper som er best mulig egnet til å dekke norsk landbruks behov. Lansering av nye typer og forandringer i de gamle for å tilfredsstille brukerne, skjer derfor med grunnlag i forskningsresultater og rådgivningstjenestens ønsker, så langt dette er mulig.
- b. En har tatt sikte på å lage mer konsentrerte gjødselslag. Ved en større forandring av alle typer i 1970 økte summen av N, P og K med til sammen ca. 10 pst.. Dette har vært et ønske, også fra forbrukernes side. Det en skal være

oppmerksom på at de ballaststoffer en kvitter seg med, i neste omgang kan bli nødvendige for planteproduksjonen. Etter ensidig bruk av "rein" fullgjødning oppsto i slutten av 1950-åra magnesiummangel, først og fremst på sandjordstyper. Seinere hadde en også klare tilfelle av svovel-mangel. Som en følge av dette, ble tilsatt ca. 10 pst. magnesiumsulfat til all norsk fullgjødning fra først på 1960-åra.

- c. En har som nevnt greidd å øke fosforets vannløselighet i fullgjødning fra 25-30 pst. til ca. 80 pst. Samtidig ble innholdet av Ca redusert til ca. en tredjedel av hva det var tidligere. Nyere forsøk har vist at Ca-rike gjødselsalter kan gi Ca-rikere planter, særlig på kalkfattig jord. Ved intensiv produksjon, ikke minst veksthuskulturer kan liten tilgang på lett løselig Ca få kvalitetsmessige konsekvenser.
- d. Produksjonsmessige hensyn spiller selvsagt en rolle for hvilke kombinasjoner som er mulige. Ved de seinere forandringer i fullgjødseltypenes sammensetning, bl.a. redusert Ca-innhold og erstatning av Cl^- med SO_4^- . har hensikten også vært å få gjødseltyper som gir tilstrekkelig sikkerhet mot kjemisk spalting ved brann i gjødsellagre, transportskip m.m. Når brann oppstår i bygningen der gjødning er lagret, slik at temperaturen blir høy i gjødsel, oppstår fare for avspalting av giftige gasser. Dette gjelder nitroser gasser NO og NO_2 , og Cl fra klorholdig gjødning. Noen gjødselslag er det en kaller selvslukkende, dvs. spaltingen opphører når varmekilden fjernes. Andre er derimot selvspaltende slik at gassutviklingen fortsetter når den først er kommet igang.

Ammoniumnitrat er en eksoterm forbindelse, den frigjør energi under eventuell spaltning. I rein prillet tilstand skal den likevel ikke kunne eksplodere, men karakteriseres som "farlig gods". NH_4NO_3 kan gi eksplosjon om den er forurenset med brennbart stoff, og om den utsettes for en foreksplosjon.

For de øvrige gjødselslag har en valgt sammensetningen slik at de skal gi sikkerhet ved brann.

Faren for at slik ammoniumnitratholdig gjødsel skal være selvspaltende, øker med innholdet av klorid, kopper og jern. Et stort K-innhold i forhold til P øker faren dersom K er tilsatt i kaliumklorid. I fullgjødsel A der K/P forholdet er 2.6 har en funnet det nødvendig å redusere Cl-innholdet ved å erstatte noe av KCl-innblandingen med K_2SO_4 . I fullgjødsel 16-3-15 (F) og 15-4-12 er K:P henholdsvis 5 og 3,2. Disse gjødselslagene blir derfor produsert på sulfatbasis, dvs. de er praktisk talt klorfrie. Tilsetning av Cu til disse to gjødselslagene (se tabellen) ville ha økt faren ytterligere om en skulle ha brukt kaliumklorid. Pr. kg K er K_2SO_4 35-40 pst. dyrere enn KCl. Dersom den store sulfatmengden ikke er nødvendig, betyr denne sikkerhetsforanstaltning en vesentlig økt kostnad for forbrukeren.

Endelig skal nevnes at en økning av Ca i forhold til P øker faren for selvspaltning. Reduksjonen i kalsiuminnholdet til en tredjedel ved dypkjølingsteknikken har gjort det lettere å produsere brannsikre gjødselslag.

Også rein nitratgjødsel kan virke intensiverende på en eventuell brann, som et oksydasjonsmiddel. Kalksalpeter regnes visstnok ikke som farlig gods.

Fullgjødselslagene må til en hver tid tilpasses det skiftende behov i planteproduksjonen. Utviklingen med stadig større avlinger og sterkere gjødsling medfører at behovet for N-tilførsel øker, særlig i forhold til P-innhold i gjødsla. I noen grad øker også behovet for N i forhold til K. De nyere fullgjødseltyper har derfor først og fremst et større N-innhold enn de som først ble introdusert.

Litt om de enkelte typer

Fullgjødsel A er den N-fattigste av de klorholdige fullgjødselslag. Den har fortsatt et stort marked ved vårgjødsling til eng og beite der en ikke benytter fullgjødsel til overgjødsling seinere i veksttida. Tilsvarende er A mye brukt til rot- og grønnfôrvekster. En kan videre si at den høver bra der gjødselbehovet, dvs. N-behovet, er lite.

Fullgjødsel B er nærmest standardgjødsel til klorømfintlige vekster som poteter og en del grønnsakvekster. I hagebruk og grønnsakproduksjon brukes den nok også til klortålende vekster, idet den høyere pris på B, enn f.eks. A, ikke tillegges noen stor vekt.

Fullgjødsel C skiller seg fra A og B ved et noe mindre K-innhold i forhold til N og P. N/P forholdet er, som en ser, praktisk talt det samme (2,2-2,3) for disse 3 fullgjødselslagene. Fullgjødsel C var tidligere "korngjødsla", men er her i stor grad blitt erstattet av D. Fullgjødsel C brukes ellers til eng og fôrvekster, særlig på kaliumrik jord, leirjord.

Fullgjødsel D har et stort marked som korngjødsling, men også til vår- og overgjødsling på eng, der en har stort husdyrhold.

Fullgjødning 25-3-6 ble introdusert som den siste av de klorholdige gjødselslag. Den inneholder bare små mengder P og K. Som korngjødning anbefales den bare for jord i svært god fosfor- og kaliumtilstand, og der en følger utviklingen i næringsstilstanden ved jordanalyser. Den har også fått anvendelse som overgjødning i stedet for rein N-gjødsel.

→ Erstattet av 18-3-15 (kloridholdig)
Fullgjødning F ble lansert for noen år tilbake som helårsfullgjødning til eng i regnrige strøk, idet en tok sikte på at den skulle benyttes både til vår- og overgjødning. Den høver best på kaliumfattig jord. I landsdeler med overveiende grasdyrking vil en imidlertid også ha store husdyrgjødselmengder som i stor grad må nyttes på grasmark. Sammen med husdyrgjødsel og på sterkt husdyrgjødslede arealer, vil det ofte være på sin plass med en langt K-fattigere, såvel som P-fattig kunstgjødning.

Den siste typen, 15-4-12 må betraktes som en spesialgjødning. Den inneholder nok Cu til å motvirke slik mangel, og dessuten 2,5 pst. Mg. 15-4-12 kan ha noe for seg f.eks. til korn på næringsfattig jord der det er fare for Cu-mangel. Da den er klorfattig, høver den til klorømfintlige vekster, og leveres i mindre pakninger beregnet på småhagebruket.

Blanding av kunstgjødselslag

Det er for tiden ingen omsetning av ferdige NPK blandinger her i landet. Slik omsetning er utbredt i mange land, f.eks. USA. Blanding av enkle gjødselslag på den enkelte gård var helt vanlig for noen tiår tilbake. Lenge var det også slik at dette ble billigere enn å kjøpe fullgjødning. I dag er det tvert imot slik at en kjøper næringsstoffene billigere i fullgjødning

enn f.eks. ved å benytte en blanding av kalksalper, superfosfat og kaliumgjødsel. Fordelen med å blande må eventuelt bestå i at en kan tilpasse forholdet mellom N, P og K bedre.

Ved blanding av enkeltgjødselslag stilles det for det første store krav til homogenitet. Blanding i beholderen på kunstgjødselsprederen er neppe brukbart. Gjødselslag med ulike fysiske egenskaper, forskjellig type av granulater eller pulverform, kan skille seg i sprederutstyret og kan resultere i ujevn spredning.

Blanding av enkeltgjødselslag for spredning synes å foregå i liten utstrekning i våre dager. I de tilfelle en bruker PK-blanding gis denne ofte høst eller tidlig vår og N-gjødsel som overgjødsling på et seinere tidspunkt.

Dersom en skal blande, må en ta hensyn til følgende:

1. Visse blandinger kan føre til kjemiske omsetninger som resulterer i gasstap eller tyngre tilgjengelige forbindelser.
2. Visse blandinger kan føre til uheldige fysiske egenskaper, blandingen blir fuktig og/eller hard.
3. Faren for uheldige virkninger er større om blandingen lagres en tid før utspredning, sammenlignet med spredning umiddelbart etter blanding.

Ad 1. En gammel regel sier at ammoniumholdige gjødselslag ikke skal blandes med gjødselslag som inneholder fri kalk, dvs. CaO, da det kan føre til tap av NH_3 i gassform. Dette er av liten interesse i og med at gjødselslag med fri kalk, som Thomasfosfat og kalkkvelstoff, ikke lenger er å få. Tilsvarende er hevdet at kalk blandet med superfosfat kan føre til at det vannløselige $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ går over i ikke vannløselig kalsiumfosfat.

Superfosfat inneholder i blant et lite overskudd av fri syre. Ved blanding med kalksalpeter og lagring av blandinger, har en fått utvikling av nitrøse gasser. Selv om tapet av N er lite, skal en være oppmerksom på faren for forgiftning f.eks. i tette lagerrom.

Ad 2. Lettløselige Ca-salt, som kalksalpeter, kan i blanding med klorid (K Cl) føre til CaCl_2 som er sterkt hygroskopisk. Blandingen kan bli fuktig. Tilsvarende kan Ca-salt sammen med sulfater føre til dannelse av gips og blandingen kan etter hvert bli hard.

Generelt gjelder at faren for uheldige virkninger er langt mindre for granulert gjødsel enn for pulverformig. Gjødselkornene er dessuten gitt et beskyttende lag, av kiselgur e.l., såkalt kondisjonering.

Innblanding av små mengder mikronæringsstoff i kunstgjødsel kan være en utveg til å få spredd slike stoffer. En må ikke blande inn Mn-sulfat i kalkholdige gjødselslag. I den svenske Håndledning om gödselmedel och kalk, advares også mot å blande koppersulfat med kalksalpeter og gjødselborarter med forskjellige ammoniumsalter.

Flytende kunstgjødselslag

Flytende gjødsel har vært gjenstand for stor oppmerksomhet i nokså lang tid. I USA skal 40 pst. av all kunstgjødsel være flytende, noe som ikke minst skyldes det store forbruk av flytende ammoniakk. Det benyttes der både vannfri, flytende ammoniakk og ammoniakk oppløst i mer eller mindre vann. Også sistnevnte har gasstrykk og må behandles deretter.

En kan ellers skille mellom:

- a. Reine oppløsninger av gjødselstoffer
- b. Suspensjoner av gjødselstoffer

I første tilfelle må en bruke salter eller stoffer som er fullt oppløselige i vann. En kan oppnå ganske høye konsentrasjoner, f.eks. nevnes fra USA (Ulysses S. Jones) en løsning med 9 pst. N, 4 pst. og 7 pst. K. Slike løsninger lages med basis i ammoniumfosfat, eventuelt polyfosfat, med tilsetning av ammoniumnitrat ~~nitrat~~ og/eller urea og kaliumklorid. Av reine N-gjødselslag kan en ha løsninger med minst 30 pst. N, f.eks. av urea-ammoniumnitrat.

I suspensjoner kan en bruke også ikke-vannløselige forbindelser, tilsetninger av sporstoffer, o.l. Ved tilsetning av såkalte stabilisatorer kan en unngå utfelling og sedimentering. Slike stabilisatorer kan f.eks. være leire eller i følge Kohl (symp. Vienna 1977), ligno-sulforsyre, oppløst stivelse, m.m. Suspensjoner kan ha et innhold av N+P+K på over 30 pst. Det vil si at de er like høyprosentiske som de norske fullgjødselslag. Slike flytende gjødselblandinger er på forsøksstadiet her hos oss. Reint generelt kan det nok sies at det ikke er grunn til å vente at flytende gjødsel skal gi noen annen og større effekt enn fast gjødsel, innblandet i jorda. Tida vil vise om de kan ha andre fordeler teknisk sett, jevnere spredning, eller om de skal kunne komme til å konkurrere økonomisk med de faste kunstgjødselslag.

Gjødselvanning

Kunstig vanning har fått økt utbredelse også her i landet, ikke bare til grønnsakkulturer som løk, purre, kål m.m., men i mange distrikter også til korn og gras.

Tilsetning av gjødsel til vanningsvannet virker nokså besnærende. Fortsatt synes det også å eksistere visse populærvitenskapelige oppfatninger om at planter bør få næringsstoffene porsjonsvis. I virkeligheten er det ikke grunn til å vente at innblanding av næringsstoffene i vanningsvann skal gi noe annet og bedre resultat enn å strø ut gjødsel først og vanne etterpå. Såkalt delt gjødsling, dvs. overgjødsling i vekst-tida, er på sin plass i mange tilfelle, og gjødselvanning kan da være en praktisk måte for gjennomføring av slik overgjødsling. Ulempene er for det første at en her er henvist til å bruke gjødselslag som er fullstendig oppløselige i vann. Videre er det spørsmål om doseringen blir tilstrekkelig jevn og riktig ved en slik framgangsmåte. Mange av de vannings-systemer som nyttes i dag, gir sannsynligvis lett store variasjoner i vannmengde over korte avstander.

Forsøk med gjødselvanning eller, som det gjerne blir kalt, næringsvanning, er i gang ikke minst i våre nærmeste naboland. En bør imidlertid være oppmerksom på at i praksis kan det bli problemer og ulemper dersom utstyret ikke fungerer hundre prosent.

Bladgjødsling er brukt som betegnelse på sprøyting med næringsstoffer på bladverket. Her gjelder det å få mest mulig til å henge igjen på bladverket. En bruker minst mulig med vann og tilsetter gjerne et klebemiddel. Slik sprøyting er særlig aktuelt for visse mikronæringsstoffer, men er også forsøkt når det gjelder nitrogenløsninger, f.eks. ureasprøyting, noe vi skal komme tilbake til.

3. Virkning og bruk av de forskjellige kunstgjødselslag

Siden fullgjødsel utgjør den helt overveiende del av kunstgjødselforbruket i Norge, knytter det seg størst interesse til virkning og bruk av slike gjødselslag. Likevel er det både naturlig og nødvendig å ta utgangspunkt i virkningen av de forskjellige enkeltgjødselslag. For å klargjøre hvilke typer fullgjødsel som skal velges under forskjellige jord- og klimaforhold, og til de enkelte vekster, må en stort sett bygge på forsøk utført med enkeltgjødselslag. Siktepunktet må være å finne ut hva som er optimal mengde av N og av P og av K, slik at en kan velge fullgjødseltype etter dette. Samtidig er det selvsagt nødvendig å finne ut om enkeltgjødselslagene har andre virkninger enn fullgjødsel. Dette kan også få konsekvenser for hvordan fullgjødsel skal lages. På den produksjonstekniske siden foregår selvsagt en stadig utvikling, og nye gjødseltyper må til en hver tid utprøves i forsøk med planter.

Virkninger på jordreaksjonen

En viktig egenskap ved kunstgjødselslagene er om de på kort eller lang sikt vil påvirke kalktilstanden i jorda. Slike virkninger kan skyldes :

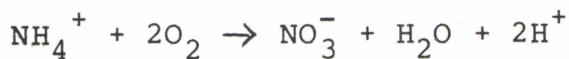
1. Gjødselslagene kan inneholde kalk eller syre. I noen grad kan dette komme til uttrykk ved gjødselslagenes reaksjon, når de løses opp i reint vann.
2. Gjødselstoffer kan omsettes i jorda på en slik måte at det gir reaksjonsendringer.
3. Ved næringsopptaket påvirkes pH i rotsonen. Ved over-skuddsopptak av kationer skiller plantene ut H^+ og ved

overskuddsopptak av anion, OH^- eller HCO_3^- . Dette benevnes som fysiologisk sur, henholdsvis basisk virkning av gjødselslagene.

Av gjødselslag som inneholder kalk og dermed virker positivt på kalktilstanden, hadde vi tidligere Thomasfosfat og kalkkvelstoff. Flytende ammoniakk virker i første omgang basisk: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, men sluttresultatet blir likevel motsatt om ammoniumionet nitrifiseres.

Dihydrogenfosfater av ammonium, kalium og kalsium har en pH på ca. 4. Superfosfat kan i tillegg inneholde litt fri syre. Likevel blir totalvirkningen av disse fosfatene på pH meget liten.

Den reaksjonen som påvirker pH i jorda meget sterkt, og da i sur retning, er nitrifiseringen. Vi har generelt:



For hvert ammoniumion som omsettes til nitrat dannes 2H^+ .

For å oppveie surheten av nitrifiseringen av ett kg N i ammonium kreves 4 kg CaO, regnet ut etter ekvivalentvektene (N=14, CaO=56). Til nøytralisering av 2H^+ medgår 1 CaO eller 1 CaCO_3 . Dette representerer det teoretiske maksimum av kalkbelastning ved tilførsel av ammonium til jord. Når plantene opptar det dannede nitrat, vil dette kunne modifisere, dvs. redusere, den sure virkningen.

Urea omdannes i jord til ammoniumkarbonat. Dette er en base i det CO_3^{--} tar til seg H^+ ioner og danner $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Maksimalt legges beslag på 1 H^+ for hvert N atom i urea. Da nitrifiseringen av det dannede NH_4 gir 2 H^+ , blir sluttresultatet at urea virker svakt surt i vanlig kulturjord, der en kan regne med fullstendig nitrifisering.

Dersom plantene tar opp nitrogenet i form av NH_4^+ , vil resultatet bli en fysiologisk sur virkning. Dersom en tenker seg at det skilles ut 1 H^+ pr. opptatt NH_4^+ vil den fysiologiske sure virkningen svare til 2 kg CaO pr. kg N, eller det halve av nitrifiseringseffekten. Ved opptak av nitrat vil en få den motsatte effekt, men den fysiologiske basiske virkning av NO_3^- opptak synes likevel å være mindre enn den tilsvarende sure virkning av NH_4^+ opptak. Plantene tar opp en rekke positive og negative ioner. Holder vi nitrogen utenfor, vil imidlertid summen av opptatte kationer, $\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{++} + \text{Ca}^{++}$ med flere, være større enn summen av anioner Cl^- , SO_4^{--} , H_2PO_4^- med flere, regnet på ekvivalensbasis. Amerikaneren Pierre (Agron. Jour. 1970) har innført uttrykket: $\frac{\text{Baseoverskudd}}{\text{N}}$ for å vurdere virkningen på kalktilstand av forskjellige planteslag. For enkelte tofrø-bladede vekster nærmer dette forholdet seg 1, dvs. opptaket av kationer i overskudd over anioner er nesten like stort som N-opptaket. I slike tilfelle blir det liten fysiologisk basisk effekt selv om alt N tas opp som nitrat. Enfrøbladede som korn og grasarter opptar derimot langt mindre av baser, og ved nitraternæring vil det bli et overskudd av anioner som kompenseres ved utskillelse av OH^- eller HCO_3^- . Basert på noen norske analyseresultater var $\frac{\text{baseoverskudd}}{\text{N}}$ ca. $0,3 \cdot 0,4$ for korn og gras og i området $0,5-1$ for potet, korsblomstrede fôrvekster og kløver.

