S.T. 195

KOMPENDIUM

I

JK21
PLANTEERNÆRING, GJØDSLING OG GJØDSLINGSPLANLEGGING

AV

STEINAR TVEITNES OG JON ATLE REPSTAD

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

ÅS 1996

0 282557 001789
Kr 120.00

KOMPENDIUM

I

JK21
PLANTEERNÆRING, GJØDSLING OG GJØDSLINGSPLANLEGGING

AV

STEINAR TVEITNES OG JON ATLE REPSTAD

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

ÅS 1996

FØREORD

Stoffilfanget i dette forelesingsheftet byggjer på forelesingshefta i planteernæring og gjødsling, del I av G. Uhlen & R. Bærug (1984), del II og IV av G. Uhlen (1985) og del III av G.Uhlen & I. Aasen (1985). Mykje stoff er henta frå boka Husdyrgjødsel, (red. S. Tveitnes, 1993). Vidare er noko stoff frå nyare forsøksmeldingar og anna originalmateriale teke med.

Jon Atle Repstad har skrive og redigert kapittelet 'Forsøk og datainnsamling til rettledning om gjødsling' og kapitla om gjødsling til korn, oljevekstar, poteter og rotvekstar.

Steinar Tveitnes har skrive og redigert kapitla om 'Kjemiske analyser til rettleiing om gjødsling', 'Mineralgjødsel', 'Husdyrgjødsel', 'Andre organiske gjødselslag', Kalk og kalking, og dessutan kapittelet om 'Gjødsling til eng.'

Ås, 12. august 1996.

Steinar Tveitnes

PLANTEERNÆRING, GJØDSLING OG GJØDSLINGSPLANLEGGING

INNHOLD

Forsøk og datainnsamling til rettledning om gjødsling	9 s.
Husdyrgjødsel	83 s.
Andre organiske gjødselslag	9 s.
Mineralgjødsel	18 s.
Kalk og kalking	22 s.
Kjemiske analyser til rettledning om gjødsling	16 s.
Gjødsling til korn	22 s.
Gjødsling til oljevekster	12 s.
Gjødsling til eng og beite	16 s.
Gjødsling til poteter	14 s.
Gjødsling til rotvekster	10 s.

FORSØK OG DATAINNSAMLING TIL RETTLEDNING OM GJØDSLING

INNHOLD

	Side
Markforsøk	3
Karforsøk	4
Rammeforsøk	5
Lysimeterforsøk	5
Feltlysimeterforsøk	5
Laboratorieforsøk og laboratorieundersøkelser	6
Innsamling av data	6
Modellering	7
Typer av forsøksspørsmål	7
Kvalitative forsøk	7
Kvantitative forsøk	8
Komparative forsøk	9

FORSØK OG DATAINNSAMLING TIL RETTLEDNING OM GJØDSLING

MARKFORSØK

I markforsøk måles virkningen av ulike behandlinger under de vekstforhold som rår på stedet. Hensikten er å komme fram til forsøksresultater som med stor sikkerhet kan overføres til praksis. Resultatene er bare fullt gyldige for det sted der forsøket er utført, men dersom forsøket er ett i en serie kan en lettere trekke generelle slutninger. For å kunne generalisere må opplysningene om forsøkene være så fullstendige som mulig, slik at det er mulig å gruppere dem etter ulike jordbunns- og vekstforhold. Et gjennomsnitt av en forsøksserie kan tilsløre mer enn den klargjør, dersom forsøksspørsmålene ikke blir sammenliknet under like betingelser.

Resultatene fra et forsøk gjelder i prinsipp bare for den tid det spenner over. Værforholdene varierer fra år til år og kan påvirke utslagene. Det er derfor en stor fordel at forsøksserier går over flere år med ulike vekstvilkår.

Alle forsøk er beheftet med feil. Forsøksplanlegginga tar sikte på å redusere systematiske og tilfeldige feilkilder så mye som mulig.

Forsøksrutene må være så store at de representerer et plantebestand. Den tilfeldige forsøksfeilen for ei rute vil vanligvis bli mindre når rutestørrelsen øker, men variasjonen mellom ruter som ligger langt fra hverandre vil oftest øke. Det er derfor vanlig å bruke relativt lange og smale ruter.

Det vanligste så- og høsteutstyr for korn- og grasforsøksfelt er tilpasset en arbeidsbredde på 1,5 meter. Dette er også med på å bestemme rutestørrelsen. I felt som såes er vanligvis rutebredden 1,5 meter, mens det er vanlig å bruke noe breiere ruter når forsøksfelt anlegges i etablert åker eller eng for å redusere kantvirkningene. Høsterutene blir likevel på 1,5 meter.

Forsøksfeltene må plasseres på representative arealer under de betingelser som skal prøves. De må plasseres slik på skiftet at de ikke blir påvirket av kantvirkninger fra veg, skog eller andre skifter. Vekstforholdene må være mest mulig like og jordvariasjonen minst mulig innen gjentak.

Forsøksfeltene må anlegges med minst mulig ulempe for brukeren, men alle forsøksverter må være klar over at det innebærer praktiske ulemper å ha forsøk. All trafikk må foregå på tvers av gjentakene slik at alle ruter i ett gjentak får samme behandling. Det er svært viktig at rutene innen gjentak behandles likt.

KARFORSØK

I karforsøk kan en få svar på mange av de samme forsøksspørsmålene som i markforsøk. Den store fordelen med karforsøk er at en dyrker under kontrollerte betingelser. Det er særlig viktig at en kan blande jorda og på den måten nærmest eliminere jordvariasjon.

Resultatene fra karforsøk kan ikke overføres direkte til praksis, fordi dyrkingsforholdene er mer eller mindre kunstige. Det brukes ofte standardisert klima, og jord som er blandet har andre egenskaper enn urørt jord. Avlinger og gjødselmengder i karforsøk er ofte mange ganger så høye som det som nyttes i praksis.

I karforsøk kan en nytte kunstige voksemedier som rein kvartssand eller vannkultur. Dette gjør det mulig å arbeide med helt eksakte konsentrasjoner av næringsstoff.

RAMMEFORSØK

Rammeforsøk er en mellomting mellom markforsøk og karforsøk. Forsøket utføres i rammer ute og blir påvirket av klimaet som et markforsøk. Jorda som brukes i forsøket kan blandes før oppstart, slik at jordvariasjonen nærmest elimineres. Vanlig rammestørrelse er 0,5 m^2.

Vekstforholdene i rammene vil bli påvirket av undergrunnsjorda dersom det ikke nyttes svært dype rammer eller rammer med tett bunn. Ulempen med påvirkning fra undergrunnen må veies opp mot merarbeidet/kostnaden med spredte forsøksfelt.

LYSIMETERFORSØK

Lysimeter anlegg består av celler med jord der en har mulighet til å måle mengden sigevann. Det er ofte mulig å ta ut vannprøver i ulike dyp. Sigevannet kan så analyseres, og en får et mål for stoffenes bevegelse.

Cellene kan fylles med jord som blir blandet, eller med urørte jordsøyler (monolitter). Dersom en bruker blandet jord vil sjiktene under matjordlaget bli forstyrret og poresystemer og aggregater ødelagt når cellene fylles. Avstanden til avløp er kort og dreneringa vil foregå raskere enn under naturlige forhold.

FELTLYSIMETERFORSØK

I et feltlysimeter brukes det så store ruter at rutene kan jordarbeides med vanlig utstyr. Sigevannet fra hver rute kan fanges opp i separate grøfter og analyseres. Overflatevannet blir også samlet opp rutevis.

Rutene må enten være så store at det blir liten lekkasje av sigevann fra rute til rute eller være fysisk adskilt. Feltlysimetere blir store anlegg, og det er vanskelig å finne arealer som er ensartede nok.

LABORATORIEFORSØK OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

På et laboratorium er det mulig å arbeide under kontrollerte betingelser med definerte klimafaktorer som lys, fuktighet og temperatur. Eksempler på forsøksspørsmål som egner seg for laboratorieforsøk er reaksjoner mellom gjødselstoff og jord, omsetningsforsøk med organisk materiale, virkning på de fysiske forhold i jord av jordforbedringsmidler og frigjøring av drivhusgasser fra jord.

I laboratorieforsøk med planter tar en i første rekke sikte på å måle kjemiske endringer i planter ved ulike behandlinger, avlingsutslagene kommer i annen rekke. Det er også mulig å studere opptak og utskilling av ulike stoff og andre plante-fysiologiske spørsmål.

INNSAMLING AV DATA

Innsamling av observerte data kan være en hensiktsmessig måte å skaffe opplysninger om et emne over et stort område. Det er på denne måten mulig å få en oversikt over utbredelsen av problemet før mer intensive forsøksopplegg startes.

Innsamling av data kan også være nyttig for å finne sammenhenger mellom ulik dyrkingspraksis og avlings- og eller kvalitetsresultat. For å få statistisk sikre utslag kreves det mye større mengder data ved innsamling enn fra kontrollerte forsøk.

MODELLERING

De data som framskaffes gjennom ulike typer forsøk og datainnsamlinger kan nyttes i utarbeidelsen av matematiske modeller. Modellering er en beskrivelse og forenkling av virkeligheten med matematiske begreper. Forenklingen må ikke være så sterk at modellen beskriver virkeligheten på en for unøyaktig måte. Den må heller ikke være så komplisert at det krever for detaljerte inngangsverdier.

Modellering forutsetter at ett sett av hendelser fører til ett definert resultat. Når modellen er utarbeidet må den testes med praktiske resultater. Modellen må justeres slik at resultatet blir så likt som mulig med det som er oppnådd i forsøk eller liknende, modellen kalibreres. Ved å bruke en del av materialet til kalibrering og en annen del til å teste hvor godt modellen kan forutsi resultatet kan modellens gyldighet beregnes. En kalibrert og gyldig modell kan brukes til å forutsi hva som vil skje under ulike forhold og være et nyttig hjelpemiddel i beslutningsprosessen.

TYPER AV FORSØKSSPØRSMÅL

Kvalitative forsøk

I kvalitative forsøk undersøkes det om tilførsel av et stoff har noen virkning under de gitte forhold. Det blir bare brukt en mengde av stoffet som velges ut fra tidligere erfaring. En kan måle effekten av tilførsel av flere stoff i samme forsøk. Dersom det er mangel på ett eller flere stoff må en følge opp med kvantitative forsøk for å finne hvilke mengder som er optimale.

Kvantitative forsøk

I kvantitative forsøk måler en sammenhengen mellom tilført mengde gjødsel og avlingsutslag. For å finne en slik sammenheng må det være mangel på stoffet som prøves.

Mengdeforsøkene kan utføres ved at alle gjødselstoff, unntagen det som skal undersøkes, tilføres som grunngjødsling. Det nyttes mengder som er så store at en ikke får mangel av stoffene som inngår i grunngjødslinga. Det stoffet som skal undersøkes tilføres i ulike mengder.

Flere stoff kan også undersøkes samtidig. Samspill mellom de ulike gjødselstoffene kan påvises. Samspill vil si at et stoff virker forskjellig når det brukes aleine enn når det brukes sammen med andre.

Det bør være med et ugjødsla ledd i de fleste gjødslingsforsøk. Det vil alltid være en viss forsøksfeil. Derfor er det viktig å ha en relativt stor forskjell mellom de tilførte mengdene for å kunne påvise sikre utslag. Ulempen er at avlingene varierer mer på ugjødsla jord, og forsøksfeilen kan bli større. Det er også viktig med null-ledd for å kunne vise sammenhenger mellom kjemiske jordanalyser og avlingsutslag.

Tre mengder er det minste en kan prøve for å kunne danne seg et bilde av avlingskurvens forløp og dermed få opplysninger om optimale gjødselmengder. Med tre mengder kan en ved hjelp av variansanalyse teste både om det er lineære og kvadratiske utslag.

Komparative forsøk

I komparative forsøk måles forskjellen mellom ulike behandlinger ved samme mengde tilført næring, for eksempel ulike gjødseltyper eller delt gjødsling. Avlingskurvene for ulike gjødseltyper vil ofte være ulike selv om de peker mot samme toppunkt. Den ene kurven kan stige sterkere ved mindre mengder og svakere ved større enn den andre. Komparative forsøk bør derfor kombineres med kvantitative, fordi forholdstallet mellom behandlingene kan være forskjellig ved ulike kombinasjoner.

Ut fra avlingskurvene kan en finne den næringsstoffmengde som må tilføres med en gjødseltype for å gi samme meravling som en viss næringsstoffmengde i en annen gjødseltype. Dette kalles erstatningstallet. Den inverse verdien kalles verditallet, og gir et uttrykk for verdiforholdet mellom de to gjødseltypene. Verditallet gir ofte et bedre uttrykk for sammenlikningen av to gjødseltyper enn forholdstallet for meravlinger ved like store næringsmengder.