Virkningen av forskjellige N-gjødselslag på pH og kalktilstand vil, som en skjønner, variere en god del med planteslag, utnyttingsgrad og i hvilken form nitrogen tas opp. Skjebnen til den ikke opptatte del av N-gjødsel virker også inn. Overskudd av nitrifisert N som vaskes ut legger beslag på ekvivalente mengder av basekationer, og belastes derfor kalktilstanden med

den refererte maksimalverdi. Dersom nitratet tapes ved denitrifikasjon, motvirkes den sure effekt av nitrifisering, i det en kan regne med at det dannes en OH^- pr. NO_3^- som går over i gassform.

I tabellen er gjengitt noen beregnede verdier for kalkbelastning av forskjellige kunstgjødselslag. I overensstemmelse med Nömmik (Växt-Närings-Nytt 1966) er den fysiologiske sure effekt av opptatt NH_4^+ satt til 2 kg CaO pr. kg N, mens den fysiologiske alkaliske effekt av opptatt NO_3^+ er satt til 1 kg CaO pr. kg N. Utnyttelsesgrad omfatter her opptatt ⁱavling, røtter såvel som i mikroorganismer, og resten antas tapt ved nedvasking.

I fullgjødselslagene er det ikke regnet med at P og K har noen effekt, bortsett fra en liten korreksjon for diammoniumfosfat (+1 kg CaO pr. 1 kg P) (Uhlen, Jord og Avling 1970). Det er regnet med at 50 pst. av fosfatet i fullgjødsel har en slik positiv effekt.

Virkningen av gjødselslagene på kalktilstanden og pH i jorda kan variere, også en god del mere enn tallene i tabellen gir uttrykk for.

Som en tilnærmet rettesnor for slike virkninger kan følgende være til hjelp:

1. Av de aktuelle kunstgjødselslag hos oss er det bare kalksalpeter som virker i positiv retning på kalktilstanden. Dette skyldes den fysiologiske alkaliske effekt ved det raske NO_3^- opptaket, og altså ikke at kalksalpeter inneholder Ca. NaNO_3 vil ha en tilsvarende effekt, KNO_3 kanskje noe mindre.

Syre-basevirkning av noen kunstgjødselslag, beregnet som kg CaO:

	N-inn-		100% nitrifisering		50% nitrifisering	
	hold		80% utnyttelse		80% utnyttelse av $\left. \begin{matrix} \text{NH}_4 \\ \text{NO}_3 \end{matrix} \right\} \text{-N}$	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Pr. 100 kg	Pr. 100kg	Pr. 100 kg gjødsel	Pr. 100kg N
Kalksalpeter	14,75	0,75	+10	+65	+9	+58
Kalk.am.salp	13,0	13,0	-19	-73	-9	-35
Am.nitrat	16,5	16,5	-40	-120	-26	-79
Am.sulfat		21,0	-67	-320	-50	-240
Flyt. NH ₃		82,0	-98	-120	-33	-40
Urea 46%			-55	-120	-18	-40
Fullgj. A	5,7	8,0	-18,5	-135	-12	-87
" B	5,3	7,3	-17	-135	-11	-87
" D	9,0	11,0	-26	-130	-17	-85
" F	7,4	8,6	-20	-125	-132	-82
"25-3-6	11,8	12,8	-30	-123	-20	-81
Superfosfat			0		0	
Kaliumgj. 49% K			0		0	
Kaliumsulfat 41%			0		0	

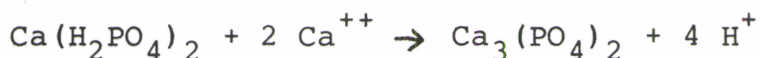
2. Fullgjødselslagenes negative kalkeffekt synes å være av størrelsesorden 100 kg CaO pr. 100 kg N eller 1 kg CaO pr. kg tilført N i fullgjødsel. Den lille forskjell mellom ulike typer i tabellen har sammenheng med noe variasjon i forholdet mellom NH₄ og NO₃. Dette kan sannsynligvis variere, også fra tid til tid.

3. Urea og flytende ammoniakk har ved fullstendig omdanning, dvs. nitrifisering, omtrent samme effekt som ammoniumnitrat og fullgjødselslagene (pr. kg N).

4. Reine ammoniumsalter, som ammoniumsulfat er sterkt surtvirkende gjødselslag.

Langvarige forsøk har ikke vist noen tydelig effekt av fosfor- eller kaliumgjødsling på kalktilstanden. Det er hevdet at rå-

fosfat og tertiære kalsiumfosfater, burde ha en positiv kalk-effekt i forhold til dihydrogenfosfatene, som f.eks. superfosfat. På grunn av manglende oppløselighet blir imidlertid kalkvirkningen av råfosfatene liten. H_2PO_4^- ionene fra f.eks. superfosfat kan felles som di- og trikalsiumfosfater, noe som belaster kalktilstanden. For eksempel etter Brady 1974:



På den annen side kan H_2PO_4^- ionene bindes direkte f.eks. til jern- og aluminiumhydroksyder. Dette kan til og med medføre en ombyttingsalkalitet, idet fosfationene frigjør hydroksyl-grupper.

Kaliumsaltene kan tenkes å ha en litt sur fysiologisk effekt, dersom en noe større del av K enn av Cl, eller SO_4 , tas opp av plantene. Videre ser det ut til at i hvert fall korn- og grasarter tar opp Cl-ioner vel så effektivt som sulfationer. Virkningene av kaliumgjødsling og eventuelle forskjeller mellom K-gjødselslagene, synes i alle tilfelle å være små. Ved korndyrking der halmen pløyes ned kommer kalium og de andre basekationer i stor grad tilbake til jorda, mens det meste av nitrogenet og fosforet fjernes i kornavlingene. Likevel fant en i forsøk ingen virkning på pH i jorda av årlig halmnedpløying, etter 10 eller 20 år (Uhlen, Jord og Myr 1979).

Virking av gjødsling og gjødselslag på kalktilstand kan sikrest måles i langvarige forsøk. En må imidlertid være oppmerksom på at mange jordarter er sterkt bufret med forandringer i pH og kalktilstand. Utslagene kan derfor bli mindre enn det som svarer til den egentlige kalkbelastningen.

Tallene nedenfor viser pH i jorda på langvarige forsøksfelter (referert i Sorteberg's forelesningshefte fra 1965). Result-

tatene fra Rothamsted er etter 80 år på leirjord, fra New Jersey etter 16-17 år og fra Askov (sandjord) etter ca. 8 år.

	Askov			
	Rothamsted	New Jersey	Mark 2	Mark 6
Uten N-gjødsel	5,7	5,4	6,0	6,4
Kalksalpeter		5,8	6,3	6,5
Chilesalpeter	6,3	5,8	6,3	7,0
Ammoniumsulfat	4,8	4,8	5,8	5,4
Kalkkvelstoff		5,8		

Den positive effekt av kalksalpeter kommer også fram i noen langvarige norske forsøk med vanlige jordbruksvekster (Uhlen Ann. agro. 1976).

NLH, Ås, etter 30 år gjødsling:	pH
Uten gjødsling	5,65
Husdyrgj. 6 tonn hvert 6. år	5,7
" + små mengder kalksalpeter	5,85

Møystad, etter 50 års gjødsling:	pH
Uten gjødsling	6,3
Husdyrgjødsel	6,3 , 6,4
N i kalksalpeter små mengder	+0,1
NPK. Store mengder kalksalpeter	+0,4

P i superfosfat og K i kaliumgjødsel hadde ingen eller meget svakt sur, effekt på dette forsøket.

Virkningene av fullgjødsel på jordas kalktilstand har vært gjenstand for adskillig oppmerksomhet i den seinere tid. I en serie forsøk anlagt ved flere norske forskningsstasjoner viser jordprøver klar nedgang i pH og Ca-metning etter bruk av fullgjødsel over en rekke år, sammenlignet med blandingsgjødsel

(Aasen Plantedyrkingsmøte NLH 1977). Etter jordanalysene synes foreløpig nedgangen i basemetning å være noe mindre enn det som tilsvarende 1 kg CaO pr. kg N i fullgjødning.

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 basemetning ^{(Ca nedgang,} Mg og K svak oppgang) etter bruk av stigende mengder F-gjødsling 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 ombyttbare baser.

Ved forsøksstasjonen Bulstofta i Sverige er utført omfattende forsøk vedrørende virkningen av svensk fullgjødning på jordas kalkbehov (Bertilsson 1975). I forsøkene med korn som forsøksvekst har forsureningen av fullgjødning utgjort 50-70 pst. av den teoretiske verdien når denne ble beregnet etter Nömmiks framgangsmåte, dvs. som vist i tabellen side 45.

Ut fra disse foreløpige forsøksresultatene, kan det se ut til at kalkbelastningen av norsk fullgjødning, kanskje kan settes til noe mindre enn den før nevnte norm på 1 kg CaO pr. kg N, i hvert fall for vekster som korn og gras. Brukt i rimelige mengder på grasmark er mulig å oppnå en god utnyttelsesgrad av nitrogengjødsling. Utvasking har vist seg å være langt mindre på eng enn åpen åker. Kalkbelastningen av fullgjødning

vil være størst ved dyrking av tofrøbladede åpen-åkervekster, da disse har et stort baseoverskudd i forhold til N-opptak.

Nitrogengjødselslag - forsøksresultater

Virkingen av ammonium- i forhold til nitratgjødning har alltid vært gjenstand for stor oppmerksomhet og interesse. Det vises for øvrig til første del av forelesningene når det gjelder opptak av disse nitrogenformene.

I vanlig kulturjord er nok situasjonen at $\text{NH}_4\text{-N}$ f.eks. tilført i ammoniumnitrat og fullgjødning, nokså raskt nitrifiseres, og følgelig også tas opp som nitrat. En kan ikke vente noen særlig forskjell i virkehastighet på nitrogenet i kalksalpeter og nitrogenet i f.eks. fullgjødning; begge må karakteriseres som rasktvirkende.

I de tilfelle kalksalpeter og ammoniumholdig gjødning virker forskjellig, kan det ha sammenheng med :

- a. Den før omtalte sure virkning av ammonium og fysiologisk alkaliske av nitrat.
- b. Økt opptak av Ca-ioner etter bruk av kalksalpeter.
- c. I regnrikt klima og når jorda på forhånd er vannmettet, f.eks. tidlig om våren, kan den større bevegelighet av $\text{NO}_3\text{-N}$ enn av $\text{NH}_4\text{-N}$ kanskje medføre forskjell i nedvasking og utvasking.
- d. NH_4 ioner kan på noen leirjorder fikseres med det resultat at virkingen blir litt redusert eller forsinket.

Kalkammonsalpeter av en eldre type med 20,5 pst. N og mye kalsiumkarbonat er sammenliknet med kalksalpeter i tidligere forsøk i forskjellige landsdeler. Resultatet viste at kalkammonsalpeter sto fullt på høyde med kalksalpeter når det gjaldt avlingsutslag i potet, var likeverdig til rotvekster

og med et par unntak, vel også i eng. I noen forsøk i korn i innlandet ga kalksalpeter litt større avling enn kalkammonsalpeter.

I årene 1963-1972 ble kalkammonsalpeter med 26 pst. N sammenliknet med kalksalpeter på 47 kornfelter, mest bygg, på Sør-Østlandet. Resultatet går fram av tabellen

		Kalksalpeter 15,5% Kg N/daa/år				Kalkammonsalpeter 26%			
1963-67	23 felt	2,3	4,7	7,0	9,3	2,3	4,7	7,0	9,3
1968-72	24 "	4,7	7,0	9,3	11,6	4,7	7,0	9,3	11,6
		Kornavlinger kg/daa							
Alle felt		320	355	379	385	315	351	378	377
						-5	-4	-1	-8
32 felt med lite legde		300	341	369	384	294	338	366	373
						-6	-3	-3	-11
Legdeprosent									
Alle felt med legde		13	18	31	45	13	18	30	43

Fastliggende N-forsøk i korn, Ås 1964-80

	Kalksalpeter				Kalkammonsalpeter		
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₁	N ₂	N ₃
Bygg, kg korn	204	328	400	414	320	391	400
					-8	-9	-14
Havre, kg korn	216	327	385	417	327	387	415
					0	+2	-2

Av det siste forsøket ser en at det bare er i bygg at kalksalpeter har gitt større avling enn kalkammonsalpeter.

I en svensk serie på 61 felter i vårkorn er sammenliknet virkningen av N i svensk NPK-gjødsel nedmoldet får såing, og gitt som overgjødsling etter oppspiring, med N i kalksal-

peter og svensk kalkammonsalpeter (28% N) gitt henholdsvis som overgjødning og nedmoldet. P- og K-gjødsel er nedmoldet, og i begge de to siste tilfelle gitt før såing.

Svenske forsøk i vårkorn* 1970-77, 61 felt.

(Mattson og Eriksson, Rapp. 114 Inst. f. markvet. sk. 1978)

	NPK nedmoldet				NPK overgj.			Kalkam.salp. nedmoldet			Kalksalp. overgj.		
	0	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Kg N pr.dekar	0	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Kg korn "	330												
Kg merav.		86	129	140	80	123	133	87	129	144	98	138	136
Meropptak N No=100		130	151	166	130	154	171	130	153	171	136	165	177

De svenske, i likhet med de norske forsøk, viser en liten overlegenhet for kalksalpeter. Kornplantene synes også å ha tatt opp litt mere N når alt er tilført som nitrat, sammenliknet med N som ammoniumnitrat. Når NPK overgjødning står dårligst, kan det også ha sammenheng med redusert PK-effekt. Den svenske fullgjødning har en noe større del av nitrogenet i ammoniumform, og virker litt mer forsurende enn den norske. Den forsurende effekt av kalkammonsalpeter er i alle tilfelle liten.

I forsøk i kornåker er det videre slik at store N-mengder kan føre til legde og avlingsnedgang. En sammenlikning av gjødselslag under slike forhold er uten mening, og det kan ikke tillegges vekt at kalksalpeter ved en tilførsel på 12 kg N/daa har gitt litt mindre avling enn f.eks. kalkammonsalpeter i den svenske serien.

Ut fra disse resultatene, ser det ut til at en kan regne med en liten avlingsøkning kanskje, ca. 10 kg korn/daa av bygg,

ved å bruke kalksalpeter som N-kilde, i stedet for f.eks. fullgjødsel. Imidlertid er prisen pr. kg N i kalksalpeter noe høyere enn de øvrige N-gjødselslag. En kombinasjon av kalksalpeter og PK-gjødsel synes, med dagens priser, å bli en minst like dyr gjødsling som fullgjødsel.

Innkjøpsprisen pr. kg N var i des. 1981 (sjølager Oslo) kr. 5,00 i kalksalpeter, mens tilsvarende priser i urea og ammoniumnitrat (Skogan) var kr. 3,02 og 3,68 pr. kg N. Tilsvarende innkjøpspris (des. 1981, uten frakt og moms) var pr. 50 kg D kr. 64,90. Samme mengde N (10 kg) og P (24) og nesten samme mengde K (4,5 kg) i kalksalpeter og PK 7-13 vil komme på 71 kr. I tillegg får en merarbeid med blanding, eller spredning, ved siste alternativet. Ensidig bruk av kalksalpeter kan være aktuelt på arealer som i foregående år har fått tilført store mengder husdyrgjødsel. For øvrig har kalksalpeter fortsatt son plass ved overgjødsling i veksttida til en rekke vekster.

Urea er som nevnt lite brukt her i landet, men er et svært viktig gjødselslag internasjonalt sett. Sammenlikning av urea og kalksalpetergjødselslag er utført i betydelig omfang også hos oss. I regi av Rådet for jordbruksforsøk ble i 1960-63 utført forsøk i eng, poteter og korn over hele landet. Noen hovedresultater av disse forsøkene gjengis nedenfor (etter Furunes Forskn. og fors. i landbr. 1966):

	N ₀	N ₁		N ₂	
		Urea	Salpeter	Urea	Salpeter
Eng 1. slått kg høy 54 felthøst.	511	704	708	791	799
Eng 2. slått kg høy 12 felthøst.	143	216	229	290	332
Korn kg	283	340	352	377	379
14 felt legde %	20	31	32	51	57
Poteter, knoller 9 felt kg	2450	2950	2980	3240	3230

Salpeter = kalksalpeter til eng og korn og til potet kalkammonsalpeter

Mengdene tilsvarende ved N₂: Til eng 7,5 kg/daa om våren og eventuelt 5 kg etter 1. slått. Til korn 5 kg og til potet 7,5 kg (N₁ = 50% av N₂).

Resultatene viste at urea sto noe tilbake for kalksalpeter ved gjødsling til korn og som overgjødsling etter 1. slått til eng, særlig i innlandsstrøk, mens det i middel var liten eller ingen forskjell på gjødselslagene ved vårgjødsling til eng og til poteter.

I 1960-åra var det en viss interesse for urea gitt som bladgjødsling, særlig til korn, men også til andre vekster, bl.a. frukttrær. Urea er svært lett løselig i vann, og en slik molekylær løsning av urea kan ha tekniske fordeler fram for saltløsninger, f.eks. at den ikke tærer på sprøyteutstyr og er lett å blande med forskjellige ugras- og andre plantevernmidler. Til korn kan en uten skade sprøyte med en 10 pst. løsning av urea. Andre vekster tåler bare en eller noen få prosent løsning.

Virkingen av urea ved sprøyting og gjødsling sammenlinet med salpeter i norske forsøk refereres nedenfor etter Lyngstad (Forskn. og fors. landbr. 1972).

Forsøk med urea og kalksalpeter til korn på Østlandet og i Trøndelag (kg korn/dekar):

Kg N/daa	Serie 1, 20 felter			Serie 2, 15 felter	
	2,3	4,6	6,9	2,3	4,6
Kalksalpeter gjødsling	291	338	348	289	329
Urea "	275	310	334	274	306
Urea sprøyting	261	295	328	270	294
Kalksalpeter "				288	322

Som en ser, har kornavlingen blitt klart mindre ved gjødsling med urea enn etter kalksalpeter. Ureasprøyting etter oppspiring har gitt dårligere effekt enn ureagjødsling i forbindelse med såing. Sprøyting med kalksalpeter har derimot virket bra. Forklaringen på disse resultatene synes å være at det lett foregår tap fra urea. Urea hydrolyseres som nevnt til ammoniumkarbonat. Denne er alkalisk, og uten god kontakt med jord, god nedmolding, får en lett tap av NH_3 . I tørt og varmt vær øker faren for gasstap. Det er også mulig at urea kan hydrolyseres og nitrogen tapes fra bladoverflatene.

I seinere forsøk har Lyngstad (Forskn. og fors. i landbr. 1977) sammenliknet urea og kalkammonsalpeter ved radgjødsling og breigjødsling. I siste tilfelle ble gjødsla harvet ned før såing:

Kornavling i 12 forsøksfelt i vårkorn

Kg N pr. dekar	Breigjødsling			Radgjødsling		
	3	6	9	3	6	9
Kalkammonsalpeter	281	341	376	290	352	386
Urea	273	334	360	282	351	386

Ved radgjødsling, dypgjødsling har urea virket like bra som kalkammonsalpeter.

I svenske forsøk med bygg, havre og hvete er urea sammenliknet med kalkammonsalpeter. Ved nedmolding har forskjellen i meravling vært liten, men uten nedmolding har urea som regel virket dårligere enn kalkammonsalpeter. I en større forsøks-serie har urea radsådd ved duppgjødsling gitt større avling enn urea breigjødslet ved såing og også vel så godt resultat som kalksalpeter breisådd 2-3 uker etter oppspiring (flere rapporter fra Avd. f. växtnæringslära).