HUSDYRGJØDSEL

INNHALD

	Side
Innleiing	5
Næringsinnhald i husdyrgjødsel, mengd gjødsel og næringsstoff	6
Innhald av hovudnæringsstoff	6
Innhald av sekundære makronæringsstoff og mikronæringsstoff	7
Innhald av andre stoff	8
Variasjon i næringsinnhald	9
Korleis ein kan bestemme næringsinnhaldet i husdyrgjødsel	10
Mengd gjødsel frå ulike dyreslag	12
Mengd hovudnæringsstoff i husdyrgjødsel, kloakkslam og mineralgjødsel	13
Husdyrgjødselmengd i høve til arealgrunnlaget	14
Verknad av fôring på innhald av næringsstoff i husdyrgjødsel	16
Nitrogen i gjødsel frå gris og fjørfe	16
Fosfor i gjødsel frå gris og fjørfe	18
Nitrogen i gjødsel frå jortarar	19
Fosfor i gjødsel frå jortarar	21
Nitrogen og fosfor i gjødsla frå ei "gjennomsnittsku"	22
Tilsetningar til husdyrgjødsel	23
Strø	23
Andre tilsetningar	25
Omsetningar i husdyrgjødsel under lagring	28
Hygienisering	28
Nitrogen	29
Svovel	31

Behandlingsmåtar for husdyrgjødsel 32
Vassinnblanding (gyllemetoden) 32
Våtkompostering 33
Skilt lagring 35
Tørrkompostering 39
Anaerob omsetning 44
Verknaden av jordpakking og husdyrgjødsel på tiltetting av jord 45
Verknaden på avlingsnivå og mengd av meitemakk 45
Infiltrasjon av vatn 47
Gjødselverknaden av husdyrgjødsel 49
Ulike omgrep til å uttrykkje gjødselverknad 49
Verknaden av gjødsel frå ulike dyreslag 49
Ulike spreiemåtar 55
Ammoniakkfordamping 57
Verknad av gjødselspreiing om hausten og om våren 58
Kvifor rett gjødsling er viktig 59
Husdyrgjødsel i økologiske dyrkingssystem 61
Parasittsmitte ved bruk av husdyrgjødsel 63
Smitterisiko med gjødsel som vert spreidd på grasareal 63
Parasittsmitte i fôr frå grasareal gjødsla med husdyrgjødsel 65
Verknaden av lagring av gjødsla på parasittsmitten 66
Smitterisiko med gjødsel som vert pløgd ned 66
Verknaden av spreietidspunkt 67
Parasittorganismar i gjødsel frå ulike dyreslag 67
Andre smitteorganismar i husdyrgjødsel 69
Parasittorganismar i folkegjødsel 70

Forureining av vatn og luft frå husdyrgjødsel 70
Forureining av vatn 70
Forureining av luft 72
Retningslinjer for spreiing av husdyrgjødsel 75
Husdyrgjødsel og økonomi 76
Verdi av husdyrgjødsla i planteproduksjonen 76

HUSDYRGJØDSEL

INNLEIING

Husdyrgjødsel har heilt fram til ca. 1950 vore det klart viktigaste gjødselslaget i jord- og hagebruk. Før 1850 var det langt på veg einaste gjødselslaget. Frå Kina har ein skriftlege kjelder som syner at gjødsel frå husdyr har vore nytta som plantenæring så langt attende som 4000-5000 år. Bruk og stell av husdyrgjødsel i jordbruket i landa rundt Middelhavet i tida frå 1000 år før til 500 år etter Kr. f. er omtala i fleire verk om landbruk frå den tid (Ødelien 1979).

Praktisk erfaring for at gjødsling gav betre vekst var truleg bakgrunnen for at husdyrgjødsel vart brukt til kulturvekstane i gammal tid. Med framveksten av naturvitskapen i nyare tid auka også kunnskapen om stoffinnhald og ulike prosessar i husdyrgjødsla. Ein fekk på den måten eit stadig betre grunnlag for bruken av denne næringskjelda. I tidsrommet 1800-1950 vart det gjort store framsteg i gjødselhandteringa. Bruk av lagerrom, strøtilsetning og betre teknikk under utkøyring og nedmolding auka verknaden av gjødsla monaleg. Då mineralgjødsla kom for fullt omkring 1950, var det difor jamt over svært bra kunnskapsgrunnlag om korleis dei typane av husdyrgjødsel som ein då hadde, best kunne nyttast i jordbruket.

Etter 1950 har det skjedd store endringar med omsyn til fordelinga av husdyr i ulike delar av landet, samstundes som sterkare fôring og nye former for lagring har gitt endra gjødselkonsistens. Vi har fått meir vassrik og strøfattig gjødsel på dei fleste bruk. Konsentrasjonen av husdyr og gjødsel er mange stader svært stor i kystdistrikta frå Rogaland til Trøndelag, i einskilde bygder i Nordland og i øvre dalstrøk på Austlandet. Samstundes har ein i dei større jordbruksområda på Austlandet jamt over lite husdyr, særleg storfe, og plantedyrkinga er på mange gardsbruk basert på mineralgjødsel som einaste gjødselslag.

NÆRINGSINNHALD I HUSDYRGJØDSEL, MENGD GJØDSEL OG NÆRINGS-STOFF

Innhald av hovudnæringsstoff

Prosentinnhaldet av ulike næringsstoff i husdyrgjødsel vil variere for kvart dyreslag og frå eit dyreslag til eit anna. Innhaldet er påverka av mellom anna fôring og innblanding av vatn og strø. Det finst eit stort analysemateriale for husdyrgjødsel her i landet. Ein del av desse tala er samla i tabell 1, og er der gitt som middeltal for ulike dyreslag og gjødseltypar. Middeltala skjuler store variasjonar, men gir likevel eit bilete av dei store ulikskapane mellom dyreslaga og mellom ulike typar av gjødsel frå same dyreslaget.

Tabell 1. Innhald av tørrstoff, prosent, og innhald av næringsstoff, kg/tonn i husdyrgjødsel, basert på norske analysar.

Gjødselslag	Tal prøver	Tørr-stoff	Total-N	NH_4^+-N	Fosfor	Kalium
Storfegjødsel med strø	115	20	4,6	1,3	1,2	4,3
Land, NLH	5		5,0	4,8		6,8
Land, Jæren	11	2,1	4,8	4,5	0	5,4
Blautgj. storfe, Østlandet	70	9,0	5,0	2,9	0,8	3,8
Blautgj. storfe, Vestlandet	89	7,9	3,6	2,1	0,6	3,6
Blautgj. storfe, Nordland	64	8,6	4,0	2,4	0,7	2,7
Vassblanda gj., Vestlandet	86	5,0	2,4	1,4	0,4	1,8
Blautgjødsel, gris, Østfold	9	8,5	5,6	3,7	1,7	2,7
Blautgjødsel, gris, Jæren	7	4,5	6,0	4,5	1,3	2,5
Fast gjødsel, høns	12	33,2	14,8	5,5	6,4	8,1
Fast gjødsel, broiler	6	50,8	17,8	4,4	7,2	9,5
Fast gjødsel, sau	11	23,6	8,1	2,0	1,7	8,7
Fast gjødsel, pelsdyr	20	24,2	14	6,5	10	2,6
Hestegjødsel	-	28,0	5,5	-	1,0	5,0

Gjødsla frå fjørfe og pelsdyr er rik på alle hovudnæringsstoff, men særleg på fosfor. Gjødsel frå drøvtyggjarar inneheld mykje kalium, medan gjødsel frå dyr fôra med mykje kraftfôr er rik på fosfor, og i nokon mon nyttbart nitrogen. Nitrogen finst både i uorganisk- og i organisk form. Ammonium, NH_4^+, er den dominerande forma av uorganisk nitrogen. Nitrat, NO_3^-, finst det til vanleg lite av i husdyrgjødsel. Nitrifikasjon førekjem truleg, men nitratet går lett tapt ved denitrifikasjon.

I godt omsett, strørik gjødsel er det svært lite ammonium, og dermed liten fare for tap. Mest ammonium finn ein i land og i urinrik blautgjødsel. Det er stor skilnad på innhaldet av dei ulike hovudformene av nitrogen i gjødseltypane, som følgjande tabell viser.

Tabell 2. Hovudformer av nitrogen i ulike gjødselslag. Prosent av total-N.

	Ammonium-N	Nitrat-N	Organisk bunde N
Fast gjødsel	0- 50	spor	50-100
Blautgjødsel	50- 90	0	10- 50
Urin	70-100	0	0- 30

Blautgjødsel utgjer no, 1993, ein langt større del av total gjødselmengd enn for nokre 10-år sidan. Vi har difor oftare å gjere med ei gjødsel som kan vere ei rasktverkande nitrogenkjelde, men som på den andre sida ved dårleg lagring og feil teknikk under spreiing og nedmolding kan tape mykje nitrogen. Blautgjødsla set difor større krav til lagring, spreiing og nedmolding enn den gamle tørrstoffrike gjødsla gjorde.

Innhald av sekundære makronæringsstoff og mikronæringsstoff

Ved sida av hovudnæringsstoffa nitrogen, fosfor og kalium innheld husdyrgjødsla også makronæringsstoffa kalsium, magnesium, svovel, og mikronæringsstoffa jern, kopar, mangan, sink, molybden og klor. Innhaldet av desse stoffa er mindre undersøkt, men det er godt klarlagt at dei òg har god verknad som plantenæringsstoff. Analysetal frå ulike norske forsøk er samla i tabell 3.

Tabell 3. Innhald av magnesium, svovel, bor, kopar, mangan og sink i ulike slag husdyrgjødsel, g pr. tonn gjødsel.

Gjødselslag	Tørr-stoff %	Magnesium	Svovel	Bor	Kopar	Mangan	Sink
Storfe, blautgjødsel	9	500	500	1,4	2,7	30	13
Storfe, vassblanda gj.	4	200					
Gris, blautgjødsel	8,5	600	600				
Høns, tørr gjødsel	33,3	3600	1500				

Analyseverdiane er middel for ulike tal prøver, og ein må rekne med at det bak eit middeltal er store variasjonar. Særleg av mikronæringsstoff kunne ein ønskje fleire analysar.

I blautgjødsel av storfe er innhaldet av kalsium omlag eitt kg pr. tonn, medan hønsegjødsel kan innehalde 40 kg kalsium pr. tonn.

Innhald av andre stoff

Husdyrgjødsel inneheld noko klor. Frå ulike norske analyseseriar er det i tabell 4 samla middeltal for klor i husdyrgjødsel.

Tabell 4. Innhald av klor i husdyrgjødsel frå ulike dyreslag.

Dyreslag	Storfe			Gris	Pelsdyr
	Fast gjødsel	Blautgjødsel	Land		
Tørrstoff, %	20	9	-	8,5	24,2
Tal prøver	115	70	5	9	20
Klor, g pr. tonn	1800	1200	2400	1400	1400

Husdyrgjødsel inneheld også ei rad andre stoff, mellom anna tungmetall. Frå eit dansk analysemateriale er det i tabell 5 referert tal for innhald av tungmetall.

Tabell 5. Innhald av tungmetall i gjødsel frå storfe og gris, g pr. tonn gjødsel (Dam Kofoed m.fl. 1985).

Dyreslag	Prøvetal	Ts.%	Bly	Kadmium	Nikkel	Krom	Kobolt
Storfe	47	6,3	0,27	0,04	0,52	0,20	0,12
Gris	31	3,8	0,13	0,02	0,55	0,41	0,05

Det er opplyst av forfattarane at innhaldet av tungmetall i gjødsla varierer mykje. Samanlikna med vanleg innhald i jord, og tillate innhald av tungmetall i kloakkslam er innhaldet av tungmetall i husdyrgjødsel svært lågt.

Variasjon i næringsinnhaldet

Innhaldet av dei ulike næringsstoffa kan vere svært ulikt frå gard til gard, også for gjødsel frå same dyreslaget. Ikkje minst gjeld dette ammonium-N. Innhaldet i gjødsla frå ein buskap kan òg variere ein god del frå ein månad til ein annan, slik analysetal frå Sverige viser (Steineck m.fl. 1991). Variasjonane kan skuldast innblanding av meir eller mindre vatn, strø i ulik mengd eller strø med større eller mindre innhald av plantenæring. Innhaldet av næringsstoff i fôret og fôrstyrken verkar òg inn på innhaldet i gjødsla.

Analysemateriale som viser variasjonsbreidd i innhaldet av nokre næringsstoff i blautgjødsel frå storfe, vassblanda storfegylle og i sauetalle er vist i tabell 6.

Tabell 6. Variasjon i innhaldet av nokre plantenæringsstoff i storfegjødsel og i sauetalle, kg pr. tonn.

	Tørrstoff	Kjeldahl-N	Ammonium-N	Fosfor	Kalium	Magnesium
Storfe, blautgjødsel, 135 prøver [1]						
Middel	*)	3,4	1,8	0,6	3,7	-
Minimum	-	1,5	0,9	0,2	2,0	-
Maksimum	-	5,6	3,5	1,2	6,0	-
Storfe, vassblanda blautgjødsel, 32 prøver [2]						
Middel	5,0	2,4	1,4	0,4	1,8	0,3
Minimum	1,2	1,3	0,9	0,1	0,6	0,1
Maksimum	8,5	3,8	2,2	0,7	2,8	0,1
Sauetalle, 37 prøver [3]						
Minimum	20	4,4	0,1	1,0	2,5	0,5
Maksimum	39	10,5	5,4	3,5	14,1	3,6

*) Vanleg 6,6-8,0 prosent tørrstoff
[1] (Kval-Engstad & Repstad 1993)
[2] (Øpstad 1991)
[3] (Bjørdal 1992)

Nokre få tal som skilde seg sterkt ut, er ikkje tekne med.

Det er rekna ut middeltal for innhaldet av plantenæringsstoff for gjødsel frå alle viktige dyreslag i landbruket, slik det mellom anna er vist i tabell 1. Desse middeltala vil i mange tilfelle gi eit rimeleg bra bilete av innhaldet i gjødsla, men som det òg er vist, kan det vere store avvik frå dei. Dersom ein veit at gjødsla er blanda med mykje vatn eller strø av kjend kvalitet, bør ein korrigere middeltala.

Så store som variasjonane i næringsinnhald kan vere i husdyrgjødsel, bør det verte langt meir vanleg å analysere innhaldet av næringsstoff i gjødsla. Det finst no raske og rimelege analysemetodar.

Korleis ein kan bestemme næringsinnhaldet i husdyrgjødsel

Ved måling av innhaldet av næringsstoff i husdyrgjødsel er første vilkåret for eit påliteleg resultat at analyseprøva er teken ut slik at ho representerer best mogeleg gjødselpartiet prøva er teken frå.

Det er i alle høve to instrumenttypar som vert brukte til å bestemme næringsinnhaldet i husdyrgjødsel. Mange forsøksringar og landbrukskontor har slike instrument.

Herka flytevekt, som er eit densimeter, måler tettleiken av gjødsla. Tørrstoffinnhaldet i gjødsla må vere under fem prosent om resultata skal verte pålitelege, og gjødsla må difor ofte tynnast med vatn i høve gjødsel : vatn = 1:2, eller 1:3. Metoden byggjer på at instrumentet måler innhaldet av tørrstoff i gjødsla tilstrekkeleg nøyaktig, og at det er godt samsvar mellom innhaldet av tørrstoff og innhaldet av plantenæringsstoff i gjødsla.

Undersøkingar publiserte av mellom andre Synnes & Tveitnes (1991) har vist at det er godt samsvar mellom tørrstoffprosenten i gjødsla målt med Herka flytevekt og innhaldet av Kjeldahl-N, ammonium-N, fosfor, kalium, kalsium og magnesium i gjødsla, medan samsvaret er dårleg for nitrat-N. Ut frå avlest tørrstoffprosent på flytevekta kan ein med hjelp av ein tabell finne innhaldet av plantenæringsstoff i gjødsla, i kg pr. tonn gjødsel.

Agros nitrogenmålar er eit instrument som kan måle innhaldet av lettløyseleg nitrogen. Ein blandar bestemte mengder av klorkalk med blautgjødsel i eit lufttett kammer. Det vil då verte gassutvikling. Gasstrykket vert målt med eit manometer, som er gradert slik at ein kan lese av innhaldet av plantetilgjengeleg nitrogen pr. tonn gjødsel.

Instrumentet kan òg brukast til å måle innhaldet av tørrstoff og fosfor.

Granskingar utført i fleire forsøksringar i Hedmark og Oppland har synt at Agros nitrogenmålar er godt eigna til å måle innhaldet av ammoniumnitrogen i husdyrgjødsel. Kval-Engstad & Repstad (1993) fann bra samsvar mellom laboratorieanalysar og feltmålingar med dette apparatet.

Prøver av husdyrgjødsel kan og sendast til eit kjemisk laboratorium for analyse. Resultata ein får derifrå er mest nøyaktige, men dei vil verte dyrare og det vil ta meir tid før resultata ligg føre. Føremonen med dei raskare og billegare metodane er at det kan takast fleire prøver, og med det skaffast sikrare kunnskap om næringsinnhaldet i ulike gjødseltypar og i gjødsel produsert til ulik tid.

Mengd gjødsel frå ulike dyreslag

Middeltal for gjødselmengder frå dei ulike husdyrslaga går fram av tabell 7. Det kan vere stor variasjon innan husdyrslag. Fôringsstyrken har såleis mykje å seie, særleg for mjølkekyr. Då det kan vere store skilnader både på fôringsstyrke og mengd vatn som kjem til lagerkummen, må ein rekne med store variasjonar i konsentrasjonen av næringsstoff, også i gjødsel frå same dyreslaget. Det er likevel naudsynt å bruke middeltal i mange høve, mellom anna når ein skal få tal for mengd av næringsstoff for heile landet eller for einskilde distrikt. Når ein skal rekne på næringsmengd på eit gardsbruk, men manglar analysar av gjødsla, kan ein nytte middeltal. Tabell 7 viser middeltal for gjødselmengder og mengd av hovudnæringsstoffa nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K). Dei berekna verdiane byggjer på eit stort tal analysar.

Tabell 7. Berekna gjødsel- og næringsmengd for ulike dyreslag, når vatn og strø ikkje er rekna med. Kg pr. dyr eller dyreplass pr. år. Etter Sundstøl & Mroz (1988), Hvidsten & Sundstøl (1989), Steineck m. fl. (1991) og Uhlen & Bærug (1990).

Dyreslag	Gjødsel i alt	Derav urin	Nitrogen	Fosfor	Kalium
Mjølkeku	18000	7000	82	12,6	80
Ungdyr over 1 år	10000	4000	35	3,8	40
Ungdyr 0,5 - 1 år	5000	2000	23	2,8	25
Hest	9000	2500	50	8,0	40
Purke	4500	2700	18	5,9	10
Slaktegris pr. plass	2000	1200	10	2,0	3
Sau og geit	1000	300	9	1,2	8,5
Verpehøns	35		0,7	0,2	0,2
Slaktekylling, pr. plass	10		0,26	0,07	0,1
Revetispe	75	40	9	1,7	0,3
Minktispe	45	25	4	0,8	0,2

Alle tal i tabellen har som basis 12 månaders innefôring, eller fleire innsett av dyr årleg. Dersom dyra går på beite delar av året, må tala reduserast i høve til lengda på beiteperioden. Tala i tabell 7 må vurderast som heller grove middeltal. Gjødselmengdene frå særleg høgtytande kyr kan såleis vere høgare enn 20 tonn pr. år.

Mengd hovudnæringsstoff i husdyrgjødsel, kloakkslam og mineralgjødsel

Total mengd av plantenæringsstoff i husdyrgjødsla i Norge er eit produkt av tal dyr og mengd næringsstoff i gjødsla frå det einskilde dyr. I tabell 8 er totalmengd av hovudnæringsstoffa sett opp. Til sammanlikning er tilsvarande tal for mineralgjødsel i 1990 og verdiar for nitrogen og fosfor i kloakkslam tekne med.

Tabell 8. Hovudnæringsstoff i husdyrgjødsel, mineralgjødsel og slam i Norge 1990. Millionar kg pr. år (Uhlen 1992)

Gjødselslag	Total-N	NH_4^+-N + NO_3^--N	P	K
Husdyrgjødsel, årsproduksjon	80			
Husdyrgjødsel, oppsamla mengd	60	30	10	46
Kloakkslam, 2 mill. personar	2	1	1	-
Mineralgjødsel	110	110	16	54

Av samla mengd husdyrgjødsel fell etter denne berekninga 25% på beite, anten i utmark eller på dyrka mark. Det er vidare rekna med at halvparten av nitrogenet og alt fosfor og kalium i husdyrgjødsla kan nyttast av plantane. Utnyttingsgraden for nitrogen kan vere monaleg høgre enn 50%, men kan òg vere mykje lågare. Bonden kan gjere ein god del i samband med lagring, utkøyring og spreiing for å betre utnyttinga av nitrogenet i husdyrgjødsla. Tala for kloakkslam er usikre, då berre ein del av av kloakkslammet vert nytta som gjødsel.

Tabell 9. Prosent av total mengd næringsstoff i gjødsel frå ulike husdyr i Norge, 1990.

Dyregruppe	Prosent av total næringsmengd i husdyrgjødsla		
	Nitrogen	Fosfor	Kalium
Hest	1,3	1,4	1,2
Storfe	71,4	66,2	79,9
Sau	12,3	10,5	12,8
Geit	1,2	1,1	0,9
Gris	9,3	13,4	3,7
Høns	4,5	7,4	1,5

Tala i tabell 8 og 9 inkluderer ikkje næringsstoff i strø.

Husdyrgjødselmengd i høve til arealgrunnlaget

Næringsmengdene i husdyrgjødsla svært ulikt fordelte på dei ulike fylka. Dette er, historisk sett, ein heller ny situasjon. Bakgrunnen er at det i tida etter 1950 har skjedd ei sterk omlegging og differensiering av planteproduksjonen og husdyrhaldet i Norge. Ein stadig større del av jordbruksareala på Austlandet og i Trøndelag vert no brukt til kornproduksjon, medan gras har fått ein svært stor plass i fjell- og fjordbygder og i dei nordlegaste fylka. Ein stor del av husdyrhaldet følgjer grasareala. Dette gjer at næringsmengdene frå husdyrgjødsla no er svært ujamt fordelte her i landet. Nokre tal for fosfor og plantetilgjengeleg nitrogen, rekna ut på distriktbasis for året 1979, kan vise dette, sjå tabell 10.

Tabell 10. Mengd av fosfor og nyttbart nitrogen, 1979, i distrikt som er ulike med omsyn til husdyrhald og areal open åker, rekna i kg pr. dekar for fulldyrka areal og for open åker. Aastebøl & Tveitnes (1988).

Distrikt	Fulldyrka		Open åker	
	Nitrogen	Fosfor	Nitrogen	Fosfor
Sør-Austlandet, ytre bygder	1,3	0,7	1,4	0,7
Sør-Austlandet indre bygder	1,6	0,8	1,9	0,9
Romerike	1,7	0,8	2,0	1,0
Mjøsområdet	2,1	0,9	2,5	1,2
Valdres og Gudbrandsdal	4,1	1,5	18,1	6,7
Jæren	10,2	4,3	31,5	13,2
Ryfylke	11,4	4,5	69,8	27,2
Trøndelag, kornområde	3,0	1,2	4,9	2,0
Trøndelag, engområde	3,4	1,2	12,5	4,6

Mjøsområdet og Romerike har litt høgare mengder enn Sør-Austlandet, medan Ryfylke har like høge eller høgare tal enn Jæren.

I Trøndelag, Valdres og Gudbrandsdal ligg tala monaleg høgare enn på Sør-Aust landet, men mykje lågare enn på Jæren.

Kombinasjonen av stor mengd husdyrgjødsel og relativt lite areal open åker gjer at mykje husdyrgjødsel må spreiast på grasareala. Den store konsentrasjonen av husdyr i høve til areal dyrka jord har fleire stader gjort det vanskeleg å følgje dei krava til spreiearal som no gjeld her i landet.

VERKNADEN AV FÔRING PÅ INNHALDET AV NÆRINGSSTOFF I HUSDYRGJØDSEL

Samansetninga av fôrrasjonen har direkte innverknad på kva som kjem ut av husdyra i form av gjødsel og urin. Næringsstoffa i fôret nyttar husdyra til det dei treng for å halde kroppen vedlike og til vekst, reproduksjon, mjølk og pels.

Dersom husdyra tek opp meir av til dømes nitrogen, fosfor og kalium enn dei treng til dette, vil resten verte utskilt i feces og urin.

Nitrogen i gjødsel frå gris og fjørfe

Fôrprotein er ein av dei viktigaste byggjesteinane i husdyrproduksjonen. Ein kilo protein inneheld 160 gram N.