Det ser ut til at det er svært viktig at omsetningen av urea foregår nede i jorda, slik at NH_3 -tap unngåes. Den bedre virkning av radgjødsling forklares gjerne ved at næringsopp-taket blir mer effektivt når gjødsla finnes i noe dypere sjikt der uttørking ikke begrenser røttenes aktivitet. (Mer om dette seinere.)

Flytende ammoniakk har både når det gjelder virkning og bruk spesielle egenskaper. Flytende ammoniakk må tilføres gjennom rør og labbesystem nede i jorda. I samarbeid med Norsk Hydro ble det ved Institutt for jordkultur i 1949-1953 utført nokså omfattende undersøkelser med ammoniakk til forskjellige vekster (Ødelien og Bjørkum Forskn. og fors. i landbr. 1954). I disse forsøkene viste flytende nedfelt ammoniakk seg omtrent likeverdig med kalkammonsalpeter til poteter og kålrot og det har heller ikke noen tydelig forskjell i kornavlingen ved bruk av ammoniakk sammenliknet med salpeter.

Tilførselen av ammoniakk vil bli konsentrert i rader eller strenger med 25-30 cm avstand og i 10-15 cm dybde. I disse strengene vil det først bli en tydelig pH-signing, f.eks. opp til pH 9. Ammoniakken vil diffundere mer eller mindre ut fra tilførselspunktet, og vil også omsettes til nitrat etter kor-

tere eller lengre tid. Dette fører med seg en pH-senkning som målt i produsert H^+ er ca. det dobbelte av den alkaliske virkningen av NH_3 . Det er imidlertid mulig at nitrifiseringen kan bli noe hemmet. I følge Wetselar m.fl. (Plant and Soil 1972), uteble nitrifiseringen om konsentrasjonen av NH_3 var så mye som 3000 ppm, og om pH samtidig var over 8 i jorda.

Fra mikrobiologien er kjent at stor NH_3 -konsentrasjon, og samtidig høy pH, hemmer det andre trinnet i nitrifiseringsprosessen (Nitrobakter) slik at en viss akkumulering av nitritt (NO_2^-) er mulig. Nitritt kan virke som plantegift. Det er også antydnet at ammoniakk ved disse konsentrasjoner kan danne tungtløselige forbindelser med humusstoffer i jord. Siden flytende ammoniakk synes å konkurrere meget bra med andre N-gjødselslag i avlingseffekt, må en likevel anta at de ovenfor nevnte skadevirkninger er av mindre praktisk betydning.

I Danmark er det utstrakt bruk av flytende ammoniakk i jordbruket (43% av all N-gjødsel i følge oppgaver for 1981). Flytende ammoniakk har derfor vært sammenliknet med andre N-gjødselslag i et meget stort antall forsøk til mange vekster i Danmark. I middel for mer enn 400 spredte forsøk i bygg ga flytende ammoniakk 5-8 pst. større meravling enn de samme mengder N (4-12 kg dekar) gitt i kalksalpeter. Årsaken var nok, i hvert fall delvis, at NH_3 ble radgjødset og dypgjødset, men det nevnes også i Beretninger for Fællesforsøg i Lanbo- og Husmandsforeningene 1968, at spredningen av kalksalpeter for hånd på forsøksrutene kanskje ikke alltid ble like jevn som ammoniakkdoseringen. I en noe seinere undersøkelse (referert i 1971), sammenliknet en ammoniakk også med radsådd og nedmoldet kalkammonsalpeter og urea. I middel for 159 felter i bygg ga da de tre gjødselslagene i middel samme meravling.

I de danske forsøk har ammoniakk vært likeverdig eller litt bedre enn salpeter til de fleste vekster, kanskje med unntak av høstkorn og eng. Ved nedfelling av ammoniakk om våren i høstsæd ble det mekaniske skader på plantebestanden. I vårkorn har en derimot kunnet nedfelle NH_3 ved oppspiring og seinere, og fått like store avlinger som ved annen N-gjødsling, i de danske forsøkene.

På grasmark er det tekniske problemer med nedfelling av ammoniakk. Det vil også kreve mer trekraft enn i åpen åker. Plantedekket kan rives opp, og ved høsting kan grasavlingen bli forurenset av jord. Til eng som skal høstes flere ganger kommer en neppe bort fra å gjødsle etter hver høsting. Gjødsling med ammoniakk om høsten ga dårlig N-virkning neste år i et norsk forsøk. I Danmark har dette vært forsøkt, men med varierende resultater. Høstgjødsling med ammoniakk, så vel som annen kunstgjødsel som inneholder N, må frarådes både av økonomiske og forurensningsmessige grunner.

Virkning og bruk av fosforgjødsel

Som nevnt blir superfosfat omsatt etter innhold av vannløselig P, mens for fullgjødsel nyttes citratløselig. Dette betyr lite, både fordi at praktisk talt all fosfor i superfosfat og i PK-gjødsel er vannløselig, og fordi en kan regne med at også citratløselig fosfor er plantetilgjengelig. I fullgjødsel er som nevnt ca. 80 pst. av fosforet også løselig i vann. Det er liten grunn til å vente at fosforet i dagens fullgjødsel virker anderledes enn fosforet i superfosfat.

Thomasfosfat har tidligere vært et brukbart alternativ til superfosfat. Fosforet i Thomasfosfat er ikke vannløselig og

innholdet bestemmes i en svak sitronsyreløsning. På mineraljord i vanlig god kalk- og fosfortilstand har fosforvirkningen helst vært litt dårligere enn av superfosfat. Dette gjaldt særlig førsteårsvirkningen, og Thomasfosfat har både i norske og danske forsøk vært mer konkurransedyktig ved mange års bruk.

Thomasfosfat har som ventet hevdet seg bra på sur jord, og kanskje særlig sur myrjord. Den var ellers særlig populær til forrådgjødsling ved oppdyrking, da den i tillegg til fosfor også inneholder kalk og en rekke sekundær- og mikro-næringsstoffer. For øyeblikket er det svært usikkert om Thomasfosfat eller noe liknende fosforgjødselslag vil komme tilbake på markedet.

Granulering, radgjødsling og nedmoldningseffekter

Tidligere var superfosfat såvel som Thomasfosfat og råfosfat i pulverform. Forsøk i Sverige for nesten et halvt hundre år siden, viste at granulert vare av superfosfat ga bedre fosforvirkning og større meravling enn superfosfat i pulverform. Dette ble tilskrevet at fosforet ble noe beskyttet mot ugunstig binding i granulatene. Seinere forsøk i mange land har vist liknende resultater, vel og merke på jordarter der fosforbindingen har vært særlig ugunstig.

På tilsvarende måte har det vist seg at radgjødsling av fosfor kan føre til mer effektiv utnyttelse av gjødsel fosforet. Forskjellen er særlig stor på jord med sterk binding av tilført fosfor. Ved radgjødsling kan en altså få samme avling ved en mindre fosfortilførsel enn om fosforgjødsel blandes inn i hele jordvolumet. Ettervirkningen kan vel forventes å bli noe mindre ved en god utnyttelse i gjødslingsåret, men forskjellen er neppe stor siden opptatt P bare utgjør en brøkdel av det

tilførte, f.eks. 10-20 pst. første året.

Ved radgjødsling oppnår en å få plassert gjødsel fosforet et stykke ned i jorda, der fuktighetsforholdene kan være gunstigere for røttenes aktivitet enn hva som er tilfelle i overflatesjiktet.

Virkingen av nedmolding har vært og er fortsatt gjenstand for diskusjon og noe divergerende oppfatninger. Det synes nå som om virkingen kan bli noe anderledes på grasmark enn på åpen åker.

Det er hevdet at når fosforet bare tilføres på overflaten, og bindes i de øvre centimetre av ploglaget, vil dette resultere i at røttene blir konsentrert her. Dette skulle videre føre til dårligere rotutvikling og mer tørkesvake planter. Ut fra dette er anbefalt å gi en stor mengde fosfor i gjenleggsåret da fosforet kan moldes ned (forrådgjødsling). Tesen om mer tørkesvake planter ved overgjødsling synes ikke å være dokumentert i forsøksresultater, og bør vel neppe tillegges stor vekt. Dersom røttene ikke blir hindret på annen måte, ugunstig struktur etc., vil de sannsynligvis utvikle seg der jordfuktighet finnes.

En annen ting er at nedmoldingen kan spille en stor rolle for virkingen av tilført fosfor til vårsådde grøder, særlig under tørre forhold. I en del svenske forsøk har superfosfat virket adskillig bedre etter nedmolding med dyp harving eller med skumplog sammenliknet med bare grunn nedmolding. I tilsvarende danske undersøkelser fant en ingen forskjell i fosforeffekt etter grunn pløying og grunn harving. Et eksempel fra et forsøk på fosforfattig leirjord i Ås, i et svært tørt år, kan likevel tjene til som et eksempel på hva en kan risikere om fosforet ikke kommer ned i jorda.

Kg P i superfosfat	0	2	8	8 ¹⁾
Kg bygg/dekar	289	324	367	309
		+35	+78	+20

1) Superfosfat gitt på overflaten eller såing og tromling.
For de øvrige ledd vanlig nedharving.

Den sannsvnlige årsak til at kornplantene i dette tilfelle ikke har fått tak i fosforet, er at jorda har tørket ut i overflaten umiddelbart etter såing, slik at det har vært liten rotutvikling i dette sjiktet. Resultatet er neppe representativt, og en slik overgjødning med fosfor, eller kalium, er heller ikke vanlig praksis. Et unntak er likevel ved vårgjødsling av høstkorn. Under mer fuktige forhold vil en nok kunne rekne med å få en brukbar effekt av P og K, så vel som N, også om en av forskjellige grunner er henvist til å gjødsle f.eks. med fullgjødning etter kornsåing.

På eng og beite er gjødning på overflaten det normale, også når det gjelder fosfor. Forrådgjødsling med fosfor i gjenleggsåret for å få moldet gjødsla ned har ikke minst vært anbefalt og praktisert i Sverige. Hos oss er det nå lite brukt, da praktisk talt all fosforgjødsling er i form av fullgjødning. Virkningen av forrådgjødsling er ellers ikke bare et spørsmål om nedmolding, men også om virkningen av store mengder på en gang, og om binding av tilført fosfor over tid.

Før vi går over til å behandle noen forsøksresultater, skal vi se på en spesiell undersøkelse som tok sikte på å måle effekten av fosfor som var plassert i ulike dybder i profilet i en grasmark (etter Uhlen og Steenberg, Forskn. og fors. i landbr. 1965):

Opptatt fosfor i plantene, miligram pr. rute.

	P breisådd, overflaten	P plassert under overflaten, antall cm					
		1	2,5	5	10	20	30
1956							
Liten vanntilgang	8,0	8,1	5,2	5,5	3,7	2,6	0,7
God vanntilgang	14,4	11,9	11,5	11,4	5,9	1,7	1,9
1957							
Ved skyting av timoteien	9,7	7,0	6,0	5,9	3,6	1,5	0,8
Ved blomstring av timoteien	9,6	6,6	4,7	5,7	4,0	1,7	1,5

Forsøket var det en kan kalle et mikromarkforsøk, der de enkelte ruter bare var 20x20 cm.

Det isotopmerkete fosfor (^{32}P) ble tilført ved hjelp av et tynt glassrør punktvis til ønsket dybde.

Grasdekket var overveiende timotei, 2 års eng i 1956 og 3 års eng i 1957. Jordarten var moldholdig middels stiv leire.

I 1956 ble anbrakt et tak over en del av forsøket for å simulere tørkeforhold, men også her ble vannet med 10 mm straks etter gjødsling. Fuktighetsforholdene var derfor gunstige i startfasen, noe det vanligvis er på eng og beite om våren.

Som en ser, ble resultatet at opptaket av fosfor var størst fra overflatetilført superfosfat, og avtok sterkt særlig ved plassering dypere enn 5-10 cm. Nokså overraskende var "nedmolding" også uheldig ved knapp vanntilgang i veksttida. Forklaringen synes å være, for det første, at timoteien hadde svært lite røtter nedover i denne jorda. Videre vil bladverket beskytte jordoverflaten mot direkte uttørking, og røttene har tydeligvis fungert, også i overflatesjiktet. Resultatet ovenfor synes ellers å være en bekreftelse på tidligere erfaringer med overgjødsling på eng. I 1946-50 ble utført et svært stort antall forsøk med fosfor- og kalium-

gjødsling til eng på landsbasis (Sorteberg, Forskn. og fors. i landbr. 1959). Året 1947 var et ekstremt tørkeår, og over Østlandet var det praktisk talt ikke nedbør fra gjødsling til høsting. Høyavlingene ble små, men virkningen av superfosfat gitt om våren var likevel overraskende god, i hvert fall ikke entydig dårligere enn i de øvrige forsøksårene.

Forrådsgjødsling med fosfor i gjenleggsåret er sammenliknet med samme mengde fordelt på 4 år (korn, 3 år eng) i to forsøks-serier på Østlandet.

I den første serien hevdet forrådsgjødsling seg bra, i middel ble avlingene omtrent like store eller større ved forråds- enn ved årlig gjødsling (Retvedt Meld. NLH 1947). Det var likevel et spørsmål om forrådsgjødsling ville være tilstrekkelig for jord i dårlig fosfortilstand og sterk fosforbindingsevne. I den andre serien valgte en stort sett ut forsøkssteder der jordanalyser viste sur, fosforfattig jord. Serien omfattet 16 felter, på mjele og leirjord. Mengdene var 120 kg superfosfat pr. dekar som forrådsgjødsling og 30 kg ved årlig gjødsling, kombinert med 600 kg kalksteinsmjøl pr. dekar i kornåret. Avlingsresultater som meravlinger i förenheter pr. dekar ble (Uhlen Forskn. og fors. i landbr. 1957):

	Uten kalk		Med kalk	
	Forrådsgj.	Årlig gj.	Forrådsgj.	Årlig gj.
1. år korn+halm	+51	+27	+44	+27
2. år 1.års eng	+53	+56	+31	+35
3. år 2. " "	+34	+42	+18	+32
4. år 3. " "	+54	+68	+32	+48
Middel 4 år	+48	+48	+31	+35

Den store P-tilførselen (120 kg superfosfat 8% pr. daa) har gitt større avling enn en normal gjødsling (30 kg) i kornåret,

men har ikke gitt fullgod fosforforsyning i 2. og 3. engår. På disse fosforfattige jordene ville det nok ha svart seg å gjødsle med fosfor i de siste to engår, i tillegg til forråds-
gjødslingen i gjenleggsåret. Kalking har forbedret fosfor-
forsyningen fra jorda og dermed ført til mindre utslag for
gjødsling. (Negativt samspill, avlingsmessig sett.) Dette
kan kanskje se ut til å samsvare dårlig med innholdet av lett-
løselig fosfor i jorda bestemt ved jordanalyse.
I jordprøver fra 5 av de 16 forsøksstedene ble utført under-
søkelse av bindingen av fosfor. Det ble blandet inn til dels
store mengder superfosfat, og etter ca. 6 måneder ble bestemt
hvor stor del av tilført P som var såkalt laktatløselig (Lt).

Tilført P, kg/daa i superfosfat		10	20	40	80	
		Lt uten P	Prosent laktatløselig			
Ikke kalket	pH ca. 5,5	1,3	16	19	22	26
Kalket	pH ca. 6,5	1,4	18	21	24	27

Jordanalysene tyder på at bindingsforholdene blir litt bedre ved kalking, og ved tilførsel av store mengder vil en stadig større del av det tilførte være lettløselig i jorda. Når dette ikke kommer til uttrykk i avlingene, henger det sammen med det vi har kalt loven om det avtakende utbytte (utbytte-
økning).

For virkningen av en forråds-gjødsling med P sammenliknet med gjentatt årlig gjødsling spiller også tidsfaktoren en rolle. Dessuten kan en ikke se bort fra at fosfor tilført på overflaten av eng faktisk kan virke vel så godt som fosfor blandet inn i jorda på grunn av den større konsentrasjon av røtter i overflatesjiktet (se foran).

Fosforbinding over tid ble undersøkt i spesielle ramme-forsøk med jord fra de 16 forsøksfeltene med forrådgjødsling. Kalk- og fosformengdene i ramme-forsøket var to ganger større enn i mark-forsøket, og rammene ble holdt helt fri for plantevekst. Fosfortilstanden undersøkt ved jordanalyse siste gang etter ca. 15 år, og samtidig ble da utført et kar-forsøk med jord fra de ulike behandlinger. Med tilførsel av radioaktivt P i superfosfat til havre var det mulig å fastslå hvor stor del av fosforet tilført ca. 15 år tidligere som fortsatt var like tilgjengelig som en ny fosfortilførsel (Uhlen og Steenberg 1982).

Relativ tilgjengelighet av fosfor tilført 13-16 år tidligere i forhold til ny tilførsel = 100 (16 jordarter):

	Isotop- metode	P-AL	Lt
Ikke kalket	21	21	13
Kalket (før P-tilførsel)	25	24	13

Sammenliknet med superfosfat tilført like før såing, hadde fosforet lagret i jorda en tilgjengelighet på bare 20-25 pst. Dette er tilfelle vurdert ut fra fosforopptak i havre, så vel som ved den jordanalysemetoden som nå benyttes, nemlig P-AL. Den tidligere brukte laktatmetoden (Lt) representerer en svakere ekstraksjon. Det kan nevnes at vel ett år etter den opprinnelige P-gjødslingen, utgjorde økningene i Lt 22 og 28 pst. av tilført for henholdsvis uten og med kalk i middel for de 16 jordartene. Det har foregått en ytterligere fastlegging i 15 års perioden, men det er likevel viktig å legge merke til at den overveiende del av fosforet var overført til en ikke-laktatløselig form allerede første året.

Virkningen av pH og av kalking var helt ubetydelig i denne undersøkelsen med jord fra Østlandsområdet. I en tysk undersøkelse i karforsøk med en sterkt sur sandjord, pH 4,5, og en leirholdig sandjord, pH 4,7, sammenliknet Gericke forskjellig tidspunkt for kalking og fosforgjødsling. Tallene står for meropptatt fosfor i havre i prosent av fosfor i tilført superfosfat.

Tid mellom innblanding og såing for			
CaO	P	Sandjord	Leirblandet sandjord
	6 mnd.	8,4%	13,8%
	6 dager	28,2%	13,5%
6 mnd.	6 mnd.	22,6%	25,7%
6 "	6 dager	30,9%	32,8%
6 dager	6 mnd.	20,9%	19,1%
6 "	6 dager	32,9%	50,7%

Som en ser har innblanding av superfosfat et halvt år før såing vært uheldig. Kalking har på disse to sterkt sure jordartene nokså klart motvirket uheldig binding av fosfor. Vi legger også merke til at kalking før og samtidig med fosforgjødsling har virket bedre i så måte enn kalking etter at fosforfastleggingen har funnet sted.

Selv om virkningen ikke alltid er så stor, kan vi som hovedregel regne med at kalking øker tilgjengeligheten av fosforreservene i jorda, og kan også føre til bedre utnyttelse av gjødselselfosforet. Det siste gjelder vel og merke lettløselige fosforgjødselslag som superfosfat, kalisuper og fullgjødsel. Derimot vil fosfor i råfosfat og Thomasfosfat kunne bli tyngre tilgjengelig ved samtidig kalking og på kalkrik jord.

Høstgjødsling med fosfor og kalium

Høstgjødsling med kunstgjødsel er lite brukt her i landet.

Slik gjødsling kan medføre

- a. Mindre tilgjengelighet på grunn av ugunstig binding. Som nevnt er dette aktuelt når det gjelder fosfor.
- b. Utvaskingsrisiko. For fosfor er vel dette tilfelle bare på helt spesielle myrjorder. For kalium er det derimot bare forsvarlig med høstgjødsling i innlandsstrøk og da på leirholdige jordarter.
- c. Arbeidsmessige fordeler. Hensyn til lagerplass.
- d. Prismessig. For tida neppe fordelaktig med enkle P og K-slag, sammenliknet med fullgjødsel (som ikke er aktuell til høstgjødsling).