Er det for mykje protein i fôret i høve til det dyra treng, må overskotet som nemnt skiljast ut. Dyra kan ikkje byggje opp meir kroppsprotein eller produsere meir mjølk enn det dei har genetisk potensial for.

Hos einmaga dyr er trongen til protein i fôret heilt avhengig av proteinkvaliteten, dvs. aminosyresamansetninga. Minst nitrogen skil dei ut når innhaldet av tilgjengelege aminosyrer i fôret samsvarar heilt med det dyra treng. Er det særs lite av ei essensiell aminosyre, til dømes lysin, må ein ha meir protein i fôret enn det som er naudsynt for å stette kravet til innhald av denne aminosyra. Dersom ein gir tilskot til fôrrasjonen med den eller dei aminosyrene som det er minst av i høve til trongen, kan ein minske innhaldet av protein i fôret utan at det går ut over tilvekst eller slaktekvalitet.

Etter kvart som dei syntetiske aminosyrene kan produserast til ein akseptabel pris, vert det meir vanleg å supplere fôret til gris og fjørfe med slike. Under norske fôringstilhøve er lysin den første avgrensande aminosyre i fôret til slaktegris, med treonin og metionin/cystin på dei neste plassane. Hos fjørfe er òg lysin den første avgrensande aminosyra, medan metionin/cystin synest å vere viktigare enn treonin.

Lysin, metionin og treonin er alle tilgjengelege for kommersiell bruk, men prisen på desse og dei aktuelle proteinfôrmidla avgjer om det løner seg å nytte dei. Forureiningsvinsten som kan følgje med eit lågare N-innhald i feces og urin er inntil vidare ikkje teken med i totalrekneskapen.

Ønskjet om ei så enkel drift som mogeleg gjer at mange produsentar berre nyttar ei kraftfôrblanding til all gris. Denne utviklinga har og vorte stimulert av kraftfôr produsentane sine tilrådingar og deira prispolitikk. Dette fører til sløsing med både nitrogen og andre næringsstoff, og til eit høgare næringsstoffinnhald i feces og urin enn naudsynt.

For å gjere N-utsleppet frå einmaga dyr minst mogeleg er det viktig å:

- Nytte rett kraftfôrblanding i høve til proteintrongen hos dyra.

- Supplere blandingane med dei avgrensande aminosyrene.

Fosfor i gjødsel frå gris og fjørfe

Nok fosfor i fôret er naudsynt for å få god mineralisering av skjelettet hos alle dyr. Særleg hos unge dyr er dette viktig dersom ein vil unngå rakitt og andre sjukdomar. I dei fleste land er korn hovudkomponenten i fôret til gris og fjørfe. Protein og uorganisk mineralstoff vert så tilsett for å gjere fôret så fullverdig som mogeleg. Fosforinnhaldet i korn er eigentleg nokså høgt, men av di fosforet er bunde i fytinsyre, er det lite tilgjengeleg for einmaga dyr (30-40%). For å frigjere P frå fytinsyre må det til eit enzym som kallast fytase.

I dei seinare åra har det vore forska mykje på metodar for å framstille fytase til ein pris som gjer det interessant å blande det inn i fôret. Fleire industriverksemder kan no framstille meir eller mindre rein fytase ved hjelp av mikroorganismar. Prisen er enno høg, men granskingar mellom anna i Nederland, Finland og Norge syner at mikrobielt framstilt fytase er effektiv når det gjeld å frigjere fytinfosfor i korn.

Ein auke i meltegraden av fosfor i korn frå 30% til 50% kan vere nok til å stette fosfortrongen hos einmaga dyr. Det vert då ikkje naudsynt å setje til uorganisk fosfor i fôret, og fosformengda vert mindre. Ein reduksjon i fosformengd utskilt i gjødsel og urin på 20-30% skulle ikkje vere umogeleg.

Som for protein er det om å gjere å ikkje bruke meir fosfor i fôret enn naudsynt. Normene bør difor ikkje vere for høge og sikringsmarginane ikkje for store. Dersom fosforet er dyrt, vil kraftfôrprodusentane leggje seg på nedre grense for innblanding. Er fosforet derimot billeg, vert fosforinnhaldet i fôret gjerne høgt.

Avsetningsvanskar for kjøttbeinmjøl har såleis vore med på å presse fosforinnhaldet i kraftfôrblandingane til gris og fjørfe oppover i den seinare tid.

Mange ønskjer å bruke berre ei blanding til gris. Særleg populært har det vore å nytte Svinefôr 3, men mange har og nytta Purkefôr 2 både til purker og slaktegris. Med Purkefôr 2 til slaktegris vert fosforforsyninga 15-20% høgare enn norma. Dette svarar til 30-40 % meir fosfor i gjødsel og urin enn det som er naudsynt.

Normene for innhald av fosfor i kraftfôr er i dag gitt i melteleg fosfor i staden for totalfosfor som tidlegare. I tillegg vert det sett ei øvre grense for innhald av ikkje-melteleg fosfor. Dette er ein meir korrekt måte å setje normer på enn det ein hadde tidlegare.

Utsleppet av P fra fjørfe- og griseproduksjon kan minskast på fleire måtar:

- Nytte rett kraftfôrblanding til dei dyra det gjeld.
- Leggje fosforinnhaldet i kraftfôrblandingane på minimumsnorma.
- Setje enzymet fytase til kraftfôrblandingane og såleis nytte mindre uorganisk fosfor.

Nitrogen i gjødsel frå jortarar

Hos jortarane er tilhøva heilt annleis. Fôrprotein i vomma vert langt på veg brote ned og så bygd opp att til mikrobeprotein. Dette vert igjen melta lenger ut i meltekanalen. Proteinkvaliteten er difor ikkje like viktig hos jortarane som hos einmaga dyr.

For å kunne byggje opp sitt eige kroppsprotein treng vommikrobane ammoniakk og energi. Energien får dei hovudsakleg ved å bryte ned karbohydrata i fôret til mellom 0anna flyktige feittsyrer som eddiksyre, propionsyre og smørsyre.

Under normale tilhøve kan vommikrobane produsere omlag 179 g protein for kvart kg karbohydrat som vert melta. Til denne produksjonen treng dei dessutan 35 g NH_3 (29 g N). Dersom ammoniakkmengda i vomma er høgare enn 35 g pr. kg melteleg karbohydrat, vert overskotet sugd opp gjennom vomveggen, omdanna til urea i levra og skilt ut i urinen. På den andre sida vert proteinproduksjonen ikkje optimal dersom ammoniakkinnhaldet i vomma er mindre enn 35 g pr. kg melteleg karbohydrat. Etter det nordiske proteinvurderingssystemet vert dette kalla proteinbalansen i vomma (PBV).

Ammoniakken i vomma kjem frå protein som vert nedbrote. I ein del fôrslag vert alt protein brote ned, men for dei fleste fôrslaga er det ein større eller mindre rest. Denne kallar ein ofte "by-pass protein". Det er difor særs viktig å kjenne nedbrytningsgraden for protein i dei ulike fôrslaga.

Ein del av det proteinet som ikkje vert brote ned i vomma, vert melta lenger ut i meltekanalen og aminosyrene sugde opp gjennom tarmveggen på same måte som for mikrobeproteinet. Denne fraksjonen vert kalla aminosyrer absorbert i tarmen (AAT) og er eit viktig mål i proteinvurderinga hos jortarar.

For at jortarane ikkje skal skilje ut meir nitrogen i gjødsla og urinen enn naudsynt, må ein:

- Balansere av tilhøvet mellom meltelege karbohydrat og nedbrytbart protein (PBV $\approx$ 0). I praksis vert dette å nytte rett kraftfôrblanding i høve til grovfôret.
- Ikkje nytte protein som verken vert brote ned i vomma eller melta i tarmen

Fosfor i gjødsel frå jortarar

I motsetning til einmaga dyr har jortarane fytase (mikrobiell) i meltekanalen. Dette gjer at fytinfosforet vert melta og oppsugd frå meltekanalen på linje med uorganisk fosfor.

Grovfôr inneheld jamt over berre 2-3 g fosfor pr. kg tørrstoff, medan korn inneheld 3-4 g pr. kg. Einskilde fôrslag av animalsk opphav, kli og nokre proteinrike frø inneheld mykje fosfor. Vanlege kraftfôrblandingar vert i tillegg tilsett uorganisk fosfor, slik at totalinnhaldet kjem opp i 5,5-6,0 g pr kg. Dette fører til at kyr, sauer og geiter som mjølkar mykje og dermed får mykje kraftfôr, får rikeleg med fosfor, medan dyr som mjølkar lite og dermed får lite kraftfôr får ei heller knapp fosfordekning. Ved å gi ei fosforrik mineralblanding i tørrperioden kan ein rette på dette. Nyttar ein tilrådde fôrblandingar, er det ikkje naudsynt å nytte mineralblandingar attåt til høgtytande dyr.

Mykje tyder på at kraftfôrblandingane i dag inneheld i meste laget med fosfor, slik at det for høgtytande kyr vert eit unødig overskot som vert utskilt i gjødsla.

For å tilpasse fosfortildelinga til dyra sin fosfortrong, ville det truleg vere betre å senke fosforinnhaldet i kraftfôret og heller nytte mineralblandingar der dette vert naudsynt.

Fosforinnhaldet i grovfôret kan variere mykje, mellom anna på grunn av innhaldet i jorda. Om ein vil unngå for mykje eller for lite fosfor i fôret kan det vere grunn til å ta nokre analysar av grovfôret for å sjå kva nivå det ligg på.

- Fosfortrongen hos jortarane varierer mykje med ytinga.
- Grovfôret inneheld jamt over lite fosfor samanlikna med kraftfôr.
- Målretta bruk av fôranalysar og rette kraftfôr- og mineralblandingar kan redusere fosforutsleppet frå jortarar.

Nitrogen og fosfor i gjødsla frå ei "gjennomsnittsku"

Av di gjennomsnittskua er basis for gjødseldyreeininga er det særs viktig at desse basis-tala er så rette som mogeleg. Ei slik ku veg omlag 550 kg og mjølkar 6 000 kg pr år. Fôrtrongen vert då, rekna pr år:

Vedlikehald 4,8 FEm (foreining mjølk) · 365	=	1 750 FEm
Kalv (drektigheit)		165 "
Mjølk 0,45 FEm * 6 000	=	2 700 FEm
I alt		4 615 FEm

Surfôr/gras opptak (appetittfôring) 7,5 FEm/dag

7,5 FEm * 365 ≈ 2 740 FEm

1 FEm = 1,20 kg tørrstoff, dvs. 5,5 kg rått fôr.

Grovfôropptak i alt: 5,5 * 7.5 * 365 ≈ 15 000 kg pr år

Kraftfôr: 4 615 - 2 740 ≈ 1 875 FEm

1 875 FEm/0,92 = 2 040 kg Drøvtyggjarfôr 90.

N- og P-balansen

	Nitrogen g	Fosfor g
Inn:		
I grovfôret (15 000 kg gras/surfôr	79 200	7 500
I kraftfôret (2 040 kg Drøvt.fôr 90)	39 170	11 220
I alt	118 370	18 720
Ut:		
I mjølk (6 000 kg)	29 100	5 700
I kalv	910	24
I alt	30 010	5 724
I gjødsel og urin pr år	88 360	12 780

Avrunda kan ein altså rekne at ei gjennomsnittsku (1 gjødseldyreeining) skil ut:

88,4 kg N pr. år
12,8 kg P pr. år

Kor mykje av nitrogenet som forsvinn opp i lufta som ammoniakk og kor mykje som kjem ut i grøfte- og grunnvatn vil variere sterkt. Difor har hovudvekta til no vore lagt på fosfor ved utrekning av dyretal pr. gjødseldyreeining.

Tal dyr pr. gjødseldyreeining finn ei ved å dele 12,8 kg P (eventuelt 88,4 kg N) med den mengde P (eventuelt N) som dyret skil ut.

Dersom det gjennomsnittlege innhaldet av fosfor (eventuelt nitrogen) i fôret til eit dyreslag aukar, bør dette få konsekvensar for spreiearealet. For dei som har nok spreieareal vil ikkje ein slik auke ha noko å seie, men det vil føre til at dei som har for lite må redusere dyretalet.

TILSETNINGAR TIL HUSDYRGJØDSEL

Strø

Tidlegare var strø brukt i fjøs og stall mest alle stader og i relativt store mengder. Bruken av strø er ikkje like stor i dag, men somme strøslag vert framleis brukte ein del.

Strø vert nytta for å halde båsplassen eller dyrebingen tørr, rein og triveleg. Med unnatak for talle er då føresetnaden at strøet vert skifta ofte. Ei anna viktig oppgåve er å suge opp urin og binde ammoniakk i gjødsla. Strø som gjer gjødsla sur har størst kapasitet til å binde ammoniakk.

Kompostering av talle

Talle er godt eigna til kompostering. Kompostering av tallen vil i dei fleste tilfelle vere gunstig med tanke på spreieeigenskapane, særleg om ein har nytta halm som strø. Sjølv om det føregår ei omdanning i tallen, er lufttilgangen ofte dårleg, slik at komposteringsprosessen vert hindra. Ein kan då leggje tallegjødsla i komposthaug eller -ranke ute.

Reaktorkompostering

For å kunne optimalisere og kontrollere prosessen, kan komposteringa utførast kontinuerleg i ein lukka reaktor. Det er då mogeleg å sikre seg at heile massen i reaktoren når høveleg temperatur. Etter ei opphaldstid på ei veke ved ca. 60 °C er massen hygienisert. Råkomposten som kjem ut av reaktoren skal ettermodnast i haug som må vendast.

Dei reaktorane som er på marknaden no manglar god luftkontroll og teknologi for å avgrense ammoniakktap og prosesslukt. Dei er heller dyre, og er førebels lite nytta i jordbruket. På sikt kan reaktorkompostering likevel verte eit alternativ til ranke-kompostering.

Føremoner med kompostering

Godt kompostert husdyrgjødsel er pga. den smuldrande strukturen lett å spreie, ho er meir einsarta og luktar mindre enn fersk gjødsel. Ho er dessutan fri for veksthemmande stoff. I kompost der det har vore over 55 °C i store delar av komposten er det meste av ugrasfrø og sjukdomsorganismar drepe. Ved kompostering vert massen redusert på grunn av at organisk materiale vert brote ned. Ein kan rekne med ein massereduksjon på 30-50%. Dette gir mindre mengder å handtere og dermed mindre transport.

I og med at kompost stort sett inneheld stabile organiske sambindingar, vil næringsstoffa ikkje verte så snøgt tilgjengelege for plantane som i ikkje kompostert husdyrgjødsel. Tilgangen kan såleis i visse høve vere meir i takt med planteveksten. Kompost verkar difor som ein slags buffer mot ekstrem næringstilgang. Dette kan ha ein positiv verknad på avlingskvaliteten.

Ulemper med kompostering

Ved kompostering vil ein tape ein del nitrogen, ofte 10-30%. Dette gjer det vanskeleg å rekne ut gjødselverknaden. Kompostering gir òg meirarbeid, tek plass og krev noko ekstrautstyr. Kompost gir dårlegare stimulans til mikrolivet i jorda enn ukompostert gjødsel. Sakte frigjering av næringsstoff kan vere ei ulempe for rasktveksande plantar. I einskilde høve kan dette gi næringsmangel. Spesielt er det fare for dette der det er store nedbørsmengdar.

Anaerob omsetning

I ein lukka, isolert gjæringstank utan lufttilføring vert husdyrgjødsla broten ned, eller ho rotnar dersom gjødselmassen vert varma opp. Under prosessen vert det danna biogass. Denne gassen inneheld:

Metan, CH_4	50-75 volumprosent
Karbondioksid, CO_2	25-50 volumprosent
Dihydrogensulfid, H_2S	0- 1 volumprosent

Metan utgjer den delen av biogass som kan brennast. Dihydrogensulfid bør fjernast før forbrenning i motor, då denne gassen tærer sterkt på metall, og luktar vondt. Biogass liknar naturgass ut frå innhald og bruksmåte. Gassen er transportabel og brennbar, og utgjer difor høgverdig energi. Han er eksplosiv og må lagrast i samsvar med føreskrifter frå Statens sprengstoffinspeksjon.

Råstoffet må vere flytande slik at det kan handterast med pumper eller ved sjølvflyting. Tørrstoffinnhaldet bør vere mellom 4 og 10%. Vanleg blautgjødsel frå storfe og gris med 6-8% tørrstoff er høveleg. Prosessen vert lett påverka av endringar i tørrstoffinnhaldet, og blanding av ulike typar kan skape problem. Tilsetning av særleg energirikt råstoff, t.d. avfall frå fiskeforedling, aukar gassutbyttet.

Særmerkt for blautgjødsel frå biogassanlegg er:

- Lettflytande og homogen konsistens og redusert tørrstoffinnhald.
- Mindre risiko for forgiftning på grunn av dihydrogensulfid, då gass-utviklinga er jamn under heile behandlingsperioden.
- Illeluktande stoff er brotne ned innan 15 dagar ved 35°C. Dette er særleg tydeleg for grisegjødsel.
- Ugrasfrøet si spireevne er sterkt redusert etter 14-20 dagar ved 35°C.

- Sjukdomsframkallande bakteriar, t.d. streptokokkar, stafylokokkar, salmonella og parasittar (t.d. bendelorm, spolorm, leverikter, lungeorm, rundorm) er gått til grunne etter 2-3 veker ved 35 °C.
- Gjødselverdien er uendra i høve til ubehandla gjødsel.

Det er stor skilnad på gassproduksjonen frå ulike gjødseltypar. Gjødsel frå gris og høns vert lettare nedbroten enn storfegjødsel, slik at gassproduksjonen vert større.

Ein m^3 gjødsel frå storfe gir 15-25 m^3 biogass, frå gris 25-30 m^3, og frå høns ca. 50 m^3. Energiinnhaldet i 1 m^3 gass med 60% metan er omlag 21 megajoule (MJ) eller 5,9 kWh. 20 m^3 gass frå 1 m^3 storfegjødsel tilsvarar ei energimengd på ca. 420 MJ eller 120 kWh.

VERKNAD AV JORDPAKKING OG HUSDYRGJØDSEL PÅ TILTETTING AV JORD

Verknaden på avlingsnivå og mengd av meitemakk

Auka mekaniseringsgrad og tyngre traktorar og reiskap har ført til at jorda vert meir utsett for pakkingsskader. Særleg ved spreiing av husdyrgjødsel med tankvogn vert jorda utsett for stort marktrykk og høg hjullast. Di tyngre hjullast, di djupare går pakkingsverknaden. Utkøyring av husdyrgjødsel vert ofte utført om våren før jorda er tørka opp, og pakking av våt jord er langt meir skadeleg enn av tørrare jord. Moderne grashausting representerer òg mykje køyring med stor hjullast. Tredje slått eller sein andre slått er ekstra uheldig i regnrikt kystklima på Vestlandet og i Nord-Norge, ettersom jorda då har høgt vassinnhald og pakkingsverknaden er stor (Myhr & Njøs 1983).

Jordpakking kan føre til avlingsreduksjon både på torvjord og mineraljord. Det kan vere stor skilnad på torvjordstypane med omsyn til avlingsnedgang etter pakking. I forsøk på Vestlandet gjorde middels pakking større skade på sterkt humifisert, tett torvjord (brenntorv) enn på godt formolda torv (figur 28). Avlingsreduksjonen i høve til lite pakka jord var 10-25% på humifisert torv mot 0-10% på formolda torv. Ved årleg pakking av jorda auka avlingstapet dei første 3-4 åra, men ikkje seinare.

Skader av jordpakking er vanleg både på Vestlandet og i Nord-Norge der det er mykje torvjord og rikeleg nedbør. Skaden kan vere særleg stor ved ein kombinasjon av mykje regn om hausten og påfølgjande kompakt tele. Norske forsøk har synt at jordpakking kan ha større verknad på avlingsnivået enn gjødsling, og at auka nitrogengjødsling ikkje kan rette opp att avlingsnedgangen etter pakking. Pakkingsskader finn ein også på mineraljord. I svenske forsøk i eng fann Håkansson m. fl. (1990) 6% avlingsnedgang ved normal køyring og 9% for dobbel køyremengd.

I forsøk i Nordland samanlikna Nesheim (1992) spreiing av husdyrgjødsel med tankvogn og spreiing med utstyr som ikkje fører til jordpakking. I samband med haustinga vart det køyrt med fôrhaustar og tilhengar på alle ledd. I grønfôråker var det liten avlingsnedgang etter pakking med gjødseltankvogn både på torvjord og sandjord. I eng førte bruk av tankvogn om våren og etter første slått til om lag 5% mindre avling på torvjord, medan det ikkje var nemnande verknad på sandjord. På lettleire gav pakking som tilsvara køyring med gjødseltankvogn ein avlingsnedgang på om lag 10%.

Pakking verkar òg negativt på tal meitemakk i jorda. I eit gjødslingsfelt med ulik pakking i Trøndelag undersøkte Larsen (1992) typar og tal meitemakk i etter verknadsåret etter fire forsøksår. Ekstra pakking reduserte både tal makk og mengd biomasse. Reduksjonen var større i sjiktet 10-25 cm enn i sjiktet 0-10 cm. Det vart funne meir makk på ledd med husdyrgjødsel enn på ledd med mineralgjødsel. Ugjødsla ledd kom i ei mellomstilling. Det var tendens til noko større mengd biomasse og litt lågare tal makk der det var gjødsla med våtkompostert gjødsel i høve

til ledd med ubehandla blautgjødsel. Spreiing av blautgjødsel kan føre til at meitemakk daudar. Årsaka er ofte at gjødsla vert spreidd på vassmetta jord, eller i svært store mengder.

Infiltrasjon av vatn

Pakking av jorda fører til at vatnet trengjer meir langsamt ned. Ein seier at jorda får dårlegare infiltrasjonsevne. På flatlendt jord med dårleg infiltrasjonsevne kan vatn verte ståande i overflata i lengre tid. Då vert det lite luft i matjordsjiktet og dårlege veksetilhøve for kulturplantane. Dette er hovudårsaka til lågare avling etter pakking. Er jorda svært tett i lengre tid, kan plantane daude. Ved sida av dei fysiske tilhøva i matjordlaget vil hellingsgraden avgjere kor stor del av nedbøren som trengjer ned i jorda, eller som renn av på overflata. Er infiltrasjonsevna god, vil jorda tørke raskt etter snøsmelting om våren og etter regnversperiodar i vekstsesongen, og plantane får snarare gode veksetilhøve att.

Infiltrasjonen vert målt i høve til kor raskt vatnet sig ned i jorda. Infiltrasjon mindre enn 2-4 mm pr. time vert rekna som låg, og er et teikn på dårlege veksetilhøve for plantane.

Granskingar i ulike delar av landet har synt at jordpakking og bruk av blautgjødsel kan redusere infiltrasjonsevna sterkt både i torvjord og mineraljord.

Den negative verknaden på infiltrasjonen av pakking og av 5 tonn blautgjødsel om våren var jamt over stor dei første 30-40 dagane etter behandlinga. Like etter gjødsling var det mindre negativ verknad av våtkompostert blautgjødsel enn av tilsvarande ubehandla gjødsel. Ved vekstavslutning om hausten var det ingen skilnad i infiltrasjon mellom ledd som vart tilført blautgjødsel og ledd gjødsla med mineralgjødsel. På pakka jord var infiltrasjonen mindre i heile perioden.

- Torvjord kan verte svært tett etter pakking og tilføring av blautgjødsel. Pakking og blautgjødsel kan også gjere skade på mineraljord, men oftast noko mindr enn på torvjord.
- Avlingsreduksjonen for middels pakking i høve til lite pakking har i forsøk vore 10-25% på tett, humifisert torv mot 0-10% på formolda torv med mineraljord i undergrunnen.
- Ved svært sterk pakking i kombinasjon med ugunstige vertilhøve, kan avlingstapet verte enno større (50-100%).
- Vert same jordstykket pakka kvart år, kan skaden av pakking i regnrike strøk auke år for år, i alle høve over ein periode på 4-5 år.
- Mykje regn og kjøleg vêrlag aukar faren for tiltetting.
- Infiltrasjonen, dvs. nedtrenginga av vatn i jorda, vert redusert av pakking og av tilføring av blautgjødsel.
- Infiltrasjonen på ein stad kan vere ulik frå år til år.
- Våtkompostering av blautgjødsel kan betre infiltrasjonen i høve til ubehandla blautgjødsel dei første 2-3 vekene etter gjødsling.
- Tilføring av gjødsla etter at planteveksten på eng er komen i gang om våren kan minke skaden.
- Den negative verknaden av pakking og av blautgjødsel på infiltrasjon er størst dei 2-3 første vekene etter pakking og gjødsling, men kan vere målbar heile vekstsesongen. Verknaden av pakking, målt om hausten, har vore mykje større enn verknaden av blautgjødsel.