I eldre danske forsøk på spredte felter i Jylland ga høstgjødsling med superfosfat grovt regnet 10-30 pst. mindre meravling av rotvekster enn vårgjødsling. Noe tilsvarende fant en i et langvarig forsøk på Lundegaard i Danmark. Høstgjødsling med kaliumgjødsel 33% var i danske forsøk dårligere enn vårgjødsling, unntatt til poteter der vinterutvasking av Cl kan ha betydd noe.

Hasund fant i middel for 60 felter i Norge omtrent samme meravling av høy etter høst- som vårgjødsling med 50 kg Thomasfosfat pr. dekar.

I seinere tid er blant annet utført noen forsøk på Østlandet med sammenligning av høst- og vårgjødsling, og gjødsling årlig, 2. og 4. hvert år med superfosfat og med kaliumgjødsel 49%. Materialet er lite og utslagene for fosfor, og særlig kalium, har vært svært små. Likevel ble avlingene i middel for forsøkene størst når P og K-gjødsel ble gitt om våren og ved gjødsling hvert år.

Situasjonen idag er mange steder at jorda er tilstrekkelig fosfor- og kaliumtilstand. Gjødslingen med disse stoffer har som siktemål mer å vedlikeholde næringstilstanden enn å øke avlingene. Under slike forhold betyr det selvsagt mindre når, og på hvilken måte, denne vedlikeholdsgjødslingen skjer, forutsatt at en unngår større tap ved utvasking og på annen måte.

Kaliumgjødselslagenes virkning og bruk

I de vanlige kunstgjødselslag er kalium tilstede som helt oppløselige salter. Virkningen av K som sådan blir derfor den samme i alle de aktuelle gjødselslag. Derimot kan anionkomponenten, klorid eller sulfat, ha betydning, i hvert fall for enkelte vekster. Mindre høyprosentiske K-gjødselslag, som ble brukt tidligere, inneholdt i tillegg noen følgestoffer, som Na og Mg.

Av jordbruksvekstene er potet kjent som såkalt klorømfintlig, egentlig kloridømfintlig. Kloridholdig gjødsel fører til nedsatt stivelse- og tørrstoffinnhold i knollene, idet transporten av fotosyntetiske produkter fra blad til knoll blir hemmet. Tørrstoffinnholdet i poteter kan også bli noe nedsatt av store mengder Cl-fri K-gjødsel og av sterk N-gjødsling.

Nedenfor gjengis noen eldre norske forsøksresultater som nok fortsatt har gyldighet. K-mengden som ble brukt var 10 kg K_2O /dekar = 8,3 kg K.

	Møystad (20 felter)			Voll (15 felter)		
	Tørrst. %	Meravl. kg/dekar Knoller	Tørrst.	Tørrst. %	Meravl. kg/dekar Knoller	Tørrst.
Kaliumgjødse 33%	21,2	217	14	22,5	281	22
Klorkalium	21,7	184	18	-	-	-
Dalen kali	-	-	-	22,9	285	34
Kaliumsulfat	22,4	155	32	23,4	308	56
Kaliumnitrat	22,9	163	45	22,6	294	49

De klorholdige K-gjødselslag har. ihvertfall i enkelte forsøk, gitt vel så stor meravling i kg knoller som de klorfrie, mens tørrstoffprosent og tørrstoffavling blir størst ved bruk av kaliumsulfat eller kaliumnitrat. En må derfor regne med at Cl-holdig gjødse forringer kvaliteten av potetene brukt til mat og andre formål.

Forholdet mellom Cl og K er størst i de lågprosentiske kalium-gjødselslag. I kaliumgjødse 49 er det ca. 9,5 kg Cl pr. 10 kg K. I kaliumsulfat er det bare ca. 0,3 kg pr. 10 kg K. Husdyrgjødsel kan inneholde betydelige mengder Cl, og da en gjerne bruker litt store mengder, kan også Cl-innholdet i husdyrgjødsel være årsak til nedsatt tørrstoffinnhold, brukt til potet. Med et innhold på 0,18 pst. Cl (middel for norske analyser av relativt fast gjødse), tilfører en med 6 tonn noe over 10 kg Cl.

Cl-ionene vaskes meget lett nedover i jorda, noe som kan bety noe ved høstgjødsla med husdyrgjødsel eller kaliumklorid.

I regnrrike strøk kan en kanskje få noe av Cl fra vårgjødsla vasket ut før setting av potetene. På sandjord, som er særlig aktuell til potetproduksjon, kan imidlertid også kalium lett tapes ved utvasking.

Virkingen av klorid på tørrstoffinnhold i potet synes å være tillagt større vekt hos oss enn i mer sydlige land. Tørrstoffinnholdet, i mange vekster, er ofte lite under rikelig tilgang på fuktighet og langt mot nord. På den annen side viste forsøkene i Trøndelag at nedgangen i tørrstoffinnhold i potet ved bruk av kalimklorid var større i tørre enn i fuktige år. Kvalitetsmessig kan nok likevel en nedgang i tørrstoffinnhold bety mest om tørrstoffinnholdet ellers er minimalt.

Til flere hagebruksvekster bør brukes kloridfattig gjødsel. Det gjelder tomat, bønne, agurk, melon, graskar og lauk (Balvoll Handbok i gjødsling 1962), mens kloridholdig gjødsel i følge Balvoll skal være best til purre og selleri. Av vekster som ikke er aktuelle under norske forhold kan nevnes at tobakk, bomull og vinstokk er Cl-ømfintlige, mens olje- og kokospalmer skal ha klorid (Mengel og Kirkby 1978.)

Som kjent er Cl-fattig 35-40% dyrere enn Cl-holdig kaliumgjødsel. Tilsvarende faller de Cl-fattige fullgjødselslag dyrere enn de Cl-holdige.

Fullgjødsel sammenliknet med blandinger. For ca. 40 år siden ble ^{gjødsel} full- sammenliknet med de vanlig brukte enkeltgjødselslag til eng og til potet. I alt 134 felthøstinger i 1-3 årige forsøk over hele landet. I middel ga den fullgjødsel som var på markedet den gangen, en meravling på 93 pst. av meravlingene av de samme mengder N, P og K i blandingsgjødsel. Resultatet bør sees i sammenheng med at fosforet i denne fullgjødsel var bare 25 pst. vannløselig mot 100 pst. i superfosfat.

I noen flerårige forsøk som Institutt for jordkultur fikk gjennomført i 1950-60 åra på spredte felter i flere landsdeler, var det ingen entydig forskjell i avlingene etter bruk av fullgjødsel og tilsvarende mengde N, P, K i kalkammonsalpeter, super-

fosfat og kaliumgjødsel.

Gjødselspredningen

Til spredning av kunstgjødsel brukes i stor utstrekning sentrifugalspredere. Dette utstyret slo i gjennom på grunn av at det er enkelt og billig, sammenliknet med andre typer, f.eks. tallerkenspredere. Ved sentrifugalspredere vil en få mer eller mindre avtakende spredemengde utover til sidene fra kjørestripen. En må derfor kjøre slik at det blir en viss overlapping. Det er likevel en god del ujevn gjødselspredning å se, som en følge av dårlig utstyr og feilaktig kjøring. Til korn og poteter, særlig på større bruksenheter, har en i stor utstrekning tatt i bruk radgjødslingsutstyr. Det kan være spredeutstyr kombinert med harving, gjødselharver, eller også kombinert med kornsåing. Som allerede nevnt, synes det å være noe å vinne avlingsmessig ved radgjødsling og dypgjødsling, samtidig som slikt utstyr bør kunne gi en mer eksakt og jevn spredning.

Kunstgjødsel, som f.eks. de nå brukte fullgjødselslag, er som vare betraktet bortimot fullkommen. Den er granulert og ensartet i sammensetning, og kan lagres i lang tid om den ikke utsettes direkte for fuktighet. Ujevn spredning av en slik vare harmonerer også dårlig med en grundig og god planlegging av hvilke mengder en bør bruke.

Ulempene ved ujevn spredning av kunstgjødsel er av to slag.

1) Mindre utbytte i avling pr. dekar og 2) nedsatt og ujevn kvalitet.

I en tidligere dansk undersøkelse sammenliknet en jevn og ujevn spredning av salpeter til bygg og rotvekster. Gjødsla ble

spredd for hand og en har ikke noe kvantitativt mål for graden av ujevnhet. Den ujevne spredning ga ved alle sammenlikninger mindre meravling for salpetergjødsla enn jevn spredning. Stort sett var tapet i merutbytte fra 10 til 30 prosent.

I et forsøk på å kvantifisere virkningene av ujevn gjødselspredning noe nærmere, har en tatt utgangspunkt i avlingskurver i eng, potet og korn fra gjødslingsforsøkene (Uhlen Jord og Avling 1963). Avlingsøkningen pr. kg tilført næringsstoff avtar som kjent med stigende mengder, og for de fleste vekster risikerer en også avlingsnedgang ved for store mengder. Forsøkene i eng var utført med fullgjødsel (270 forsøksfelter fra hele landet). Forsøkene i korn (33 felter) var med stigende N-mengder, og i potet (22 felter) med blandingsgjødsel, utført på Østlandet.

I alternativ 1 gikk en ut fra en dosering på 0 til 200 pst. av middelmengden, dvs. at en fikk dobbelt så mye som planlagt rett bak sprederen og jevnt avtakende til 0 ved overgangen til neste sprededrag. Dette ga et berekningsmessig avlingstap på 40 kg høy, 16 kg korn og 16 kg potettørrstoff pr. dekar ut fra avlingskurvene. I alternativ 2 der en gikk ut fra at gjødselmengdene varierte fra 50 til 150 pst. av middeldoseringen, ble de tilsvarende tap 10 kg høy og 5 kg korn eller potettørrstoff pr. dekar.

Det er av interesse å merke seg at det berekningsmessige (og virkelige) tap har sammenheng med avlingskurvens krumning. Dersom kurvene steg lineært med stigende gjødselmengder, ville totalavlingen bli den samme ved ujevn spredning. Spørsmålet om ujevn spredning virker mest avlingsnedsettende ved svak el-

ler ved sterk gjødsling, vil være avhengig av hvor på avlingskurven krumningen er størst. Dette varierer bl.a. med planteslaget og med hvilke næringsstoffer det er utslag for.

Det kvalitetsmessige tap gjør seg særlig gjeldende der det faller for mye gjødsel. Velkjent er legdestriper i kornåker som gir grønnskudd og forsinket høsting, og kanskje dårlig uttresking. Alt i alt kan nok slike kvalitetsmessige skader av ujevn spredning være langt viktigere enn det en eventuelt taper i avlingsmengde.

Ujevn gødselspredning er sannsynligvis et enda større problem ved bruk av husdyrgjødsel enn kunstgjødsel. I begge tilfelle gjelder at det er nokså begrenset hva en kan få jevnet ut ved etterfølgende harving.

Forsøk med radgjødsling av N og fullgjødsel

Kravet om jevn spredning betyr ikke at hver liter jord må få like mye gjødsel, men at samtlige planter, ved hjelp av mer eller mindre av røttene, får tilgang til partier der gjødselstoffene finnes.

Historien om radgjødsling er meget interessant, fordi den også viser at vi alle er sterkt påvirket av det som er antatt lære. At radsåing har noe for seg for lettløselig fosforgjødsel, har lenge vært kjent. Som nevnt foran, kan slik konsentrert plassering være særlig fordelaktig på jord med sterk fosforbindingsevne. Det var derimot lenge antatt at en slik radgjødsling ville være av liten betydning for de lettløselige og bevegelige næringsstoffer som kalium, og særlig nitrogen. Det var særlig Larpes i Finland, som ved et stort forsøksmateriale, viste at radgjødsling med nitrogen ofte ga langt bedre virkning enn breigjødsling til vårkorn. Dette

var vel særlig tilfelle på tette leirjorder og ved forsommer-tørke, noe som er svært vanlig i søndre deler av Finland. Larpes (NJF seminar 1978) oppgir at en kan rekne med 33 pst. større effekt av gjødsla og 12 pst. (8-18) større kornavling ved radgjødsling til ca. 10 cm dybde, enn ved breigjødsling. Meravlingene har vært meget store også ved god vannforsyning. I de norske undersøkelsene er radgjødslingseffekten noe mindre, f.eks. 4-5 pst. eller 15-20 kg korn pr. dekar. Tallene nedenfor er etter Lyngstad (Forskn. og fors. i landbr. 1977). Det er sammenlikninger utført med fullgjødssel og dels med bare nitrogengjødssel. I siste tilfelle er grunngjødset med PK gjødssel.

Radgjødsling - breigjødsling til vårkorn

Gjødselstyrke	Antall felter	Kg korn			Meravling for radgjødsling		
		Brei-gjødsling 1	2	3	1	2	3
Gruppert etter jordart:							
> 15% leire	86	335	389	423	+17	+21	+15
< 15% "	36	353	399	409	-1	+6	+3
Derav sandjord	26				+6	+14	+11
" mjele	10				-17	-14	-18
Gruppert etter driftsform:							
Allsidig drift	33	360	391	404	+5	+13	+4
Utvidet korndyrking	89	333	392	425	+14	+18	+14
" " på leirjord	66	332	394	434	+21	+22	+18
Gruppert etter legde:							
< 30%	91	304	359	390	+16	+22	+22
> 30%	50	381	427	447	+5	+7	-1

Meravlingene er, som en ser, størst på leirjord og ved utvidet eller ensidig korndyrking, og er videre nokså uavhengig av gjødslingsstyrke, f.eks. ca. 20, 40 eller 60 kg fullgjødssel D. I middel for 20 forsøk i Trøndelag var meravlingen +15 kg korn,

mens 12 kornfelter i Rogaland, der forsommeren vanlig er mer nedbørrik, viste i middel +8 kg korn for radgjødsling sammenliknet med breigjødset.

Radgjødsling med fullgjødsel til korn i Hedmark og Oppland har gitt like bra resultater som på Sør-Østlandet, i følge (Ekeberg Samvirke 1971) i middel for 23 forsøk +17 kg korn pr. dekar. Målinger av Ekeberg viste jevnere og tidligere modning og større hektolitervekt ved radgjødsling enn ved breigjødset. I siste tilfelle kan en på grunn av tørkeforhold få forsinket gjødselvirkning og forsinket busking, eller etterbusking, av kornplantene.

I de her refererte felter fra Møystad, Hedmark og fra Institutt for jordkultur har den radsådde gjødsla enten blitt ført ut i separat sålabb fra egen såkasse på en kombinert korn-gjødselsåmaskin, eller gjødsla er radsådd med gjødselharv på tvers av retningen for den seinere kornsåing. Ved Institutt for jordkultur har den radsådde kunstgjødsla blitt plassert i en dybde av 8-10 cm. Ved bruk av kombinert korn-gjødselsåmaskin er gjødsla sådd ca. 5 cm dypere og ca. 5 cm til siden for kornet. Liknende avstand fra såkornet er også brukt i forsøkene under Møystad.

I noen få forsøk ved Møystad og tidligere ved Institutt for jordkultur har en forsøkt å radså gjødsel og korn i samme labb. Dette prinsippet ser ikke ut til å være forsvarlig ved de gjødselmengder som brukes til korn i dag. Det blir lett spire-skade på grunn av for stor saltkonsentrasjon.

Radgjødsling til potet har vært undersøkt på Sør-Østlandet (Bærug Forskn. og fors. i landbr. 1971) og i noen få felter i Hedmark (Ekeberg 1971). Det var ingen tydelig forskjell på

rad- og breigjødsling til vanlig seine poteter, men derimot ved tidligpotetproduksjon. Meravlingen var her i middel for 9 felter 14, 6 og 5 pst. ved henholdsvis svak, middels og sterk gjødsling. I potetforsøkene ble gjødsla plassert i to rader, en på hver side av setteknollene.

4. Tilførsel av magnesium og svovel

Som nevnt inneholder all fullgjødsel små mengder magnesium og sulfat (de klorfrie inneholder mye S). Dette er ikke nok i de tilfelle det er sterk mangel, men er ment som en sikring under andre forhold. Spesielle Mg-gjødselslag er i form av magnesiumsulfat, og i Mg-rike kalkmidler særlig som magnesiumkarbonat.

Magnesiumsulfat ($MgSO_4 + 7H_2O$) med 10-11 pst. Mg og råsaltet kiseritt ($MgSO_4 + 1H_2O$) med ca. 17 pst. Mg brukes som middel mot magnesiummangel. Sprøyting har vært mye brukt til frukttrær. Til dette bør ren magnesiumsulfat (10-11%) benyttes, da en har vært utsatt for at kiseritt har inneholdt forurensninger som har tettet igjen sprøytedysene. Til gjødsling er det ikke noen grunn til å bruke magnesiumsulfat, da magnesiumet i kiseritt er mye billigere enn i magnesiumsulfat.

Til frukttrær kan en bruke løsning med 2 pst. magnesiumsulfat til sprøyting. Tilsetning av spesielle preparater mot sopp og insekter, så alt kan gjøres i en arbeidsoperasjon, kan være aktuelt. Det er visstnok nødvendig å sprøyte med en magnesiumopløsning flere ganger de første ukene etter blomstringen, og en kan ikke regne med noen nevneverdig virkning året etter. Om gjødsling med magnesiumsulfat hersker det ennå på mange måter en del uklarhet. Til treaktige vekster ser virkningen

ut til å komme seint og være usikker. Hvor mye magnesiumsulfat som behøves under ulike forhold til forskjellige vekster, eller hvor ofte en bør gjenta gjødslingen, er også uklart. Har en tydelig mangel, kan en forsøke mengder på 20-40 kg kiseritt pr. dekar. En slik mengde vil under de fleste forhold virke i noen år. En må ellers huske på at magnesium ikke er et mikronæringsstoff, men trenges i noe større mengder.

Av kunstgjødselslag med betydelig innhold av magnesium har vi før nevnt kalimagnesia som faller rimelig som en kombinert K- og Mg-gjødsling.

Dersom jorda utsetter kulturvekstene for magnesiummangel og samtidig trenger kalking, kan en bruke dolomittmjøl i stedet for kalk. Dolomitt ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) inneholder teoretisk 13 pst. Mg, men innholdet er ofte noe mindre. Da dolomittmjøl er forholdsvis dyrt som kalkmiddel, kan en vanlig nøye seg med noe slikt som 100-150 kg dolomittmjøl pr. dekar og bruke vanlige kalkslag i tillegg.

Kalkdolomitt er også et mjølfint produkt, som består av 2 deler kalkstein og 1 del dolomitt. Mg-innholdet er 4,6 pst. Det høver under forhold der en vil kalke med en vanlig kalkmengde og samtidig tilføre noe magnesium.

Magnesitt (MgCO_3) med 26 (teoretisk 27) pst. Mg skulle sannsynligvis ha noe for seg som middel mot magnesiummangel, ikke minst på sur jord.

Malt olivin og serpentin (silikater med et Mg-innhold som ofte ligger på 20 til 30%) har i forsøk vist å ha betydelig magnesiumvirkning. Virkningen ser ut til å være best når pH er låg. Finmaling øker effekten.

Det er meget sjelden aktuelt med spesielle S-gjødselslag.

Skulle det være ekstra behov, vil en kunne bruke kaliumsulfat eller Cl-frie fullgjødselslag. Magnesiumsulfat er S-, så vel som Mg-gjødsel. Ammoniumsulfat og som nevnt svoveldekket urea, kan ha betydning også på grunn av S-tilførselen under andre himmelstrøk. Til forsøk med svovel, har en ofte benyttet gips, da den ekstra tilførsel av Ca-ioner i gips som oftest er av liten betydning.