GJØDSELVERKNADEN AV HUSDYRGJØDSEL

Ulike omgrep til å uttrykkje gjødselverknad

Gjødselverknad kan uttrykkjast på tre ulike måtar. Den eine er å oppgi meiravling etter tilføring av gjødsel, anten som tørrstoffavling eller som tal fôreiningar. Ofte ønskjer ein å uttrykkje effekten av husdyrgjødsel i høve til effekten av mineralgjødsel. Gjødselverknaden er då uttrykt som meiravling frå felt gjødsla med husdyrgjødsel samanlikna med meiravling frå felt gjødsla med mineralgjødsel. Omgrepet erstatningsverdi vert nytta for dei tala ein får med denne metoden.

Det tredje omgrepet som ofte er brukt, er utnyttingsgraden av næringsstoffa i gjødsla. Utnyttingsgraden uttrykt på denne måten finn ein ved å rekne ut mengd næringsstoff som er tatt opp i avlinga frå gjødsla i prosent av mengd næringsstoff som er tilført. Sidan ein del næringsstoff vert brukt til utvikling av planterøter, kan ein ikkje rekne med å oppnå ein utnyttingsgrad på meir enn 50 til 60% dei første åra.

Verknaden av gjødsel frå ulike dyreslag

Som vist i tabell 3 varierer innhaldet av nitrogen i husdyrgjødsel mykje med kva dyreslag gjødsla er frå. Verknaden er avhengig av kor stor del av totalnitrogenet som er ammonium-N. Di større delen av ammonium-N er di betre er kortidsverknaden av nitrogenet. I land frå storfe utgjer ammonium-N meir enn 90% av nitrogenet, medan i fast storfegjødsel er denne delen berre 20-30%.

Det finst færre forsøksresultat for utnytting av andre næringsstoff enn nitrogen i husdyrgjødsel. Dei resultat som finst, både frå eldre og nyare undersøkingar, viser likevel einstydig at fosfor og kalium i husdyrgjødsel har like god verknad som dei same stoffa i mineralgjødsel. For fosfor har utnyttingsgraden ved jamn spreiing heller vore høgare for husdyrgjødsel enn for mineralgjødsel. Uhlen (1956) fann tendens til betre effekt av både fosfor og kalium i husdyrgjødsel.

Andre undersøkingar har vist at også næringsstoffa magnesium, bor og kopar i husdyrgjødsel har god gjødselverknad. Det er all grunn til å tru at dette også gjeld dei makro- og mikronæringsstoffa som ikkje er omtala i tidlegare avsnitt (kalsium, sink, molybden, klor og jern). Verknaden av mangan i husdyrgjødsel er avhengig av red/oks-tilhøva i jorda. I jord med høgt red/oks-tilhøve (dvs. med høg pH og mykje luft) vil mangan tilført i jorda, også med husdyrgjødsel, ha dårleg verknad.

Resultat frå danske forsøk tyder på at berre om lag 10-40% av svovelet i husdyrgjødsel kan nyttast av plantane det første året.

Husdyrgjødsel har ofte vorte tilført i store mengder. Dette kan føre til luksusopptak og dårlegare utnytting av næringsstoffa, særleg kalium. Føresetnaden for at næringsstoffa i husdyrgjødsel skal kunne nyttast like godt eller betre enn dei same stoffa i mineralgjødsel er at gjødselmengdene er tilpassa dei ulike kulturvekstane sine behov.

Storfegjødsel

Ein stor del av nitrogenet i blautgjødsel og land finst som ammonium, og nitrogenverknaden av desse gjødselslaga vil difor i stor grad verte bestemt av ammoniakktapet. Med godt gjødselstell og under gunstige vêrtilhøve kan tapet frå blautgjødsel vere under 10% av total-N i gjødsla. Tapet er likevel oftast monaleg større. Det kan under ugunstige tilhøve koma opp i 40-60%. Storparten av det lett nyttbare nitrogenet er då gått tapt.

Verknaden av total-N i dei ulike gjødseltypar er sterkt avhengig av delen av ammonium-N i gjødsla. I tabell 13 er det sett opp nokre rettleiande tal for verknaden av ulike typar husdyrgjødsel. Tala føreset små tap av ammoniakk under lagring og spreiing.

Tabell 13. Verknad av total-N i ulike typar av storfegjødsel. Mineralgjødsel-N = 100.

Fast strøblanda	Blaut-gjødsel	Vass-blanda	Land
10-30	30-50	50-60	80-100

Tala gjeld verknaden i første året. Dei høge tala for blautgjødsel, og enno meir vassblanda blautgjødsel skuldast høgt innhald av ammonium. Det er fleire døme på at ammonium-N i husdyrgjødsel kan vere likeverdig med total-N i mineralgjødsel med omsyn til avlingsauke. Ved mindre bra gjødselstell og ugunstige vertilhøve kan verknaden verte langt dårlegare. Det gjeld alle typane, men i særleg grad dei som inneheld mykje ammonium. Særleg for fast gjødsel vil ein i tillegg til verknaden første året ha ein langtidseffekt (etterverknad).

I langvarige forsøk i Ås vart det gjort målingar av langtidsverknaden av N i husdyrgjødsel (tabell 14). Vekstskiftet var allsidig, med korn, eng og radvekstar. Gjødselmengda var i middel 1 tonn pr. dekar årleg, gitt som 6 tonn kvart 6. år. Gjødsla vart molda ned.

Tabell 14. Langtidsverknad av fast storfegjødsel. Prosent av total-N i gjødsla funne att i avlinga etter 12 år og etter 40 år (Uhlen 1987).

Gjødseltype	% av total-N funne att i avlinga Etter 12 år	Etter 40 år
Fast storfegjødsel	20	37
Mineralgjødsel	43	60

a Vassblanda blautgjødsel

I fleirårige forsøk på Vestlandet har vassblanda blautgjødsel til eng gitt godt resultat. Om våren vart det nytta blautgjødsel som var blanda med vatn i høve 1:1, slik at utblanda gjødsla fekk ein tørrstoffprosent på 4,8, og etter første slått vart det sett til 2 delar vatn til 1 del gjødsel. Åtte tonn vassblanda blautgjødsel om våren og 4 tonn pr. dekar etter første slått gav like stor, eller større avling enn 20 kg N i fullgjødsel. Utnyttingsgraden av nitrogenet var såleis god. Ein fann òg etterverknad av husdyrgjødsla, og dette har samanheng med mineralisering av organisk bunden næring. Etterverknaden var klart størst der det var gjødsla med vassblanda blautgjødsel.

b Våtkompostert gjødsel

Verknaden av våtkompostert blaut storfegjødsel er samanlikna med ubehandla blautgjødsel i fleire forsøksseriar. I figur 31 er synt nokre resultat frå ni forsøksfelt i eng i ulike landsdelar. I middel for fire forsøksår var det ingen sikker avlingsskilnad mellom ubehandla og våtkompostert gjødsel. Dobling av husdyrgjødselmengda frå 3,7 til 7,5 tonn pr. dekar gav heller ingen avlingsauke. Etterverknaden i femte året var noko større av ubehandla enn av våtkompostert gjødsel.

Dei same gjødseltypane vart også nytta i fireårige forsøk med grønfôr. Fem tonn våtkompostert eller ubehandla blautgjødsel gav om lag like stor avling som tilsvarande mengd nitrogen i fullgjødsel.

Samanlikning av ubehandla og våtkompostert storfegjødsel til eng og grønfôrvekstar i fleirårige forsøk i Nordland (Nesheim 1992), og i eittårige engforsøk i ulike delar av landet (Tveitnes & Håland 1989a), gav heller ingen sikre avlingsskilnader.

Grisegjødsel

Grisegjødsel har noko høgare innhald av nitrogen og fosfor enn storfegjødsel, men lågare innhald av kalium. Gjødselverknaden av grisegjødsel er ikkje direkte samanlikna med verknaden av andre husdyrgjødseltypar. Men i ein forsøksserie i korn på Austlandet og Trøndelag (Tveitnes 1979a) og i eng i Agder og Rogaland (Håland 1984), vart det nytta blautgjødsel frå gris på nokre felt og frå storfe på andre. Det kunne i desse forsøka ikkje påvisast nokon skilnad i gjødselverknad mellom gjødseltypane.

Grisegjødsel har gjerne lågare tørrstoffprosent enn storfegjødsla, og er meir lettflytande. Ho vil difor lettare trengje ned i jorda, slik at ammoniakktapet kan verte mindre enn frå storfegjødsel.

Fjørfegjødsel

Fast fjørfegjødsel har eit svært høgt innhald av organisk bunde nitrogen og av fosfor. Innhaldet av andre næringsstoff er også stort og fjørfegjødsel er difor ei verdfull plantenæringskjelde. I forsøk med fôrmargkål og korn har gjødselverknaden av moderate mengder fjørfegjødsel vore god (Tveitnes 1975). Men overdosering kan gi for høgt nitratinnhald i fôret og sviskader på planterøtene. Ein bør difor ikkje tilføre meir enn 2 tonn fjørfegjødsel pr. dekar. På grunn av høgt innhald av kalsium-sambindingar kan fast fjørfegjødsel ha ein viss kalkverknad.

Sauegjødsel

Verknad av sauegjødsel er lite undersøkt, men i figur 32 er vist nokre resultat frå ein forsøksserie på Vestlandet. Fast sauegjødsel spreidd på eng om våren vart samanlikna med 14 kg N i fullgjødsel. Det vart brukt 2, 4 eller 6 tonn sauegjødsel pr. dekar. Dette tilsvarar etter tur 4, 8 og 12 kg ammonium-N. I året etter vart alle ledd gjødsla likt med mineralgjødsel. I spreieåret gav 2 tonn sauegjødsel 82% av avlinga på ledd med fullgjødsel, medan 4 og 6 tonn gav omlag 90%. I året etter spreiing var det liten etterverknad av 2 og 4 tonn i høve til fullgjødsel. Etterverknaden av 6 tonn sauegjødsel pr. dekar var 8% avlingsauke.

Ulike spreiemåtar

Stripespreiing

Stripespreiing av blautgjødsel på eng synest å gi om lag same tørrstoffavling som breispreiing, slik tabell 15 viser. Gjødselverknaden av nitrogenet i stripespreidd gjødsel var heller ikkje betre enn for breispreidd gjødsel. Ein klar føremon med stripespreiing i korn er at ein kan utsetje spreietidspunktet frå tidleg vår til åkeren har ei høgd på om lag 15 cm. Då er jorda meir opptørka og mindre utsett for pakking. I haustkorn har ein færre alternativ dersom ein ønskjer å spreie gjødsla om våren. I svenske forsøk hadde stripespreiing av husdyrgjødsel i veksande grøde om våren vel så god verknad på avlingsstorleiken som breispreiing, både i vårkorn og haustkorn.

Tabell 15. Verknad av husdyrgjødsel ved ulik spreiemåte (Etter Morken 1991).

	Gjødselverknad ved ulik tilføringsteknikk		
	% av avling ved breispreiing	Relativ meiravling, mineralgj.=100	N i avling i % av tilført N
Breispreiing	100	42	19
Stripespreiing, avstand 20 cm	103	50	19
Stripespreiing, avstand 40 cm	101	45	15
Nedfelling	108	63	42
Mineralgjødsel	122	100	42
Ugjødsla	84	0	0

Stripespreiing av fortynna gjødsel

Stripespreiing av husdyrgjødsel ved hjelp av slangespreiar vart jamført med tankvogn og kanonspreiar på to felt i Rogaland og i Nordland. Med tankvogn vart det tilført 3 tonn ubehandla blautgjødsel om våren og 2 tonn etter 1. slått. Vassblanda blautgjødsel i høvet 2:1 og 1:1 vart stripespreidd med slangespreiar. Figur 33 syner opptak av nitrogen i avlinga i høve til tilført ammonium-N. Tala er korrigerte for opptak på ugjødsla ruter. I middel av to slåttar vart utnyttingsgraden av nitrogenet om lag dobla ved tilsetning av vatn. Verknaden var sterkast i andre slåtten, og noko større i Rogaland enn i Nordland. I og med at det var sett til vatn berre til gjødsla som vart spreidd med slangespreiar, kan ein ikkje samanlikna breispreiing og stripespreiing direkte i desse forsøka. Ei dobling av vassmengda førte ikkje til betre utnyttingsgrad for nitrogen.

Nedfelling av husdyrgjødsel i eng

Nedfelling synest lite aktuelt for dei fleste, men metoden kan nyttast i visse tilfelle. Ulempene kan oppsummerast til stort trekkraftbehov, liten kapasitet, skader på jordoverflata og plantar, problem på steinrik jord og jord med stort leirinnhald. Nedfelling høver også dårleg på areal med helling meir enn 10-15%. Men på flat sand- eller siltjord kan metoden vere eit godt alternativ.