5. Mikronæringsstoffer

Kjemikalier for tilførsel av sporstoffer blir vanlig ikke kalt kunstgjødsel. Men bortsett fra et mindre generelt behov, og at de fleste blir brukt i mindre mengder, skiller de seg ikke egentlig fra de vanlige kunstgjødselslag.

Boraks eller gjødselborat: $(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ har 14-15 pst. B. Boraks løses forholdsvis lett i vatn og virker raskt. Kolemanit med 15-16 pst. B $(\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ er ikke så lettløselig som boraks, men også kolemanit har i forsøk vist seg å være en god borkilde for plantene. Av ca. 15 pst. boraks eller kolemanit vil det passe med mengder på 1-1,5 kg pr. dekar til de urteaktige jordbruks- og hagevekster som er mest utsatt. Korn trenger svært sjelden borgjødsling. Da kornplantene også er lettere utsatt for borskade, bør mengden i tilfelle reduseres til det halve. Til frukttrær blir det anbefalt å bruke 0,1-0,4 kg pr. tre, etter trærnes alder og størrelse. En slik tilførsel virker ut over det første året, men det er litt vanskelig å angi noen bestemt varighet. For de vanlige mengder til urteaktige vekster bør en ikke stole på virkning ut over 2-4 år, dersom en kommer igjen med utsatte vekster. Det tilførte bor blir enten vasket ut eller absorbert i jorda på en slik måte at plantene ikke kan nytte det. En må være forsiktig med

å bruke overdrevet store bormengder eller gjenta gjødsling med bor unødig ofte. Faren for skadevirkning er større ved sur enn ved nøytral og alkalisk jordreaksjon. Særlig bygg reagerer sterkt på overdosering med bor.

Solubor er en blanding av Na-tetra og -pentaborat med ca. 20 pst. B. Dette er spesielt godt egnet til utsprøyting på jorda idet en kan løse opp ca. 1 kg i 25 l vann ved 10-15°C (oppløseligheten er sterkt temperaturavhengig). Til sprøyting på planter bør en ikke bruke mer enn 0,25 pst. til frukt- og bærvekster og 0,5 pst. til kålvekster. Beter tåler derimot langt sterkere konsentrasjon.

For å få de små stoffmengdene jevnt fordelt kan en, som nevnt, bruke stoffet i løsning eller, en kan blande det med sand eller tørr jord. Enklest er det likevel for de fleste å bruke borholdig kalksalpeter, med 0,3 pst. B. Samme mengde B som i 1 kg boraks 15% vil bli tilført med ca. 50 kg slik kalksalpeter. Bortilførsel gjennom borholdig salpeter er lettvinnt.

Koppersulfat ($\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$), ca- 25 pst. Cu, er det vanligste middel mot koppermangel. En bør helst kjøpe vare i pulverform til gjødsling. Grovkrystallinsk vare skulle derimot være fullt brukbar til oppløsninger. Koppersulfat bør brukes slik at det kan moldes ned, f.eks. i gjenleggsår. 5 kg koppersulfat pr. dekar ser ut til å være nok selv på jord med sterk koppermangel. Hvis en ikke er sikker på at en har med koppermangel å gjøre, kan en bruke mindre. Ved å sprøyte plantene tidlig i veksttida med 30 l 2 pst. oppløsning av koppersulfat kan en oppnå en raskere virkning enn ved å føre saltet til jorda. Kornåker som viser tegn til koppermangel tidlig i veksttida, kan reddes på denne måten.

Norsk Hydros fullgjødsele F 16-3-15 og fullgjødsele 15-4-12 inneholder etter tur 0,1 og 0,3 pst. kopper, svarende til ca. 0,4 kg og 1,2 kg koppersulfat pr. 100 kg gjødsele. Da virkningen av kopperet kan settes lik med kopper i koppersulfat, må en anta at bruk av 60-80 kg fullgjødsele 15-4-12 i 3-5 år er tilstrekkelig for å sikre koppertilførselen til plantene under de fleste forhold der en har koppermangel. Innholdet av kopper i fullgjødsele F tar sikte på å holde koppertilstanden vedlike selv der en tar store avlinger.

Slagg fra koperverk (Røros, Orkla) med ca. 0,5 pst. Cu er brukt som middel mot koppermangel. Røros-slagget er prøvd både i mark- og karforsøk og har vist god effekt. Mengder på 150-250 kg pr. dekar av slikt "hytteslagg" ser ut til å være nok i de fleste tilfelle. Finmalte koppermineraler skulle det også gå an å bruke mot koppermangel.

En bør ellers være oppmerksom på at jord som disponerer for koppermangel, ikke bør bli liggende løs etter jordarbeiding. På myr kan tilføring av mineraljord gjøre nytte, bl.a. ved at jorda pakker seg bedre sammen.

Mangansulfat ($MnSO_4$ + vekslende krystallvann) blir vanlig brukt når det er påvist manganmangel. I seinere tid har et mangansulfat med ca. 30 pst. Mn vært i handelen hos oss. En kan gjødsele med 5 kg mangansulfat pr. dekar eller mer om våren, eller sikrere, sprøyte plantene i veksttiden med en oppløsning av saltet. Engelskmannen Wallace oppgir at de fleste urteaktige planter tåler en 2-prosents oppløsning, mens konsentrasjonen til frukttrær bare bør være ca. 0,3 pst. Sprøyting har mer for seg ved manganmangel enn ved koppermangel. Virkningen av mangansulfat som blir blandet inn i jorda, er nemlig

ikke sjelden mindre god og nesten alltid kortvarig, fordi dette stoffet raskt blir inaktivert. Sprøytevæsken kan blandes med noen ugrasmidler. Det er ellers ikke lett å oppgi bestemt hvilke ugrasmidler en kan blande med, da dette ikke bare beror på det virksomme stoff i ugrasmidlet, men også på fyllstoffene, og tilsetningen av disse kan forandres fra tid til tid.

I en tysk oversikt fra "Lantwirtschaftsblattes Weser-Ems" nr. 18, 1970 er mangansulfat oppgitt å kunne blandes uten eller på det nærmeste uten risiko for utfelling med midler innen gruppe 2,4-D, MCPA, MCPA + 2,4, 5-T, Dichlorprop + 2,4-D og MCPA + Dicamba. Sikrest mot overraskelser vil en vel være om en selv først foretar en blanding av små mengder. Det blir ellers rådd til at ugrasmidlet først oppløses på sprøytetanken i ca. $\frac{1}{2}$ vannmengde, og deretter tilsettes det oppløste mangansulfat. Aasen Institutt for jordkultur, har i forsøk i korn (særlig bygg) sammenliknet virkningen av mangan blandet inn i jorda med sprøyting av en oppløsning på bladverket. Ved sprøyting av plantene har til dels både ulikt tidspunkt for sprøytingen og en og to gangers sprøyting vært med. I en serie med bygg, derav 3 felter i 6-radsbygg og 4 felter i 2-radsbygg, ble sprøyting ca. 4 og 6 uker etter såing sammenliknet. Dertil var det med ledd med sprøyting både 4 og 6 uker etter såing. I forsøkene svarer ca. 4 uker etter såing til at plantene har utviklet 4-5 blad, mens ca. 6 uker etter såing svarer til kort tid før skyting.

Ved hver sprøyting er brukt ca. 25 liter væske med en konsentrasjon av 2 pst. mangansulfat med ca. 30 pst. mangan (eller tilsvarende mengde mangan i manganoksyd, som ser ut til å ha noenlunde samme virkning).

Avlingsresultatene framgår av tabellen.

Forsøks- behandling	Middel 7 felter		6r-bygg, 3 felter		2r-bygg, 4 felter	
	Korn, kg/daa	Relativ avling	Korn, kg/daa	Relativ avling	Korn, kg/daa	Relativ avling
Uspøytet	345	100	408	100	298	100
S. 4 uker	416	121	460	113	382	128
S. 6 uker	405	117	434	106	383	129
S. 4+6 uker	442	128	470	115	422	142

Sprøyting to ganger har vært bedre enn én, særlig til 2-radsbygg. Den dårligere virkning ved annen gangs sprøyting enn ved første gangs i 6-radsbygg kan muligens indikere at dette har vært i seineste laget for tidlig bygg. Sprøyting på et tidlig tidspunkt, mens bladmassen ennå er liten, kan også gi dårlig virkning, da den lille mengden som blir opptatt i bladene, har vanskelig for å bli transportert til yngre deler av planten.

I forsøk der 10 kg mangansulfat pr. dekar innblandet i jorda, er sammenliknet med sprøyting til korn, ble på flere felter observert sterk Mn-mangel allerede året etter en slik innblanding (Aasen Norsk Landbruk 1969). Virkningen av Mn-gjødsling er usikker og kortvarig. Det ser ut til at det, på jord der manganmangel regelmessig opptrer, kan være nødvendig med årlig sprøyting i veksttida.

Thomasfosfat har et betydelig manganinnhold, men inneholder også kalk, noe som kan hindre tilgjengeligheten av manganet.

Det er ellers mulig å moderere eller eliminere de kjemiske og fysiske forhold som vanlig er den egentlige årsak til manganmangel. I land hvor en bruker ammoniumsulfat, vil bruk av det-

te gjødselslag etter hvert forskyve jordreaksjonen i sur retning. Svovel blandet i jorda blir oksydert til svovelsyre. Svovelmengden bør i tilfelle bestemmes etter forutgående undersøkelse på laboratoriet.

Jord som utsetter kulturvekstene for manganmangel, bør ellers pakkes sammen ved kraftig tromling hvis den har tendens til å holde seg løs. På myr kan tilføring av mineraljord hjelpe noe. Plantevalget kan bety mye. De ulike kulturvekster er ikke like mye utsatt for manganmangel, og det kan også være stor sortsforskjell.

Mot jernmangel er det f.t. vanskelig å anwise helt effektive og praktiske midler. Gjødsling med 5-10 kg jernsulfat (ferrosulfat, $\text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$) ca. 20 pst. Fe pr. dekar har ofte vært til mindre nytte fordi jernet blir raskt inaktivert i jorda. Sprøyting av plantene med en svak jernsulfatopløsning virker som regel sikrere. Gjentatt sprøyting i en og samme vekstsesong kan være nødvendig, f.eks. om våren når veksten er kommet i gang, og etter første slått i eng. Særlig til frukttrær skal jernsulfattabletter anbrakt i hull i stammen være effektive. På myr langs vestkysten har det tidligere nevnte hytteslagg fra Røros, som også inneholder ca. 40 pst. Fe, i de fleste tilfelle vært tilstrekkelig til å forebygge jernmangel når det er brukt i mengder på 200-250 kg pr. dekar. Tilføring av mineraljord kan også hjelpe mot jernmangel på myr, også ved at myrjorda blir pakket sammen. I alle tilfelle bør en unngå at jord som disponerer for jernmangel, blir liggende løs. Wallace (England) oppgir at permanent gras kan minske eller til og med helt eliminere jernmangel på frukttrær. Om Fe-chelater og fritt, se neste sider.

Natriummolybdat (Na_2MoO_4) og ammoniummolybdat ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$) eller $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, alle med grovt regnet halvparten (40-54%) av innholdet som Mo, blir brukt mot molybdenmangel i mengder på 100-150 g pr. dekar, innblandet i jorda. Sprøyting over plantene med en svak oppløsning av natriummolybdat i veksttiden er også effektivt. Det finnes eksempler på at virkningen av sprøytingen kan være forbausende stor og rask. Ammoniummolybdat frarådes til sprøyting, da en har hatt tilfelle der en slik løsning har ført til uheldige spenninger i visse metalldeleer i sprøyta. Ved å bruke ammonium- eller natriummolybdat i benkene i relativt større mengder enn på friland (f.eks. 2-3 g/m²), kan blomkålplanter få med så mye molybden at de greier seg også etter utplantning. I følge Donald og Spencer (Australia) skal det også hjelpe å støpe såfrø i en molybdenoppløsning. De brukte 0,1 pst. og 1 pst. oppløsning av natriummolybdat. I karforsøk ved Institutt for jordkultur har vi bløytet frø av gulrot og salat i oppløsninger helt opp til 5 pst. styrke av ammoniummolybdat. Så sterk oppløsning skadet plantene litt straks etter oppspiring, men plantene kom snart over skaden.

Som omtalt tidligere, kan også kalking være et godt middel mot molybdenmangel, fordi den frigjør molybden i jorda.

Gjødsling med kobolt kan ha praktisk betydning som middel til å øke koboltinnholdet i fôret til storfe og sau. Både markforsøk og karforsøk viser at dette lar seg gjøre. Tallene nedenfor skriver seg fra et karforsøk ved Institutt for jordkultur med en sandjord fra Lyngdal i Vest-Agder. Jorda disponerte for koboltmangel. I timotei fra dette forsøket var innholdet av Co i mg pr. kg tørrstoff:

	1947		1948
	1. avling	2. avling	
Ser. I. Ukalket, pH ca. 5			
a. Uten Co	0,12	0,24	0,04
b. 0,1 kg Co-acetat/daa	0,22	0,28	0,11
c. 100 kg slagg med 0,25% Co/daa	0,56	0,37	0,37
Ser. II. Kalket, pH ca. 6			
a. Uten Co	0,09	0,14	0,05
b. 0,1 kg Co-acetat/daa	0,08	0,20	0,06
c. 100 kg slagg/daa	0,08	0,15	0,06

Gjødsling med kobolt økte innholdet. Kalking førte til redusert opptak.

Et alternativ er å gi kobolt som tabletter eller på annen måte direkte til dyra. Dette faller billigere, fordi en kan bruke mye mindre mengder. Kobolt har ikke hatt påviselig effekt på planteavlingene, men er altså nødvendig for dyr.

Fritts og ^{kj}chelater

Det ville være et stort framskritt om vi i stedet for flere av de nevnte kjemikalier kunne bruke kunstig framstilte eller naturlige forbindelser som kunne avgi ett eller flere mikronæringsstoffer litt om senn gjennom lengre tid. Det er mulig visse finmalte mineraler til en viss grad kunne svare til dette krav.

En varegruppe som på engelsk heter Fritted trace elements (FTE), på norsk gjerne kalt "fritt", er patentert i USA, men har vært produsert i Europa (Nederland) på lisens.

FTE er laget ved at mikronæringsstoffene blandes med silikater (glass) under oppvarming til 1350°C. Ved brå avkjøling får en amorf masse som finmales. Mikronæringsstoffene avgis langsomt, avhengig av finmaling, men også ved at planterøttene og

rotmiljøet øker frigjøringen.

Flere forskjellige typer med noe ulikt innhold av mikronæringsstoffer har vært markedsført. I 1950-årene utførte Institutt for jordkultur karforsøk med en bestemt type "fritt". Denne type var effektiv som koppar- og borkilde for plantene. Imidlertid gikk den straks etter ut av handel. Seinere er det her i landet solgt en type (FTE 36) under navnet "fritt mikronæring". Den skal særlig høve som tilsetning til dyrkingstorv i veksthus, men anbefales også for andre jordarter på friland der det måtte være behov for mikronæringsstoffer. Innholdet er oppgitt til 9 pst. Fe, 2 pst. Mn, 2 pst. Zn, 2 pst. Cu, 0,5 pst. B og 0,5 pst. Mo, og det er anbefalt brukt i en mengde av 10 kg pr. dekar. Institutt for jordkultur har i karforsøk prøvd virkningen av B og Cu i relativt sterkt kalket kvitmosetorv med bygg som vekst, og Mn-virkningen er undersøkt for havre i sterkt kalket mineraljord. Preparatet ble gitt i en mengde av 10 kg pr. dekar. Både bor- og koppervirkningen var like god som de tilsvarende mengder av stoffene i boraks og koppersulfat, mens manganet i dette produkt ikke hadde noen virkning. Også i nederlandske undersøkelser har manganvirkningen i FTE vært dårligere enn i mangansulfat.

Chelater

Chelater er komplekse forbindelser hvor et flerverdige metallion er bundet til to funksjonelle grupper under dannelse av en ringforbindelse. Det chelatdannede stoff er vanlig et kompleks organisk stoff. På denne måten kan 2- og flerverdige metallioner, f.eks. Fe^{3+} , bli beskyttet mot ugunstig binding i jord. De mest kjente chelateringsstoff i kunstige produkter er EDTA (etylen - diamin - tetra - eddiksyre) Slike chelater er vannløselige (ikke ioniserte) og skal kunne bru-

kes også til sprøyting, f.eks. Substral m.fl. Metallionet kan byttes ut, mer eller mindre lett. Fe^{3+} skal være sterkest bundet, og de fleste andre mikronæringsstoff, i metallkationform, er sterkere bundet enn f.eks. Ca og Mg. Det er noe uklart om plantene tar opp hele komplekset eller om metallkationene først frigjøres. Også H^+ utskilt fra plantene skal kunne frigjøre metallionene fra chelater.

Det er særlig som Fe-kilde chelatene hittil har vært benyttet, bl.a. i spesialgjødselslaget Suberba.

Det en nå vet om mangel på andre plantenæringsstoffer enn N, P og K, reiser naturlig spørsmålet om vi skal gå til å lage mer allsidig kunstgjødsel ved tilsetning av flere næringsstoffer. Saken er langt fra så opplagt og enkel som mange kanskje forestiller seg. Svaret må bli forskjellig for ulike stoffer og alt etter som forholdene er.

Vi må ikke ensidig oppfatte alle slike stoffmangler som spesielle gjødslingsspørsmål. Som vi har sett, kan de henge nøye sammen med bruken av vanlige gjødselslag, kalking, jordarbeiding og plantevalg m.m. Det kan også være mest effektivt og praktisk å tilføre stoffer som det er mangel på, i en oppløsning som blir sprøytet over plantene, f.eks. mangan.

Vil vi målbevisst inkludere andre plantenæringsstoffer enn nitrogen, fosfor og kalium i kunstgjødsel, har vi prinsipielt to forskjellige måter å velge mellom.

Den ene er å lage visse kunstgjødseltyper bestemt til bruk en enkelt gang, eller med noen års mellomrom, der det er påvist mangel på et eller annet næringsstoff. Med sikte bare på slike steder kan en under fabrikasjonen, eller ved mekanisk innblanding seinere, sette til så mye av ett enkelt stoff at en med vanlige gjødselmengder tilfører tilstrekkelig av dette stoff.

(Eks. kalksalpeter med 0,30% B). Ved mekanisk innblanding kan en lett lage noe som høver spesielle distrikter og vekster.

Den andre framgangsmåten går ut på å gjøre små mengder av ett eller flere næringsstoffer, andre enn nitrogen, fosfor og kalium, til ordinære bestanddeler av ett eller flere vanlige gjødselslag. Mengdene må da være så små at det ikke er fare for overdosering, og at det heller ikke betyr mye for gjødselprisen. Slike mengder strekker som regel ikke til i første omgang der det er utpreget mangel, men de små årlige drypp kan likevel ha stor betydning for plantenes forsyning på lengre sikt.

Denne måten kan det bare bli tale om når en eller annen stoffmangel er sterkt utbredt, og spesielt når den tiltar. (Eks. fullgjødselslagene inneholder 2 hundredels pst. B og 1,2 pst. Mg. Fullgjødsel F har 0,1 pst. Cu.)

Hva små, årlige bormengder kan bety for borforsyningen, har vi et godt eksempel på fra et markforsøk på Ås. (Ødelien NJF's kongress Ber. 1963.) I to forsøksfelter på Ås, ett med og ett uten kalking, ble brukt små årlige bormengder fra ca. 6 til 50 g pr. dekar i perioden 1937 til 1959. Disse mengder har ikke hatt noen sikker virkning på avlingsstørrelsen, men viste kraftig virkning på avlingskvalitet (vattersott) de år det ble dyrket kålrot på feltene. Jorda var moldholdig, skjør til middels stiv leirjord. I tillegg til årene 1946, 1951 og 1959 var det dyrket kålrot også i 1949 og 1958, men av plasshensyn tas disse ikke med i tabellen. På skiftet der forsøket ble lagt ut, var det ikke gjødslet med husdyrgjødsel siden slutten av 1920-åra, noe som nok har vært en medvirkende årsak til den relativt sterke bormangel.

Forsøk med årlig B-gjødsling

Tilført B i gram B
pr. dekar og år:

	1937-44	0	12,5	12,5	50		
	1945-49	0	12,5	25	25	50	50 100
	1950-59	0	6,3	6,3	12,5	12,5	25 25 50
Prosent røtter med vattersott:							
Felt I. Uten kalk pH 6-6,4							
1946	Sterke angrep	20	0				
	Svake "	20	2				
1951	Sterke angrep	48	10	0	0		Stort sett
	Svake "	18	12	2	0		friske planter
1959	Sterke angrep	72	2	0	0		
	Svake "	15	5	2	0		
Felt II kalket pH 6,5-7							
1946	Sterke angrep	45	0				
	Svake "	12	2				
1951	Sterke angrep	75	47	0	0	"	"
	Svake "	13	15	2	2		
1959	Sterke angrep	90	25	3	0		
	Svake "	5	30	7	2		

Helt uten B-tilførsel har i hvert fall i de seinere år praktisk talt alle røtter vist vattersott, og som ventet har kalking forverret bormangelen.

Det viktigste her er likevel at svært små bormengder har vært nok til å eliminere skadene. Fra og med 1950 ble de tidligere kontrollrutene B₀ delt, og den ene halvdel fikk 6,3 g B/daa. Dette har nedsatt vattersottangrepet i kålrot året etter, og ved fortsatt bruk er virkningen blitt forsterket i 1959. Likevel har vel denne mengden vært i minste laget. I hver sekk fullgjødsel á 50 kg tilføres 10 g B. Forsøksresultatene referert her har vært svært viktige, ikke minst for valg av bormengde i de norske fullgjødseltypene.

Vattersott er ikke minst et problem ved dyrking av matkålrot. Erfaringer fra forskjellige steder her i landet går ut på at slik kvalitetsfeil (vasstrukne partier som gjør at røttene ikke er salgbare), har opptrådt også på skifter der bor er tilført, ja selv om en har brukt store mengder bor i boraks eller borholdig kalksalpeter. I noen tilfelle kan det skyldes ujevn spredning, eller for sein gjødsling. Bor kan vaskes relativt lett ut f.eks. ved overdreven vanning på lette jordarter. Det kan også være grunn til å stille spørsmålet om disse vattersottsymptomene også kan ha andre årsaker enn knapp borforsyning.

Også hva vi vanlig kaller for små mengder kopper, kan under visse forhold ha betydelig virkning, selv på jord med sterk koppermangel (Sorteberg NJF's kongress beretn. 1963). I to felter på nydyrket myr på Smøla, myr dannet av lite omsatt, nøysomme hvitmosearter, har så små mengder som 15 g kopper pr. dekar (ca. 60 g koppersulfat) hatt meget god virkning under forhold med sterk koppermangel, og 150 g kopper har vært like effektivt som den ca. 8-dobbelte mengde som svarer til 5 kg koppersulfat. Se tabellen.

Cu, kg/dekar	0	0,015 ¹⁾	0,15 ²⁾	1,25 ³⁾	LSD (korn)
Felt 86					
Lo, kg/dekar	290	422	428	365	
1961 Korn, "	50	161	172	150	28
Kornpst.	17,2	38,2	40,2	41,1	
Lo, kg/dekar	451	661	548	598	
1962 Korn, "	53	133	205	220	65
Kornpst.	11,8	20,1	37,4	36,8	
Felt 87					
Lo, kg/dekar	819	777	789	750	
1961 Korn, "	140	248	282	268	47
Kornpst.	17,2	31,9	35,7	35,7	

1) Som CuSO_4 tilsatt fullgjødning. For felt 86 gitt både i 1961 og 1962.

2) Som CuO i felt 86 og som CuSO_4 i felt 87, tilsatt fullgjødning i 1961

3) Som CuSO_4 gitt separat i 1961.

Felt 87 viser at loavlingen kan være like stor ved koppermangel som når kopperbehovet er dekket. Halmavlingen har i dette tilfelle altså vært vesentlig større uten enn med koppertilførsel. På begge felt har Cu-mangel ført til redusert kjernedannelse (kornprosent). Det er vanlig ved Cu-mangel.

Rent generelt er det slik at dersom en kunne regne med god utnyttelse, helt jevn spredning og ikke ugunstig binding, er selve behovet for mikronæringsstoffer lite. Ved sprøyting på bladverket f.eks. med Mn eller Cu, blir tilførselen pr. dekar bare en tidel av det som anbefales ved innblanding i jorda.

II. KALK OG KALKING

Kalk er et jordforbedringsmiddel, ikke gjødsel. Hensikten med kalking er ikke primært å tilføre næringsstoffet kalsium, men å rette på visse ugunstige egenskaper ved jorda ved å endre jordreaksjonen, heve pH. Når kalk og kalking likevel tas med i gjødsellæra, er det fordi disse ting henger så nøye sammen med mange gjødslingsspørsmål både i praksis og som lærefag. En må skille mellom tilføring av Ca-salter og kalking.

Med kalk mener vi i denne forbindelse vanlig basiske kalsiumforbindelser, enten kalsiumkarbonat i kalksteinsmjøl, skjell-sand eller kalsiumoksyd i brent kalk og hydroksyd i lesket kalk, eller de samme forbindelser i visse slags avfallskalk. De tilsvarende magnesiumforbindelser kan også gå inn under samme betegnelse. I forskrifter til lov om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler står at for et kalkingsmiddel med minst 2 pst. Mg skal den beregnede nøytraliserende virkning oppgis som summen av CaO og MgO. Etter dette vil f.eks. et dolomittmjøl med beregnet innhold av 30 pst. CaO og 20 pst. MgO få en nøytraliserende effekt som i sum CaO + MgO oppgis til 50 prosent.

Bereknet etter ekvivalentvektene skulle egentlig 1 pst. MgO svare til $\frac{1 \times 56}{40} = 1,4\%$ bereknet CaO. Når en likevel velger å sette MgO lik CaO, dvs. summen av prosentene, henger det sammen med at de magnesiumholdige kalkslagene, f.eks. dolomitt, er noe mindre løselige enn kalkstein.

Kalsiumsilikat må også reknes som kalkingsmiddel, idet dette legger beslag på H^+ ved overgang til mindre løselig kiselsyre i jorda.

Kalsium- (og magnesium-) sulfat, klorid og nitrat er nøytralsalter og altså ikke kalk (prøv å sette opp en reaksjonslikning). Sur jord kan derimot nøytraliseres med f.eks. K og Na karbonater og oksyder. Disse er likevel ikke aktuelle til vanlig kalking, da tilførsel i litt større mengder lett gir skadevirkning.

1. De viktigste kalkslag

Kalkslag skal vurderes og omsettes etter innholdet av bereknet CaO, selv om de kan bestå av karbonat f.eks.

Kalksteinsmjøl er malt kalkstein. Innholdet ligger ofte i området 80-90 pst. CaCO₃, dvs. 45-50 pst. bereknet CaO. Det er ellers fullt mulig at kalksteinen som nyttes kan være nesten helt rein, f.eks. 99 pst. CaCO₃ = 55 pst. CaO.

For virkningen er det viktig at kalksteinsmjølet er finmalt. Det gir større angrepsflate for den sure jordvæske og øker virkehastigheten. Men det er ingen fordel ved å drive finmalingen ut over en viss grense, bl.a. av hensyn til støvplagen under spredningen.

Teknisk sett kan vi i dag skille mellom

1. Vanlig finmalt kalksteinsmjøl (og dolomitt)
2. Grovkalk og (grovdolomitt)
3. Granulert kalk.

Kravene til finmalingsgrad for de forskjellige typer er gjen-gitt nedenfor (etter Norges Standardiseringsforbund 1979)

NS 2885.

Varetype :	Minste vektprosent av varen som skal passere en trådsikt med maskeåpning (i mm)					
	6,3x6,3	3,15x3,15	2,0x2,0	1,0x1,0	0,4x0,4	0,2x0,2
Kalksteinsmjøl				98	80	
Grovkalk		98		70	35	
Dolomittmjøl				98		80
Grovdolomitt			98		60	25
Kalk-dolomitt				98		80

Varetype :	Vektprosent av varen som skal passere en perforert sikt med hulldiameter (i mm)		
	4,0	2,0	1,0
Granulert kalksteinsmjøl			
Granulert dolomittmjøl	Minst 85	40 til 60	Høyst 10
Granulert kalk-dolomitt			

Kravene til finmalingsgrad for vanlig kalksteinsmjøl og dolomitt har eksistert også tidligere. For å få frakttilskudd også for grovkalk må også denne varen tilfredsstille bestemte krav som altså er forskjellig fra finmalt vare. Prismessig er grovkalk rimeligere, idet en sparer noe utgifter til maling og visstnok også til tørking. Virkningen av forskjellige kornstørrelser skal vi komme tilbake til.

Granulert kalksteinsmjøl og granulert dolomitt leveres nå fra et norsk kalkfirma. Bindemidlet som brukes i granulatene er avfallslut fra celluloseindustrien. Granulert vare blir selvsagt noe dyrere. Fordelen er at den er lettere å spre, og at dette kan foregå med alle typer spredere for granulert kunstgjødsel. Spredning av kalk foregår nå i stor grad ved leiespredning, dvs. kalkfirmaene har biler og utstyr som besørger det hele. Dette passer best for større bruk og større areal. For de mange små areal som ligger mindre sentralt til, vil en vare som leveres i sekker og som kan spres med gårdens utstyr, fyller et behov.

Dolomittmjøl er som navnet sier, malt dolomitt. Dolomitt ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) inneholder teoretisk vel 13 pst. Mg, men innholdet i vanlig handelsvare er ofte mindre. Det bereknede innhold av $\text{CaO} + \text{MgO}$ er gjerne på knapt 55 pst.

Kalkdolomitt er magnesiumfattigere enn dolomittmjøl. Franzeffoss Bruk A/S fører et mjølfint produkt der utgangsmaterialet er en blanding av 2/3 kalkstein og 1/3 dolomitt. Beregnet innhold av $\text{CaO} + \text{MgO}$ er for tiden 47 pst. Mg-innholdet er 4,6 pst. Kalkdolomitt høver under forhold hvor det ved siden av kalk også er behov for magnesium.

Skjellsand er knuste og hele havskjell i blanding med mer eller mindre grus, sand og leir. Kalkinnholdet er vekslende, ^{men skal være minst 30%.} I forholdsvis rene skjellmasser kan det gå helt opp i 80-90 pst. CaCO_3 (45-50% CaO), men oftest er det atskillig mindre. Større og mindre skjellsandforekomster finnes ikke bare langs de nåværende kyster, men også omkring fortidens strandlinjer. Skjellsanden er som regel et grøvre materiale enn kalksteinsmjøl. Finhetsgraden ser heller ikke ut til å spille så stor rolle. Det henger sannsynligvis sammen med at skjell i motsetning til kalkstein er porøse. I følge Norsk Standard er det tilstrekkelig at skjellsand passerer et sikt med 6,3 mm maskeåpning.

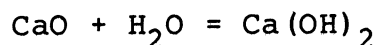
Mergel er leir med større innhold av kalsiumkarbonat. Karbonatmengden kan gå opp i 60-70 pst., men den kan også være så liten at det ikke svarer seg å bruke mergel til kalking, selv når transporten er kort.

Her i landet har vi ikke mergelforekomster av noen betydning, men i Danmark har mergel tidligere vært det viktigste kalkslag.

Brent kalk. Nybrent kalk består vesentlig av CaO, blandet med mindre mengder leiraktige og sandaktige bestanddeler. Lagres den en tid, tar den lett opp mer eller mindre vann og karbondioksyd fra luften. Til kalking brukes gjerne litt mindre rein vare. En kan vel vanlig regne med et CaO-innhold på 80-90 pst. CaO. ^{skal være minst 65%} Også visse typer av brent kalk kan inneholde noe magnesium.

Tidligere var brent kalk klumpet og måtte leskes, men i de seinere år har visse kalkverk omsatt finknust, finmalt, brent kalk, ofte spredd med firmaets spredebiler. Da kalkstøv av brent kalk virker etsende f.eks. på slimhinner idet CaO omsettes til Ca(OH)₂, slo helsemyndighetene alarm mot slik spredning nær befolkningsentra. Dette problemet har en forsøkt å løse ved låg spredning og ved mindre grad av finfordeling.

Tidligere var brent kalk klumpet og måtte leskes før spredning, dvs. tilsettes omtrent så mye vann som kalsiumoksydet kan binde kjemisk når det går over til hydroksyd. Etter likningen



skulle vannmengden dreie seg om ca. 32 pst. av CaO-mengden. For praksis kan ikke mengden angis nøye, dels fordi kalken ikke er rein CaO, og dels fordi det damper vekk mer eller mindre vann under leskingen. Men hvis mengden blir vesentlig større eller mindre, er det uheldig. Det betyr at kalken blir klisset, eller at klumpene ikke smuldrer, altså i begge tilfelle at den ikke kan spres. Ofte lot en leskingen foregå i en stor haug ute på jordet, men resultatet ble vel neppe særlig tilfredsstillende.

Avfallskalk og kalkholdig slagg. Fra industrielle bedrifter kan i blant leveres avfallskalk. Fra cellulosefabrikker får en såkalt cellulosekalk, som inneholder 20-30 pst. CaO. Fra sukkerbedrifter, garverier og til dels fra gassverker kan en også få brukbar avfallskalk. Da slikt industriavfall til dels kan inneholde så mye giftstoffer at det volder skade på avlinga, bør en vise en viss forsiktighet og ikke innlate seg på å bruke det i stor målestokk før en har vunnet noen erfaring med det eller har fått det nærmere undersøkt. Som eksempler på plantegift i industriell avfallskalk nevnes rodanforbindelser i kalk fra gassverker og kalsiumsulfid i cellulosekalk. Slagg fra ferrosilicium-industrien er kalkholdige silikatforbindelser, som avhengig av utgangsmateriale kan inneholde visse metaller. Et såkalt silicomanganslagg fra Øye Smelteverk i Kvinesdal inneholdt knapt 8 pst. Mn, 25 pst. bereknet Cao, 7,5 pst. MgO og 42 pst. SiO₂.

2. Virkingen av forskjellige kalkslag

I vann oppløses (ved 5-10°C) ca. 1,3 g CaO (= ca. 920 mg Ca) pr. l, men bare ca. 0,01 g CaCO₃ (= ca. 4 mg Ca). Forskjellen er altså stor.

I karbondioksydholdig vann er forholdet et helt annet. Karbonatets oppløselighet tiltar, fordi det går over til hydrokarbonat, og oksydets oppløselighet avtar, fordi også hydroksydet omsettes til hydrokarbonat.

Karbonatmengden som kan holde seg i oppløsning, tiltar med karbondioksydkonsentrasjonen i vannet. Tallene nedenfor viser omtrentlig sammenhengen mellom CO₂-trykket over væsken, pH og oppløseligheten av CaCO₃.

CO ₂ i luften	pH i CaCO ₃ ⁻	Ca kons. (i løsnning)
Vol. %	suspensjon	i m.e/l
0,03	8,4	0,53
0,3	7,8	1,14
1,0	7,3	1,7
3,0	7,0	2,5
10,0	6,65	3,8

I jord blir pH tallene ikke helt de samme som i en suspensjon av CaCO₃, men prinsippet er likevel som ovenfor.

Sluttresultatet blir det samme om en i stedet bruker Ca(OH)₂. Tilsetter en mer karbonat enn det som kan holde seg i en viss væskemengde ved et visst CO₂-trykk, vil den overskytende del ikke gå i oppløsning. Setter en til for mye hydroksyd, utfelles det overskytende kvantum som karbonat. Ca-mengden i oppløsningen når likevekten har innstilt seg, beror på karbondioksydkonsentrasjonen (CO₂-trykket i luften over væsken). Det er likegyldig om en har satt til hydroksyd eller karbonat. Forholdet mellom pH, CO₂ og Ca i løsnning kan uttrykkes ved følgende generelle likning (etter Russel 1973 s. 127):

$$2 \text{ pH} = K + p\text{Ca} + p\text{CO}_2$$

Konstantleddet K er satt til 10-10,5. pCa er den negative logaritmen til Ca-aktiviteten og pCO₂ tilsvarende for partialtrykket av CO₂ i atmosfæren. Ved 1 volumprosent CO₂ er partialtrykket 0,01 atm. Ca-aktiviteten er konsentrasjonen (i mol.) multiplisert med en aktivitetskoef. som er mindre enn 1 og avtar med økende konsentrasjon med ionestyrken.

$$1.7 \text{ m.mol} = 0,0017 \text{ mol.}$$

I jord med pH på den sure siden av nøytralpunktet er oppløseligheten av de forskjellige kalkslag noe mer komplisert. Stort sett kan en si at kalsiumkarbonat (CaCO_3) innblandet i våt jord har omtrent samme virkning på reaksjonen som ekvivalente mengder CaO eller Ca(OH)_2 , bortsett fra at det tar litt lenger tid før likevekten innstiller seg når en bruker karbonat.

Etter dette skulle en vente at kalksteinsmjøl og brent eller lesket kalk i ekvivalente mengder skulle virke likt. Markforsøk viser at dette slår til forutsatt at kalksteinsmjølet er fint nok. Dette gjelder både kalkvirkningen i kjemisk forstand, dvs. reaksjonsendringen, og kalkvirkningen i agronomisk betydning, mao. avlingsutslaget.

Av resultater fra markforsøk gjengis noen fra en serie flerårige forsøk som NLH's Jordkulturforsøk hadde for en del år siden. Meravlingene var i middel pr. dekar og år:

	Brent kalk		Kalksteinsmjøl	
	150 kg CaO	300 kg CaO	150 kg CaO	300 kg CaO
For 8 felter på leirjord	18 f.e.	35 f.e.	25 f.e.	39 f.e.
For 5 felter på jord med sandkarakter	60 "	56 "	60 "	55 "

Virkningen har som en ser, vært praktisk talt ens for begge slag og på begge jordarter.

For 300 kg CaO pr. dekar i brent kalk, kalksteinsmjøl og skjellsand var meravlinga pr. år i middel for 17 flerårige felter:

Brent kalk	43 f.e.
Kalksteinsmjøl	41 "
Skjellsand	38 "

Skjellsand står altså nesten på høyde med de to andre kalkslag.

Grov skjellsand er derimot sannsynligvis ikke fullt så effektiv. I alle fall virker den seinere. Derfor er det grunn til å bruke den i noe større mengder. På myrjord kan skjellsand ha en viss særvirkning hvis den er rik på grus og sand. Virkningen av forskjellige kalkingsmidler er sammenliknet i mange forsøk på Sør-Vestlandet. Kalkmengden var 300 kg beregnet CaO pr. dekar. Avlingene er i førenheter uten kalk og meravling for kalking:

Sammenlikning av ulike kalkingsmidler på Vestlandet. Flere vekster

Antall felter	Felthøs- tinger	Forsøks- periode	F.e. pr. dekar			
			Uten kalk	Kalkst.- mjøl	Skjell- sand	Brent kalk
33	105	1926-51	399	+38	+39	
17	48	1946-51	383	+36	+32	+27

Kalksteinsmjøl og skjellsand har i middel gitt så og si nøyaktig like stor meravling. Den mindre meravling for brent kalk er ikke sikker.