I tabell 15 er vist gjødselverknaden av husdyrgjødsel spreidd med ulik teknikk. Etter førsteslåtten kan avlinga verte monaleg større ved nedfelling av gjødsla enn der ho er spreidd med vanlege tankvogner. Gjødselverknaden, rekna som tørrstoffavling i prosent av avling frå felt med mineralgjødsel, var monaleg betre etter nedfelling (63%) enn etter breispreiing (42%). Dersom gjødselverknaden vart rekna ut som mengd nitrogen opptatt i plantane i høve til mengd tilført N, var skilnadene i utnyttingsgrad mellom nedfelling og breispreiing endå større. Nitrogenet i nedfelt

husdyrgjødsel vart i dette tilfellet like godt utnytta som nitrogen i mineralgjødsel. Resultata frå forsøka samsvarar godt med tidlegare forsøk.

Ammoniakkfordamping

Verknad av ulik tilføringsteknikk

Ammoniakktap etter bruk av ulik tilføringsteknikk og ulike typar husdyrgjødsel er undersøkt ved hjelp av vindtunnelar på Ås (figur 34). Stripespreiing med stripeavstand 25 og 50 cm gav like stort tap som breispreiing 90 timar etter spreiing. Det var likevel skilnader i kor raskt fordampinga av ammoniakk skjedde. Stripespreiing utsette ammoniakktapet, og meir di større stripeavstanden var. Dette kan forklarast med seinare uttørking av gjødsla når ho ligg i striper.

Nedfelling av gjødsla i oppfresa spor med hjelp av freseskivemaskin førte til mindre tap av ammoniakk enn breispreiing. Målingane vart gjort til ulike tidspunkt i vekstsesongen. Nedfelling synest å fungere tilfredsstillande reint teknisk og ulempene kan verte mindre enn ved vanleg nedfelling.

Ammoniakktap frå ulike typar gjødsel

Undersøkingar har vist at når blautgjødsel vert spreidd på jordoverflata trengjer svært lite av gjødsla ned i jordprofilet. Ammoniakktapet kan difor verte stort. Regnver straks etter spreiing, eller vatning hjelper mykje. Å gjere blautgjødsla meir lettflytande slik at ho trengjer betre ned i jorda er viktig med omsyn til å redusere tapet av ammoniakk. Slike metodar er vasstilsetning, skantildrenering, mekanisk separering og våtkompostering. Ein annan måte er å binde ammoniakken i gjødsla ved å tilsetje leirmineralet bentonitt.

Ammoniakktapa var minst etter spreiing av skantildrenert gjødsel, slik det går fram av figur 35. Tapa etter spreiing av vassblanda gjødsel, separert gjødsel og bentonittbehandla gjødsel var mellom 20 og 30%. Spreiing av våtkompostert og ubehandla storfegjødsel gav størst tap, 75 og 85%. Tapa etter spreiing av drenert, separert og ubehandla grisegjødsel var under 10%.

Verknad av gjødselspreiing om hausten og om våren

Spreiing av husdyrgjødsel om hausten gir liten eller ingen verknad på avlingsstorleiken i året etter. I tabell 16 er vist utnyttingsgraden av ammonium-N i 5 tonn blautgjødsel som vart spreidd om hausten eller om våren. Haustspreidd blautgjødsel hadde ingen nitrogenverknad, verken i bygg eller i eng. Det var derimot god verknad av same mengd blautgjødsel spreidd om våren, særleg i eng.

Tabell 16. Utnyttingsgrad av nitrogen i kg tørrstoff pr. kg NH_4-N i blautgjødsel. 7 felt i bygg og 11 felt i eng (Tveitnes & Håland 1989a).

	Kg tørrstoff/kg NH^4-N	
	Bygg (korn)	Eng
Blautgjødsel, 5 t/daa om hausten	-2,6	0,9
Blautgjødsel, 5 t/daa om våren	5,1	13,4
Fullgjødsel, 8,4 kg N/daa om våren	7,4	10,9

Kvifor rett gjødsling er viktig

Ved bruk av store mengder husdyrgjødsel pr. arealeining vert jorda tilført meir fosfor, og til dels meir kalium enn det er trong for. Dei fleste mineraljordartane har stor evne til å binde fosfor, medan bindingskapasiteten er mindre i torvjord. Ut frå langvarige norske forsøk er det konkludert med at mykje av tilført fosfor vert raskt overført til fraksjonar som er lite AL-løyselege, og som er lite plantetilgjengelege, i alle høve på kort sikt. Både ut frå miljømessige og økonomiske omsyn må ein difor sikte mot å tilføre fosfor dei fleste år, men i moderate mengder.

Underdekking av kalium kan gi stor avlingsnedgang. Overdosering fører til luksusopptak i plantane, det vil seie opptak ut over det som er naudsynt for å sikre god plantevekst. Det kan redusere opptaket av kalsium, magnesium og natrium, og gi ei uheldig mineralsamansetning i avlinga.

Bruk av meir husdyrgjødsel enn det som er tilrådd vil gi dårleg utnytting av næringsstoffa, og kan føre til overskot av nitrogen i jorda ved vekstavslutning. Mineralisering av organisk bunde nitrogen vil halde fram ut over det som er naturleg lengd av vekstsesongen. Det vert såleis bygt opp eit forråd av ammonium og nitrat i jorda, og dette kan føre til at kulturplantane held fram å vekse lengre enn det som er naturleg. Det kan auke faren for vinterskader, og dessutan kan noko av nitrogenet gå tapt ved avrenning. For å forklare dette nærare, er det illustrerande å syne resultat frå eit gjødslingsforsøk i eng som vart utført på Vestlandet, i Midt-Norge og i Finnmark, sjå tabell 17. Om hausten i tredje og fjerde forsøksår og i etterverknadsåret, vart det teke ut jordprøver som vart analyserte for ammonium- og nitrat-N.

Tabell 17. Analyse av ammonium- og nitrat-N i jordprøver frå 0-20 cm djupn om hausten i 3. og 4. gjødslingsår, og i påfølgjande etterverknadsår, mg N pr. kg jord. (Myhr m. fl. 1993).

	Ugjødsla	Ubehandla blautgj. tonn/daa		Fullgj. kg N/daa
		2,5+1,25	5+2,5	11+7
I gjødslingsåra				
Nitrat-N	5,4	7,2	11,9	5,2
Ammonium-N	4,0	6,9	11,0	8,5
Sum	9,3	14,1	22,9	13,7
I etterverknadsåret				
Nitrat-N	0,7	0,8	2,1	0,3
Ammonium-N	4,9	5,7	4,7	5,6
Sum	5,6	6,4	6,8	5,9

Innhaldet av mineralnitrogen i jorda etter vekstavslutning var stort der det var tilført største mengd blautgjødsel, slik tabell 17 viser. Eit innhald på 22,9 mg N pr. kg jord tilsvarar om lag 4,6 kg nitrogen i matjordlaget. Det var relativt liten avlingsskilnad mellom tilføring av 2,5+1,25 tonn og 5+2,5 tonn gjødsel årleg. Samanhalde med resultat frå andre forsøksseriar leier dette til at ein kan tilrå å bruke opp til 3-4 tonn blautgjødsel, eller 6-8 tonn vassblanda gjødsel kvart år til eng.

- Verknaden av N i husdyrgjødsel er sterkt avhengig av gjødseltypen. I fast strøblanda gjødsel nyttar plantane oftast mindre enn 20% av total N-mengd første året.
- Langtidsverknaden av fast husdyrgjødsel kan i sum verte 2-3 gonger større enn verknaden første året.
- Ammoniumrik gjødsel (blautgjødsel, vassblanda blautgjødsel, land) kan ha mykje høgare, men òg meir variabel N-utnytting enn fast gjødsel. Under gunstige tilhøve kan ammonium-N i husdyrgjødsel ha like god verknad som N i mineralgjødsel. Det gjeld også verknaden av fosfor og kalium.

- Spreiemåten er viktig for tapet av nitrogen. I forsøk gav stripespreiing ikkje betre utnytting av nitrogenet i gjødsla enn det breispreiing gjorde. Nedfelling gir svært lite ammoniakktap, men andre ulemper gjer at metoden oftast er lite eigna. Open nedfelling med freseskivemaskin reduserte ammoniakktapet samanlikna med vanleg breispreiing.
- Det er mogeleg å redusere tapa etter spreiing ved å behandle gjødsla på førehand. Av metodane var skantildrenering mest effektiv. Vassinnblanding, separering og bentonittilsetning reduserte også ammoniakktap
- Meir enn halvparten av ammoniakktapet skjer det første døgeret etter spreiing.

HUSDYRGJØDSEL I ØKOLOGISKE DYRKINGSSYSTEM

I økologisk jordbruksdrift legg ein stor vekt på at jorda si produksjonsevne vert teken vare på, og om mogeleg betra. Jordsmonnet sitt mangfald av organismar må ein då halde oppe. Dei fleste jordorganismane er heterotrofe, og lever av å bryte ned organisk materiale. Nedbrytingsprosessane som desse organismane set i verk, fører næringsstoffa i det organiske materiale attende i krinslaupet, slik at dei igjen vert tilgjengelege både for plantane og for organismane i jorda. Mekaniske og biokjemiske effektar av desse prosessane fører til endringar som er gunstige for jord-plante-økosystemet både på kort og lang sikt.

I økologisk landbruk nyttar ein ikkje lettløyseleg mineralgjødsel. Husdyrgjødsel vert då hovudkjelda for plantenæring på bruket, med tillegg av andre organiske gjødselstoff, biologisk bunde nitrogen og tungtløyselege mineral.
Plantenæringsstoffa på garden må sirkulerast i størst mogeleg grad innanfor bruket, slik at trongen for å tilføra næring utanfrå vert minst mogeleg. Det er også viktig at tapet av plantenæring under lagring og spreiing vert så lågt som råd er.

Økologisk landbruk lukkast best der det er husdyr på garden, og når belgvekstrik eng går inn som ein fast lekk i dyrkingssystemet. Gjødsel- og fôrbehov tilseier at ein bør rekne med ei storfeeining pr. 10-12 dekar. Med dei tal ein vanleg nyttar for gjødselmengder pr dyr, vil det då stå til rådvelde 1-1,5 tonn husdyrgjødsel pr. dekar årleg. Har ein tilgang på fôr i større mengd utanfrå, kan gjødselmengda verte noko større. Tilgangen på næringsstoff kan i nokre høve verte knapp. Gjødsla vil trengjast over ein stor del av arealet, og mengda kan sjeldan verte større enn 2-3 tonn pr. dekar. Det er såleis svært viktig ved økologisk dyrking at husdyrgjødsla vert lagra og brukt slik at utnyttinga av næringsstoffa vert så god som mogeleg.

For å få best utbytte av gjødsla er det viktig at ho vert fordelt jamt på garden. Litt gjødsel tilført kvart år gir mykje større samla avling enn store mengder tilført med mange års mellomrom.

For å unngå ammoniakktap, bør gjødsel som vert tilført i open åker moldast ned straks. Det er ein stor føremon å nytte gylleanlegg eller tilsvarande til spreiing av land og blautgjødsel på eng. Blautgjødsla kan då tynnast med vatn og spreiast i regnvêr utan at enga vert køyreskadd. Dersom ein er avhengig av tankvogn, løner det seg å spreie gjødsla nett føre eller like etter at det har starta å regne. Må ein gjødsle enga i ein periode med varmt solskinsvêr, løner det seg å tynne gjødsla ut med mykje vatn og spreie ho om natta. spreie gjødsla om natta og tynne ho ut med mykje vatn. Dei som disponerer vatningsanlegg bør vatne rett etter spreiing.

På grunn av dei små gjødselmengdene ein disponerer i økologisk landbruk, er desse tiltaka viktigare for avlingsutbytte enn kva slag gjødselhandsaming ein vel. Gjødselhandteringa må ein velje ut frå kva det ligg praktisk til rette for på kvart einskild bruk og interessene til brukaren. Ein stor del av norske gardsbruk med storfe har eit driftsapparat tilpassa blautgjødselhandtering. I slike høve er det som regel rett å fortsetje med blautgjødsel, men satse på å utnytte ho på best mogeleg måte.

På gardar med mykje open åker og grønsakproduksjon kan det vere rett å ha skilt lagring av gjødsla. Det er ikkje noko krav i økologisk landbruk om å kompostere eigen gjødsel, men det kan vere ein føremon å gjere det, særleg for gjødsel til grønsakproduksjon på lett jord.