Teoretisk sett er det atskillig som taler for at brent eller lesket kalk skulle virke raskere enn kalksteinsmjøl og karbonat i annen form. De første oppløses momentant, kan for en kort stund bringe pH høyere opp. Dermed skulle det være sannsynlig at den vil virke kraftigere på leirjordas fysiske egenskaper. De norske markforsøkene har altså ikke vist noen forskjell mellom hydrosyd og karbonat i virkningen på avlingene. Men i Finland har en påvist litt mindre virkning av kalksteinsmjøl enn av ekvivalente mengder lesket kalk de to første år. I middel for 12 felter og to forsøksår var det en forskjell på 6-7 pst.

Kalsiumsilikatslagg fra Øye Smelteverk i Kvinesdal er sammenliknet med vanlig kalksteinsmjøl i 8-9 flerårige forsøk på Sør-Østlandet i de seinere år. Resultatet i kornårene ble:

	Kontroll	Silikatslagg			Kalksteinsmjøl	
Tilført kg/daa	0	200	600	1200	300	600
pH etter 2 år	5,10	5,15	5,22	5,30	5,29	5,53
		Kornavling kg/daa				
Middel 26 felt- høstinger	344	+15	+31	+45	+33	+27

Finmalt kalsiumsilikatslagg har ikke kunnet bringe pH opp til samme nivå som kalksteinsmjøl. Det gjelder nok også i forhold til innhold av bereknet CaO som var ca. 32 pst. slagg mot 45-50 pst. i kalksteinsmjøl. Avlingsmessig konkurrerer kalsiumsilikatet, som vi ser meget bra, noe som da må tilskrives virkninger utover kalkeffekten. I karforsøk har tilnærmet kjemisk reint kalsiumsilikat også gitt større avling av bygg enn reint CaCO₃. Det synes å være en særvirkning av silisium, i første rekke til arter av grasfamilien. Av slike grunner nyttes kalkrikt silikatslagg ved risdyrking, særlig i Japan og f.eks. til sukkerrør på Hawaii.

Slagget må til kalking være finmalt, og da det også må brukes i store mengder pr. arealenhet, blir fraktkostnadene betydelige.

Virkning av finmalingsgrad

Som nevnt er det viktig at kalkmidler er tilstrekkelig finkornet. Hensikten med kalking er å endre jordreaksjonen slik at planterøttene får bedre vilkår i hele jordlaget. Kalken må derfor blandes jevnt inn. Med henvisning til positive effekter av radgjødsling, er det nok spørsmålet blitt reist om ikke en mindre jevn innblanding av kalk også kan ha visse fordeler.

Plantene kunne da velge å utvikle røttene der pH var gunstigst, og f.eks. sikre opptak av visse mikronæringsstoffer i mer sure partier i jorda. Det er vel likevel slik at det er nødvendig for plantene å ha et best mulig utbredt rotsystem i jordprofilen, ikke minst av hensyn til utnyttelse av jordfuktigheten. Virkningen av forskjellige kornstørrelser av kalksteinsmjøl har vært i søkelyset i forbindelse med bruk av såkalt grovkalk. Grovkalk ble lansert for å redusere støvplagen ved kalkspredning, noe en kan oppnå ved å redusere innholdet av finmateriale. Som vist er kravet til grovkalk at 35 pst. skal være finere enn 0,4 mm, mot 80 pst. for vanlig kalksteinsmjøl. Videre er grovkalk billigere å produsere, slik at en f.eks. kunne kompensere en eventuell mindre kalkeffekt av grovkalk ved å bruke større kalkmengder.

Virkningen på jordreaksjonen av forskjellige kornstørrelser av kalksteinsmjøl er blitt undersøkt i omfattende laboratorieforsøk. Figurene på neste side er etter Luktvaslimo og Lyngstad (Landbrukstidende 1981).

Fig. 1 og 2 viser utviklingen i pH i løpet av ett år etter innblanding av forskjellige kornstørrelser, henholdsvis i leirjord og myrjord. Begge jordarter var sterkt sure, pH 4,8 og 3,8.

Fig. 3 og 4 viser virkningen av stigende mengder av kalksteinsmjøl og en grovkalk som er i samsvar med standardkravene vist side 93.

Figurene er videre middel for 5 ulike typer av kalkstein, fra rein marmorkalk til noe bløtere silurkalk. Den førstnevnte hadde noe mindre effekt i grovmalt tilstand, men forskjellen mellom typene var likevel av mindre betydning, i forhold til forskjellen mellom de ulike kornstørrelser.

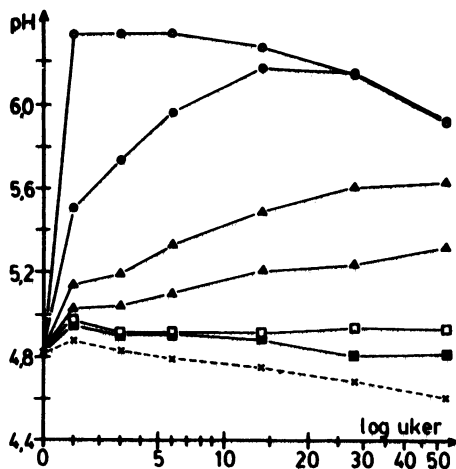


Fig. 1. pH i leirjord ulik tid etter kalking med 800 kg kalkstein/dekar. Gjennomsnitt for fem kalksteinstyper. (x) ukalka (o) <math><0.2\text{ mm}</math> (e) 0.2-0.4 mm (Δ) 0.4-0.6 mm (◻) 0.6-1.0 mm (◊) 1.0-2.0 mm og (∗) 2.0-3.0 mm.

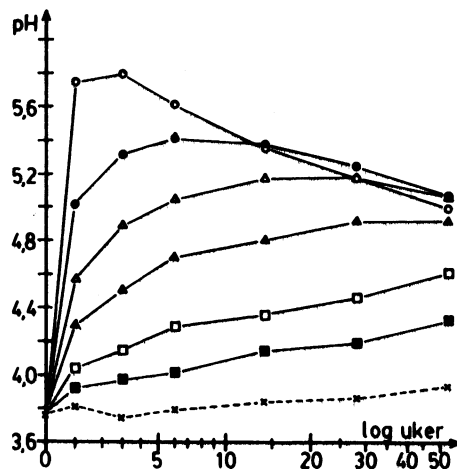


Fig. 2. pH i myrjord ulik tid etter kalking med 1200 kg kalkstein/dekar. Gjennomsnitt for fem kalksteinstyper. (x) ukalka (o) <math><0.2\text{ mm}</math> (e) 0.2-0.4 mm (Δ) 0.4-0.6 mm (◻) 0.6-1.0 mm (◊) 1.0-2.0 mm og (∗) 2.0-3.0 mm.

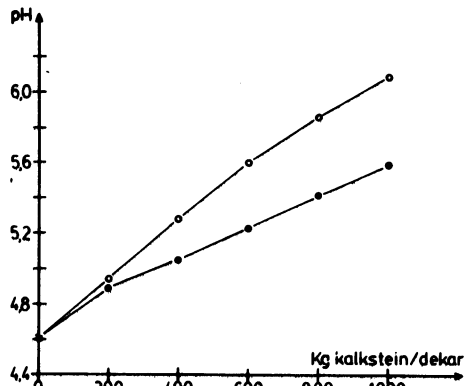


Fig. 3. pH i leirjord ett år etter kalking med stigende mengder kalksteinmjøl (o) og grovkalk (e). Gjennomsnitt for fem kalksteinstyper.

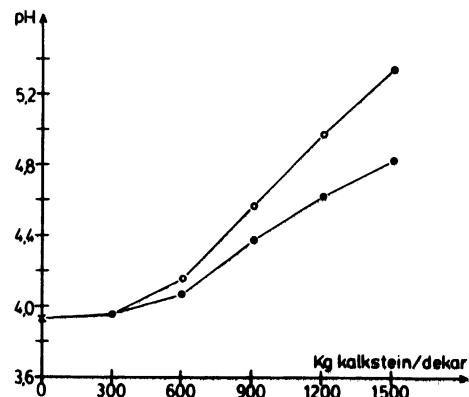


Fig. 4. pH i myrjord ett år etter kalking med stigende mengder kalksteinmjøl (o) og grovkalk (e). Gjennomsnitt for fem kalksteinstyper.

Dersom pH-virkningen av partikler mindre enn 0,2 mm settes til 100, fant en følgende relative effekt av økende kornstørrelser, etter ett år:

	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-1	1-2	2-3 mm
Leirjord	101	79	55	25	16
Myrjord	108	107	95	65	38

De grøvre fraksjoner synes i større grad å ha gått i oppløsning i den svært sure myrjorda enn i leirjorda. På tilsvarende

måte var effekten av de største mengder av grovkalkblandingen i myrjord 77 pst., og i leirjord 59 pst., av de samme mengder i vanlig kalksteinsmjøl.

Resultatet ovenfor synes å samsvare godt med tilsvarende undersøkelser f.eks. i våre nærmeste naboland. Partikler av kalksteinsmjøl på 1-2 mm eller grøvre synes å ha liten effekt i å heve pH, selv etter 1 års virketid. Dersom en skal få fullgod kalkvirkning på kort sikt må en betydelig del av kalksteinsmjølet være finere enn 0,4 - 0,6 mm.

De noe grøvre partikler av kalk løses raskere opp i sterkt sur enn i mindre sur jord. Av samme grunn må en rekne med at grove partikler i blanding med finere materiale kan ha mindre effekt enn når bare en bestemt partikkelstørrelse er innblandet, slik som vist i fig. 1 og 2.

Tilsvarende forsøk er i gang med grovdolomitt. Siden dolomitt er mindre løselig enn kalkstein, kreves at en større del (60%) av grovdolomitt må være mindre enn 0,4 mm.

Virkning av forskjellige kornstørrelser av kalk på planteveksten er undersøkt tidligere, ikke minst i USA. I følge en litteraturoversikt av Luktvasli (Hovedoppgave 1981), viser de tidligere undersøkelser mer eller mindre avtakende avlingsøkning ved økende kornstørrelser over 0,4-0,5 mm. Likevel er det slik at fordelene med finmateriale er størst for første års avling, og for, i hvert fall i enkelte forsøk, har noe grøvre partikler gitt større ettervirkning. Tankegangen bak bruken av grovkalk har jo også vært at et slikt materiale skulle gi varigere virkning. De noe grøvre partikler skulle på lengre sikt hindre rask forverring av kalktilstanden, f.eks. under forhold med stor årsnedbør og utvasking. Den relative

effekt av grøvre partikler, i forhold til fint, er best på sterkt sur jord. På den annen side er det kanskje nettopp når behovet for kalking er akutt, f.eks. ved nydyrking, at en risikerer størst reduksjon i utbytte om kalkvirkningen ikke holder mål. Til underholdskalking vil det påviselige tap i avling på grunn av mindre effekt av de grøvre partikler bli beskjedent. Likevel er det, alt i alt, en oppfordring til å unngå stor innblanding av partikler på 1 til flere millimeters størrelse i grovkalken. Som nevnt er grovkalk billigere enn vanlig kalksteinsmjøl. En kan derfor si at en ved bruk av grovkalk kanskje får de helt grove fraksjoner "med på kjøpet".

Virkningen av granulerte kalkingsmidler er mindre undersøkt. En rekner med at når materialet i granulatene er finmalt vare, vil disse lett løses opp i jorda, slik at virkningen skulle tilsvare finmalte produkter. På den annen side er kalkvirkningen betinget av diffusjon av det nøytraliserende stoff i jorda. Idealtilstanden skulle altså være helt homogen innblanding av støvfri vare eller kanskje kalkvann. Nå vet vi at i praksis blir all kalkspredning mer eller mindre ujevn, og at utjevning vil skje, ikke minst ved gjentatt jordarbeiding, i påfølgende år. Dersom en oppnår jevnere spredning med granulert enn ved mjølfine vare, kan dette bety mere enn en eventuell forskjell i virkehastighet.

Spredning av såvel pulverformig vare som blandinger av finere og grøvre partikler, med sentrifugalspredeutstyr blir lett ujevn. På 22 felter på Østlandet ble spredejevnhet undersøkt etter spredning utført av et par kalkfirma. En plasserte plastskåler, 20 cm i diameter, med 1-1,5 m avstand ut fra kjørelinjen. Oppsamlet mengde kalk i disse skålene varierte

på de fleste felt med flere hundre prosent. Det ble konkludert med (Næss og Sorteberg Norsk Landbr. 1973), at spredjevnheten var utilfredsstillende ut fra en agronomisk vurdering av behovet til jevnhet. Det er selvsagt svært viktig at de som kjører slike spreddebiler har erfaring for hvordan utstyret virker. Sterk vind kan ellers endre spredemønstret betydelig.

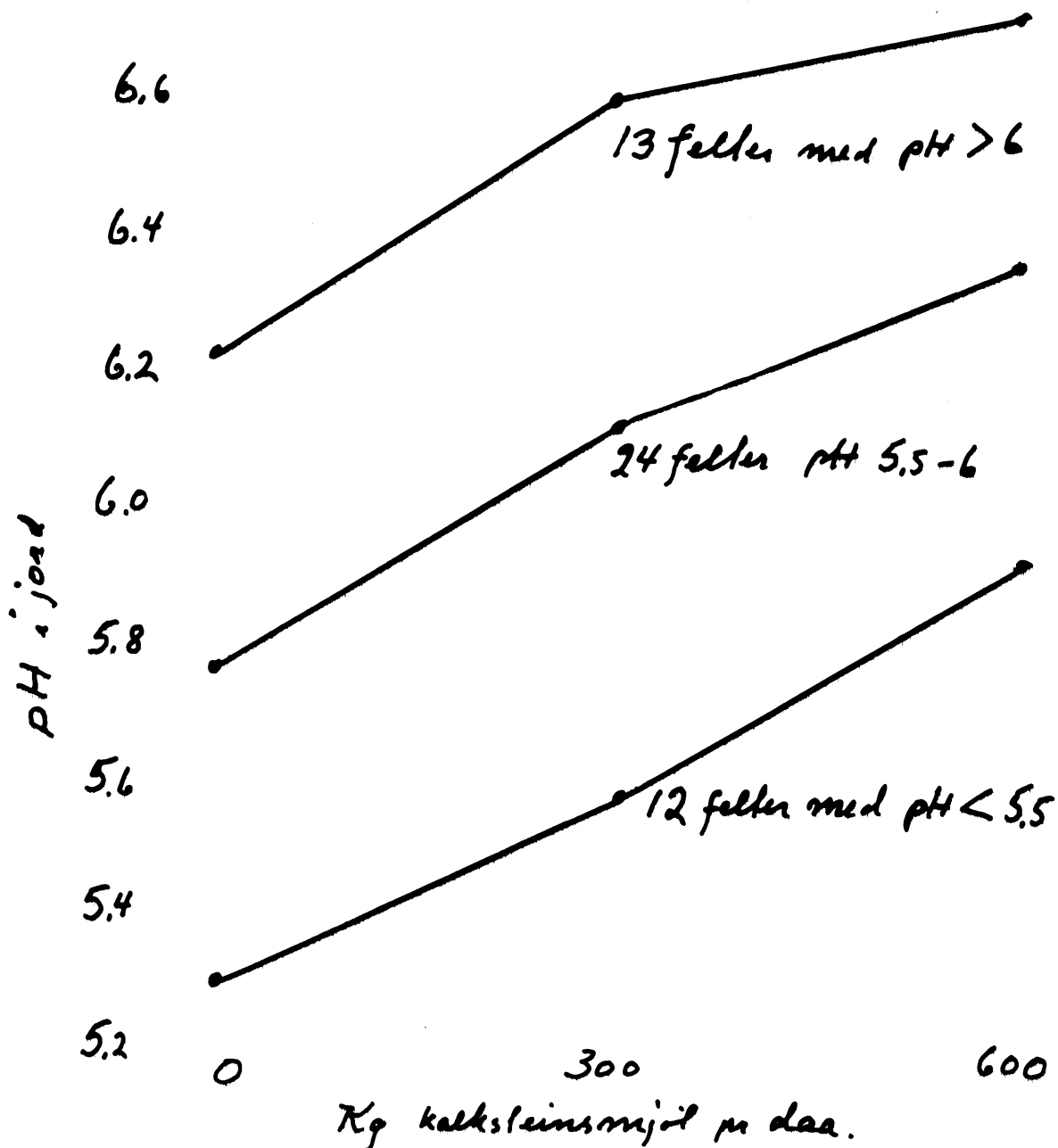
Virkning av stigende mengder kalk kan vurderes ut fra:

1. Endringene i jordreaksjon eller basemetning
2. Virkning på avlingsmengde og -kvalitet

Som uttrykk for den kjemiske virkning nyttes pH-bestemmelser. Som kjent er pH-skalaen logaritmisk, det vil si, pH 5 representerer 10 ganger så stor H^+ konsentrasjon eller H^+ aktivitet som pH 6, som igjen er 10 ganger pH 7, osv. I et ubufret system, f.eks. ved titrering av en sterk syre, vil pH stige eksponensielt ved basetilsetning, dvs. det trenges 10 ganger mer kalk for å få hevet pH fra 4,5 til 5,5 enn fra 5,5 til 6,5. Nå oppfører imidlertid jord seg helt annerledes, nemlig som et nokså sterkt bufret system, eller om en vil, som en svak syre. I svært mange undersøkelser har stigningen i pH-tallene ved kalking vært nokså nær lineær i det aktuelle området, dvs. det har gått med omtrent like stor kalkmengde for å heve pH 0,1 pH-enhet, enten pH har vært 5, 5,5 eller 6. Når vi nærmer oss nøytralpunktet, skal det gjerne mer kalk til for å gi ytterligere økning i pH, noe som ikke minst har sammenheng med at vi ved bruk av de vanlige Ca-holdige kalkmidler nærmer oss en likevekttilstand. Ved overskudd av $CaCO_3$ i jorda vil pH, som vist foran, være bestemt av CO_2 -trykket i

jordlufta.

I figuren nedenfor er vist virkningen av kalking på pH i noen nyere kalkingsforsøk på Sør-Vestlandet (etter Stabbetorp). Kalken er blandet inn om våren og pH-tallene er fra prøvetaking samme høst.



Økningen i pH svarer i middel nokså nær til 0,3 enheter for 300 kg kalksteinsmjøl pr. dekar. Unntak er gruppen der pH før kalking var større enn 6, her har en økning i kalkmengden fra

300 til 600 kg hatt noe mindre effekt. Det vil si at det skal mer til for å heve pH når en nærmer seg nøytralpunktet. Jordas bufferevne varierer selvsagt en god del, den øker vanligvis med økende leirinnhold og økende moldinnhold. I middel for 5 felter på moldfattig sandjord var pH-økningen 0,4 enheter for 300 kg kalksteinsmjøl og 0,85 for 600 kg,

En oversikt over flere forsøksserier i kyststrøk viser (Håland Etterutdanningskurs Sem 1978), at stigningen i pH tall etter stigende kalkmengder har vært relativ liten. I en serie der mengder opp til 400 kg CaO (= ca. 800 kg kalksteinsmjøl) pr. dekar ble moldet ned (Pesstalozzi Forskn. og fors. i landbr. 1970), var pH 3-4 år etter kalking:

Kg CaO/dekar	0	100	200	300	400
Mineraljord	5,3	+0,1	+0,3	+0,5	+0,6
Moldjord	4,8	+0,1	+0,2	+0,4	+0,4

Stigningen i pH tallene synes å være tilnærmet rettlinjert, også for disse jordartene.

Vi merker oss at moldjord har større bufferevne mot pH-stigning enn mineraljord. Det må videre strekes under at dette gjelder reaksjonsforholdene 3-4 år etter kalking. pH-differansene har sannsynligvis vært større, f.eks. høsten etter innblanding. Tapet av baser, f.eks. utvasking av Ca og HCO_3^- , fra partier med høy pH, kan være betydelig i den første tida etter kalking. Videre medfører kalking økt omsetning og produksjon av karbondioksyd, og f.eks. økt nitrifisering, noe som belaster kalktilstanden.

Forsøk på Vestlandet der kalken er gitt på overflaten av eng viste nokså sterk pH-stigning i prøver fra sjiktet 0-5 cm

etter noen år, mens forandringene var relativt små i sjiktet 5-20 cm (Håland). I det nedre sjiktet økte ellers utslagene i pH-tall fra 1. til 3. år. Det opplyses videre at disse feltene ikke er fra de mest nedbørrike strøk på Vestlandet. Det forhold at pH-tallene i de dypere lag, f.eks. under ploglaget, er lite påvirket, er ikke ensbetydende med manglende nedvasking av kalsium. For å få pH økning må det samtidig finne sted nedtransport av anioner som har evne til å binde protoner.

Virkingen av stigende kalkmengder på avlingsmengde varierer selvsagt mye alt etter kalktilstanden i jorda før kalking og andre forhold. Et gjennomgående trekk er at virkingen er særlig stor for første kalkdose og avtakende for større mengder. Avlingskurvene er, som oftest, i motsetning til pH-kurvene, tydelig krumme.

Noen middeltall i høy, fra kalkingsforsøkene på Vestlandet gjengis nedenfor:

30 forsøk i kyststrøk 1959-1966 (Pesstalozzi 1970)

Kg bereknet CaO/dekar	0	100	200	300	400
Kg høy attleggsår	248	+46	+42	+51	+54
" " 1. engår	967	+117	+153	+168	+170
" " 4. "	746	+42	+90	+106	+101

Kalken er gitt i form av kalksteinsmjøl. Meravlingene, her i forhold til uten kalk, tyder på at de noe større mengder blir mer konkurransedyktige med årene.

Overflatekalking, 22 forsøk på Vestlandet

(etter Hovde Forskn. og fors. i landbr. 1973)

Kg bereknet CaO/dekar	0	150	300
Kg høy i kalkingsåret	762	-2	+2
" " 2. år	682	+26	+44
" " 5. år	615	+28	+47

Også i noen eldre forsøk utført av Selskapet for Norges Vel på grasmark på Sørlandet, Vestlandet og i Trøndelag, var det negativ virkning i kalkingsåret, men store positive utslag i de etterfølgende år.

Bortsett fra det året en har spredd ut kalksteinsmjølet, har overkalking uten nedmolding virket relativt bra. Siden overflatetilført og nedmoldet ikke er sammenliknet direkte på de samme felter, er det vanskelig å si om overflatekalking kan være like bra som nedmolding i de seinere år. Dersom grasdekket er bra, er det vel liten grunn til å pløye om enga bare i den hensikt å få moldet ned den kalken en må tilføre.

I 6 flerårige forsøk på sand-finsand-siltjord i Solør var det lite å vinne i kornavling for mengder utover 200 kg kalksteinsmjøl. For 5 forsøk på nydyrket jord med pH 4,6 i middel, var det derimot økende kornavling, også for største mengde som var 1000 kg kalksteinsmjøl pr. dekar (Semb Forskn. og fors. i landbr. 1977).

For 59 kalkingsforsøk på Sør-Østlandet (Stabbetorp Etterutdanningskurs Sem 1978), var det noe større utslag for mengder utover 300 kg kalksteinsmjøl pr. dekar, og også positiv kalkvirkning ved noe høyere pH, på leirjord enn på sandjord. Dette kan skyldes at kalken har virket positivt på jordstrukturen på leirjord.

Svært store kalkmengder for å forbedre de fysiske forhold i leirjord var sterkt framme i diskusjonen i slutten av seksti-årene. Forsøk med mengder opp til 2 tonn brent kalk pr. dekar ble anlagt. Brent kalk vil kunne ha visse særvirkninger framfor kalksteinsmjøl. En vil temporært få en høyere pH (>8) og stor Ca aktivitet. Leskingen, og deretter overgang til karbonat, kan også påvirke de fysiske forhold i kolloidrik jord. Det er påvist visse forbedringer i aggregatstabilitet og reduksjon i skjærefasthet i noen år etter behandlingen (Njøs NJF seminar 1978). En annen effekt av store kalkmengder er økt nedbryting og frigjøring av nitrogen som nitrat. I en serie på 8 forsøk ga 2 tonn brent kalk langt større meravling ved svak N-gjødsling (5,4 kg N) enn ved sterk N-gjødsling (10,8 kg N) (Uhlen Plantedyrkingsmøte Ås 1972). I noen få flerårige felter var det fortsatt små positive utslag i kornavling etter 7-8 år, men neppe tilstrekkelig til å forsvare den relativt store investering en slik kalking tross alt representerer. Store kalkmengder kan også virke negativt, medføre mangel på Mn, eller også andre mikronæringsstoffer på visse jordtyper. Videre er det slik at den avlingsøkning som eventuelt har sammenheng med økt N-frigjøring, skjer på bekostning av jordens totale N-reserver. Et gammelt tysk ordtak sier at kalking gir rike fedre og fattige sønner. I dag, da vi kan regulere N-tilgangen med kunstgjødsling, er vel dette utsagnet ikke direkte aktuelt. I et langvarig kalkingsforsøk ved NLH ble imidlertid påvist en tydelig avlingsreduksjon av høy i visse perioder i 1950, -60 og -70 årene på parseller som var kalket med 2 tonn kalksteinsmjøl i 1943 + det samme i 1964. Denne avlingsnedgangen hadde sammenheng med N-forsyningen, idet den kunne motvirkes ved sterkere N-gjødsling.

Kalkvirkning til forskjellige vekster

Behovet for kalking er avhengig av vekstene en skal dyrke. Ofte er det vel imidlertid slik at en ønsker å veksle mellom vekster såvel med stort som lite krav til kalktilstanden. Ved utstrakt tidligpotetdyrking må en unngå i hvert fall sterk kalking pga. skurvplagen. En kan derfor måtte avstå fra å dyrke vekster som f.eks. vanlig toradsbygg. I enkelte lærebøker har en gjerne villet operere med visse optimale pH-verdier for de forskjellige vekster. Grunnlaget for dette kan ofte være tvilsomt. pH gir f.eks. ikke noe entydig og fullgodt uttrykk for kalktilstanden. Det vi kan si, dersom vi har undersøkelser å bygge på, er at noen planter er mer kravfulle enn andre.

I de refererte kalkingsforsøk fra Østlandet (Stabbetorp) var meravlingene for kalking større i byggår, enn når det ble dyrket havre, oljevekster eller eng på feltene. Toradsbygg, beten og luserne regnes som de mest kravfulle av jordbruksvekstene. Av de minst kravfulle nevnes potet, havre og rug, mens de fleste andre vekster grupperes som middels kravfulle når det gjelder kalktilstanden.

I forsøk i Hedmark og Oppland (Ekeberg Forskn. og fors. i landbr. 1973), var det i middel positive utslag for kalking til korn og eng, mens det ble avlingsreduksjon i 5 tilfeller der potet inngikk i vekstfølgen. For hagevekstene oppgis kalkkravet noe forskjellig hos forskjellige forfattere. Av svært kalkkrevende regnes beten, spinat, asparges og vel også salat, bønne, selleri og løk. Gulrot, reddik, og ikke minst tomat, kan være eksempler på planteslag som er mer nøysomme vekster i så måte. Til enkelte korsblomstrede vekster vil en av hensyn til å motvirke eventuelle klumprotangrep ofte kalke sterkt, selv om flere av kålvekstene kanskje ikke er spesielt ømfintlige for sur jord.

Behovet for kalking

Kalkbehovet varierer avhengig av

1. Opprinnelsesmaterialets kalkinnhold
2. Klimaet
3. Vekstene som dyrkes
4. Gjødsling.

En stor del av den dyrka jorda her i landet er kalkfattig fra naturens side. Klimaet hos oss er stort sett slik at utvaskingen er stor, og kalktilstanden forverres raskt, særlig i kystklima.

Kjemiske jordanalyser, det vil i dette tilfelle si pH-bestemmelser, er det viktigste hjelpemiddel for vurdering av kalkbehovet på dyrket mineraljord. Dette er behandlet mer inngående i delen om jordanalyser. Markforsøk kan gi rettleiing om kalking i konkrete tilfeller. I praksis må en ofte gjøre seg opp en mening uten slike hjelpemidler. Det gjelder ikke minst ved nydyrking, der store jordvariasjoner også kan gjøre det vanskelig å få tatt ut representative jordprøver. På den annen side er det lettere å bedømme kalkbehov ut fra geologisk opphav, og kanskje særlig vegetasjonstype, på udyrket jord enn på gammel kulturjord. Noen eksempler:

Jord som er oppstått av kalkholdige kambro-silurbergarter vil kunne ha en fullt tilfredsstillende kalktilstand. Det finnes jo også i Norge dyrket jord som aldri er blitt kalket, og der det fortsatt ikke er behov for kalking. Som et motsatt ytterpunkt kan nevnes jord oppstått av sparagmittformasjonens svært sure kvartsrike bergarter.

Jord som stammer fra grunnfjellsbergarter er kalkfattigere enn jord fra f.eks. fyllittformasjonens skifre.

Når det gjelder gruppering etter mekanisk sammensetning eller tekstur, kan vi for det første merke oss at siltjordene, mjele, kvabb og koppjord er utpreget kalkfattige fra naturens side. Leirjordene varierer sterkt, særlig avhengig av forvitringsgraden. Lys, sterkt forvitret og utvasket leirjord har stort kalkbehov, mens lite forvitret leire, f.eks. blåleire, har stor grad av basemetning.

Sortert sandjord er ofte utvasket, og dermed kalkfattig fra naturens side, mens morenejord kan variere svært mye avhengig av opprinnelsesmateriale og klima.

Jord med utpreget bleikjordlag og råhumus på toppen, slik som vi ofte finner i våre barskoger, må kalkes ved eventuell oppdyrking. Lyngvegetasjon av blåbær og røsslyng indikerer at jorda er sterkt sur, i hvert fall i de øvre sjikt.

Innen myrjordsgruppen er torv som er dannet av de vanligste kvitmoser (Sphagnum spp.) eller av gråmose (Rhacomitrium), utpreget kalkfattige. Torv som for en stor del er dannet av de samme mosearter og av nøysomme blomsterplanter som opptrer sammen med dem, trenger altså kalking ved oppdyrkingen. Mange grasmyrer bør også kalkes, men ikke alle.

Gjelder det eldre kulturjord, må en først og fremst ta hensyn til eventuell tidligere kalking, tidspunkt og kalkmengde i tillegg til klima og jordbunnsforhold. Utviklingen av kulturplantene, særlig av de vekster som setter større krav til jordas kalktilstand, sett i sammenheng med vekstvilkårene ellers, kan gi visse holdepunkter.

Spørsmålet om hvor store mengder kalk en skal bruke henger også sammen med hvor ofte en tar sikte på å kalke.

Med støtte i forsøksvirksomhet og andre holdepunkter, er de

vanlige anbefalinger her i landet på kalktrengende jord:

Leirjord 200-400 kg bereknet CaO, dvs. omtrent det dobbelte i kg kalksteinsmjøl pr. dekar.

Sandjord 150-200 kg CaO.

Myrjord som ikke har vært kalket tidligere, f.eks. nydyrket myr, mengder som for leirjord. Ved seinere underholdskalking på myr omtrent det halve av førstegangskalkingen.

I innlandsstrøk, og særlig på leirjord kan en bruke relativt store mengder, og kalke mer sjelden, mens en i kyststrøk og særlig på sand- og myrjord bør kalke oftere, og gjerne med noe mindre mengder pr. gang.

Hvor ofte det er nødvendig å gjenta kalkingen er lite undersøkt i vanlige markforsøk. Det viser seg at det er bare ved forskningsstasjoner en har mulighet for å fortsette med forsøk lenge nok til å få svar på dette.

I et tidligere forsøk på mjelejord på Hvam, Romerike, fant Boysen at det ikke lønte seg å kalke igjen før etter 15-16 år når det var brukt en stor mengde (= 425 kg CaO pr. dekar) ved oppdyrking.

I middel for 18 felter på mjele- og leirjord i innlandsstrøk viste bestemmelse av ombyttbart Ca at hele 84 pst. av det tilførte Ca i 600 kg kalksteinsmjøl pr. dekar var tilbake i ploglaget 4 år etter kalking (Uhlen Forskn. og fors. i landbr. 1957).

I Finland har Tuorila (1945) funnet igjen 1/2-2/3 av den tilførte Ca-mengde i matjorda 10 år etter kalkingen. I finske markforsøk på mineraljord har meravlingene etter kalking holdt seg omtrent på samme nivå hele tiden på felter hvor kalkingen ble utført for 10-12, på de eldste felter til og med for 15-

20 år siden. Det er å merke at Finland har mindre nedbør og som regel tele i jorda i lengre tid enn store deler av Norge.

I kysttrakter med stor nedbør er utvaskingen større enn i innlandsstrøk med telefaste vintre der mye av smeltevannet renner av på overflaten. Utvaskingen er videre, større fra jord med liten ombyttingskapasitet (sandjord) enn stor ombyttingskapasitet (leir- og moldjord).

Kalkbelastningen på den dyrka jorda her i landet er blitt adskillig større i seinere tid sammenliknet med for 15-20 år siden. Som vi har diskutert tidligere, har fullgjødselslagene en klart sur virkning på jorda. Teoretisk er denne negative kalkbelastningen bereknet til rundt 1 kg CaO pr. kg N.

Et middels forbruk av N på 10-15 kg i fullgjødsel skulle medføre et ekstra kalkbehov på inntil 25-30 kg kalksteinsmjøl pr. år og dekar. Dette ekstra kalkbehov synes nå å være registrert såvel blant veiledere som de praktiske utøvere.

I alle fall har forbruket av kalk økt kraftig de siste 10 år. I følge tidligere jordbrukstillinger, 1949, 1959 og 1969, lå det årlige forbruket av kalk her i landet lenge på vel

100 000 tonn som kalksteinsmjøl. I 1971 viste en undersøkelse et forbruk på 113 000 tonn, bereknet som kalksteinsmjøl med 84 pst. CaCO₃. I tillegg kommer forbruk av skjellsand som ikke er registrert. I 1975 var forbruket av kalk regnet som kalksteinsmjøl 165 000 tonn, i 1977 ca. 200 000 og i 1979 243 000 tonn. 1980: 272000, 1981: 301000, 1982: 334614.

Lønnsomheten av kalking

Hensikten med å kalke er å forbedre jordas produksjonsevne, dvs. å oppnå større avling. Imidlertid er det ingen gitt å

si hvor store meravlinger en kan få i løpet av 5, 10 eller 20 år når en kalker. Med utgangspunkt i markforsøkene med kalking kan vi sette opp etterpåregnskap som tilnærmet viser under hvilke forhold kalkingen har lønt seg. Men som allerede sagt, har vi lite grunnlag for å vurdere varigheten av kalkvirkningen ut fra markforsøkene.

Et annet forhold som må tas med i vurderingen er at kalktilstanden sjelden er statisk, også uten kalking. Med viktige unntak for jord som fra naturens side er kalkrik, vil tilstanden gradvis bli dårligere. For mange blir derfor spørsmålet ikke om de skal kalke, men når. Må det f.eks. kalkes umiddelbart, eller kan en vente 2 år, 5 år eller lenger tid.

I de fleste forsøksmeldinger om kalkingsforsøk her i landet har en forsøkt å vurdere lønnsomheten. Det synes å gå igjen i alle distrikter at kalking, i hvert fall med moderate mengder, har vært lønnsomt på et stort flertall av forsøksfeltene. Nå er det imidlertid grunn til å gå ut fra at forsøksfeltene ikke er representative for all dyrka jord i distriktet.

Kalkingsforsøkene er nok blitt utført i stor grad på arealer der en har hatt mistanke om kalkmangel.

Slike økonomiske beregninger er tidsbestemte. I beste fall kan vi nytte de relative meravlinger, sett i forhold til jordas kalktilstand f.eks. uttrykt ved pH-tall. I dag er som nevnt, kalkbehovet større enn tidligere, av flere grunner. Vi dyrker mer kravfulle planteslag, og gjødsler sterkt med fullgjødsel. I en nyere forsøksserie på Østlandet (Stabbe-
torp 1978), ble det klart større utslag for kalk ved bruk av fullgjødsel enn ved blanding av kalksalpeter og PK-gjødsel.

Den praktiske utførelse av kalking

For den enkelte dyrker er det mange hensyn å ta. I distrikter med utbredt grasdyrking vil en, om mulig, kalke i åpen åker. Det ideelle, og som også var det vanlige tidligere, er å kalke i et år med rotvekster eller grønnfôrvekster. En vil da kunne få to år med jordarbeiding før neste engperiode og dermed god innblanding av kalken. Ved ensidig åpenåkerdrift står en noe friere. En bør f.eks. søke å få lengst mulig avstand mellom kalking og eventuell dyrking av poteter. En får størst utbytte av kalkingen om en dyrker bygg i de følgende år. Skattemessige forhold blir nok også tillagt vekt i våre dager, f.eks. kalking om høsten etter et godt kornår.

Kalking blir ofte utført om høsten. En har i de fleste år noe lenger tid for dette etter innhøsting enn før såing om våren. Ved høstkalking kan det bli spørsmål om en skal kalke før høstpløying, eller omvendt. Det er lettere å kjøre på upløyd mark, og ofte kan det bli knapt med tid etter høstpløyinga. Det er imidlertid en viss fare for at kalken, spredd før pløying, kan bli ujevnt fordelt og komme vel dypt. Virkningen kan i første omgang bli liten i overflatesjiktet, der planterøttene skal utvikle seg. På sterkt sur jord, slik en kan ha det f.eks. ved nydyrking, anbefales derfor å kalke to ganger, "på begge sider av plogvelta". En ekstra harving etter kalking, f.eks. stubbeharving av kornåker, bør kunne gi en noe bedre innblanding før en pløyer kalken ned.

Vinterspredning av kalk med spredebiler fra kalkfirmaer er vanlig mange steder. Det er en fordel at en kan kjøre slikt tungt utstyr på frossen mark, men samtidig medfører dette fare for avrenning med overflatevann om vinteren. Vanlig kalksteins-

mjøl er som nevnt lite oppløselig, og ved spredning på bar mark, burde faren for slik avrenning seinere ikke være særlig stor. Noe verre kan det bli ved spredning oppå et tykt snølag. Ved rask avsmelting kan, i slike tilfelle, kalksteinsmjølet skylles vekk i partikulær form, særlig i hellende terreng. Kalksteinsmjøl spredd på snøen er ellers effektiv til å påskynde smelting av snø og islag. Dette kan ha betydning for å redusere faren for isbrann og ellers gi litt tidligere våronn, f.eks. på arealer til tidligproduksjon av grønnsaker.

Det er vanlig advart mot å la kalk komme i berøring med husdyrgjødsel. Dette gjelder nok egentlig bare for brent eller lesket kalk som kan gi stor pH økning og ammoniakktap fra husdyrgjødsel. Kalksteinsmjøl (CaCO_3) gir, som nevnt, ikke pH-verdier stort over 8, selv ved vanlig CO_2 -trykk. Dette er neppe høyere enn pH i selve gjødsel på forhånd. Dersom en skal bruke både kalk og husdyrgjødsel på samme skifte, bør en bruke kalksteinsmjøl og spre kalken først. Dermed skulle den direkte berøring mellom gjødsel og kalk bli av liten betydning.