Dersom ein vel å kompostere gjødsla, ligg utfordringa i å få minst mogeleg tap av næringsstoff, samstundes som omdanninga skal vere tilstrekkeleg. Det er då viktig med så mykje strø, t.d. halm, torv, bark og flis, at ein får god struktur og høveleg råme i komposten. Sjå elles avsnittet om tørrkompostering i kapittel 6.

Meir informasjon om husdyrgjødsel i økologisk landbruk og om kompostering finn du i SFFL Småskrift 16/90, og i Norsk landbruksforsking nr 4, 1990.

PARASITTSMITTE VED BRUK AV HUSDYRGJØDSEL

Smitterisiko med gjødsel som vert spreidd på grasareal

I gjødsel frå husdyr finn ein ofte egg eller larver av innvollsorm og stadium av eincella parasittar som kan smitte ut gras, slik at husdyra kan få i seg snyltarar ved beiting eller via fôr som er hausta på smitta areal.

I dei fleste tilfelle går det ei viss tid (dagar/veker) før parasittane sine egg eller larver har utvikla seg til det smittefarlege stadiet. På den andre sida er det store skilnader mellom dei ulike parasittartane si evne til å overleve ute på beitet. Nokre artar lever i kort tid, medan andre kan leve så lenge at beitet kan vere smittefarleg fleire år etter at smitten vart tilført. Tørke reduserer faren for parasittåtak.

Gris

Ingen av grisen sine parasittar finst normalt hos andre husdyr. Grisegjødsel på grasareal kan likevel vere uheldig, då ho ofte inneheld levande spolormegg. Dersom beitedyr får i seg desse egga, vil larvene inne i egga verte frigjorde og vandre med blodet til lever og lunger. Ved opptak av mange spolormegg kan det verte sjukdomsreaksjonar, særleg i lungene. I sjeldne tilfelle kan også larvene vandre vidare frå lungene til tarmen. Grisegjødsla bør difor helst ikkje spreiast på grasareal, men nyttast i åker der ho kan pløyast ned.

Fjørfe

Fjørfe har ikkje parasittar som kan gå på huspattedyr.

Pelsdyr

Hos rev kan det vere spolorm (Toxocara), og dersom egg frå denne vert tekne opp av andre dyr, kan larver frå egga vandre ut i kroppen i endå større grad enn det som er nemnt for spolormegga hos gris. Gjødsel frå pelsdyr bør difor ikkje spreiast på grasareal, men pløyast ned.

Hest

Hesteparasittar førekjem praktisk talt ikkje hos andre dyreslag her i landet, men spolorm kan likevel ha noko å seie. Dersom andre dyr får i seg spolormegg frå hest, kan larver frå egga vandre ut i lever og lunger hos desse dyra. Ein reknar likevel ikkje dette som noko stort problem.

Andre smitteorganismar i husdyrgjødsel

I gjødsla kan det vere sjukdomsframkallande bakteriar, virus m.m som kan smitte over på dyra etter spreiing av gjødsel. Mange av desse smitteorganismane vert drepne ved dei lagrings- og behandlingsmetodar som er nemnde for parasittegg. Listeriabakterien, som framkallar hjernehinnebetennelse, er vanleg i gjødsel frå sau og geit. Denne bakterien kan overleve lenge ute, og han kan også øksle seg i dårleg silo. Sauegjødsel bør difor ikkje spreiast der ein skal ensilere graset til sau og geit.

Det kan og vere grunn til å ta særskilde forholdsreglar med omsyn til tarmbakteriar (Salmonella og Yersinia), som kan gi sjukdom hos menneske og dyr.

Dersom det førekjem spesielle smittsame sjukdomar, kan det verte lagt restriksjonar på spreiing av gjødsla.

- Ubehandla husdyrgjødsel bør ikkje brukast på areal der det skal gå husdyr same året som gjødsla vert spreidd. Så langt råd er bør ein ikkje beite med det dyreslaget gjødsla stammar frå.
- Ein bør vere særleg merksam på at spolormegg i grisegjødsel kan leve lenge i det fri. Ein bør difor vere varsam med å spreie grisegjødsel på beite.
- Spreiing av gjødsel som har vore lagra tilstrekkeleg lenge, eller som er varmebehandla, gir liten risiko for utsmitting av graset med parasittar.

Parasittorganismar i folkegjødsel

Avføring frå menneske kan innehalde egg av bendelorm (Taenia saginata). Larvene til denne parasitten utviklar seg i kjøt hos storfe som har vorte smitta ved opptak av bendelormegg frå beitet. Menneske vert smitta ved konsum av storfekjøt som ikkje er tilstrekkeleg varmebehandla. I Norge førekjem det lite bendelorm hos menneske, men det har vore ein tendens til auke i det siste, truleg på grunn av meir reiseverksemd til utlandet og større turisttrafikk hit til landet (Bubilar, campingvogner m.m.). Smitterisikoen er særleg stor der ein brukar eit areal til campingplass og seinare til grasproduksjon eller beite.

Det er uheldig om avføring frå menneske vert tilført lager for husdyrgjødsel, og det er utarbeidd retningslinjer for dette.

FORUREINING AV VATN OG LUFT FRÅ HUSDYRGJØDSEL.

Forureining av vatn.

Bruk av husdyrgjødsel kan føre til forureining av vatn ved at næringsstoff i gjødsla, særleg nitrogen og fosfor, vert transportert ut i vassdraga med sigevatn, overflatevatn og gjennom drensgrøfter. Næringsstoffa kan vere oppløyste i vatnet eller bundne til jordpartiklar. Erosjon aukar såleis forureininga. Organiske gjødselstoff og smittestoff kan også verte transportert med overflatevatn, men ein reknar med at det er fosfor og nitrogen som representerer den største forureiningsfaren frå husdyrgjødsla.

I avrenningsforsøk ulike stader i Norge har ein målt nitrogentap mellom 2 og 4 kg pr. dekar årleg etter tilføring av ca. 10 tonn husdyrgjødsel. I distrikt med særleg stort husdyrhald og stor avrenning er det målt nitrogentap på 10-15 kg pr. dekar årleg.

Vinterspreiing av husdyrgjødsel kan gi stor forureining, særleg av fosfor. Uhlen (1977) målte tap på 0,3-2,0 kg fosfor og 0,4-9,7 kg nitrogen pr. dekar etter vinterspreiing av 4-8 tonn husdyrgjødsel. På grunn av den store faren for forureining er difor vinterspreiing av husdyrgjødsel på frosen og snødekt mark ikkje lenger tillate. Andre tiltak som reduserer forureiningsrisikoen er at husdyrgjødsel spreidd i open åker skal moldast ned straks, og at spreiing på grasmark utan nedfelling må gjerast så tidleg at ein er sikra god gjenvekst, og at dette graset vert hausta eller beita.

Tap av fosfor gjennom grøftene varierer. På mineraljord taper ein oftast mindre enn 20 g fosfor pr. dekar årleg, Har jorda sprekker eller er laus, kan tapa auke monaleg. Myhr og Oskarsen (1992) fann i forsøk på mellomleire at 4 tonn grisegjødsel tilført om hausten auka det årlege tapet av fosfor med 100 g og av nitrogen med 520 g pr. dekar. Mineralfattig torv har lita evne til å binde fosfor. Tap på 1-4 kg fosfor pr. dekar er målt på slik jord.

Samanlikning av næringstap fra husdyrgjødsel og mineralgjødsel har ikkje gitt einstydige resultat. Uhlen (1989) har funne at ved vanleg drift vert utvaskinga mindre frå bruk med eng og husdyr enn frå kornbruk med mineralgjødsel. På bruk med intensivt husdyrhald må ein likevel rekne med større nitrogenutvasking enn frå kornbruk med berre mineralgjødsel (Kyllingsbæk 1992).

Tiltak for å avgrense vassforureining frå husdyrgjødsel.

Føreskriftene om spreiing og nedmolding har tvillaust redusert vassforureininga frå husdyrgjødsel. Dersom ein er aktsam med å avgrense gjødselmengdene til dei ulike vekstane sitt behov for næring, kan tapet reduserast endå meir. Eit godt prinsipp kan vere å bestemme husdyrgjødselmengda etter innhaldet av det næringsstoffet som finst i størst mengd i høve til veksten sitt behov og etter jordanalysetal. Dette er oftast fosfor, og ein vil då unngå overdosering med både fosfor og nitrogen. På bruk med mykje husdyr i høve til arealet vil dette føre til at ein stor del av den dyrka jorda må tilførast husdyrgjødsel kvart år.

Spreiing av gjødsla om våren, utblanding med vatn og rask nedmolding er andre velkjende tiltak for å betre gjødselverknaden og minske forureininga frå husdyrgjødsel.

Forureining av luft

Nitrogenomsetninga i husdyrgjødsel er i all hovudsak styrt av biologiske prosessar. Urea vert raskt omdanna til ammoniakk med hjelp av enzymet urease. Prosessen kan skje både med og utan tilgang på luft. Ammoniakk vert difor danna både i landkummar, i blautgjødsel og i strøblanda, tørrstoffrik gjødsel. Ammoniakk vil ved vanlege temperaturar vere i gassform, og kan difor lett tapast. Risikoen for tap aukar med stigande temperatur, aukande pH og rask luftveksling, og er større for ammoniakkrik enn for ammoniakkfattig gjødsel.

Tabell 18. Tap av ammoniakk etter spreiing av blautgjødsel frå gris på åker i prosent av ammoniuminnhaldet i gjødsla.(Sommer & Christensen 1989).

Tid frå spreiing til nedmolding	3,4-6,9 °C %	7,0-16,0 °C %
6 timar	5	11
12 "	7	16
24 "	10	22
2 døger	14	27
6 "	23	35

Spreiing på grasmark vil truleg gi endå større tap, av di overflata gjødsla er fest til då vert særleg stor.

Nitrogen frå husdyrgjødsel går og tapt når gassane N_2 og N_20 vert danna i jord med lite luft (denitrifikasjon). Desse tapa kan vere store på finkorna, dårleg drenert jord, men er oftast små på meir grovkorna, godt drenert jord.

Ammoniakkgass fra fjøs, lager og under spreiing er den viktigaste luftforureininga frå husdyrgjødsel. I Danmark har ein rekna ut at 34% av ammoniakktapet skjer i fjøset, 23% frå lageret, 38% under spreiing og resten frå beite. I praksis er det svært store variasjonar for alle desse tapspostane, særleg for tap under spreiing. Her er det temperaturen og tida mellom spreiing og nedmolding som har mest å seie.

Tapet av ammoniumnitrogen tek til alt i fjøset og held fram under lagring og spreiing av gjødsla, men vert effektivt stansa av god innblanding i jorda. Det er mange faktorar som verkar på ammoniakktapet og variasjonen er difor stor.

Tabell 19. Tap av ammoniakk-N til luft i fjøset, under lagring og spreiing, i prosent av totalt nitrogeninnhald i gjødsla (Lundin 1988).

		Tap av ammoniakk, % av total- N			
Dyreslag	Gjødsel	Fjøs	Lager	Spreiing	Totalt
Slaktegris	Blautgjødsel	6-13	2-9	3-34	11-56
	Fast gjødsel	6-12	17-22	2-17	25-51
Mjølkeku	Blautgjødsel	3-7	2-10	3-30	7-47
	Fast gjødsel	3-6	18-23	2-18	23-47
Verpehøns	Blautgjødsel	2-3	2-10	2-26	6-39
	Fast gjødsel	5-10	9	2-24	16-43

Den store variasjonen i tapsprosent viser på den eine sida at ein stor del av det lettløyselege nitrogenet kan gå tapt før gjødsla vert blanda inn i jorda. Men tala viser og at det er mogeleg å halde tapa på eit rimeleg lågt nivå.

Dei store tapa ein kan ha under spreiing, har som årsak at gjødsel eller land då vert fordelt tynt på ei stor overflate. Dette gir maksimale tilhøve for ammoniakktap, særleg frå land og blautgjødsel.

Det er fleire tiltak som vil redusere tapa av ammoniakk fra husdyrgjødsel, og i nokon mon også luktplagen.

- Vassinnblanding, som reduserar ammoniakktrykket og tapsrisikoen.
- Skilt lagring og tett lager, slik at ammonium i stor grad vert tilført som land. Dette er særleg viktig om mykje av gjødsla må spreiast på eng.
- Skantildrenering, som gjer at urin i husdyrrom raskt renn av til lagerrom.
- Nedfelling av gjødsla i eng, med maskiner utstyrt med labbar. Metoden reduserer ammoniakktapet, men er energikrevjande, og kan ikkje brukast på steinfull jord.
- Endra fôringspraksis, som gir mindre protein i gjødsla, kan etter norske og danske utrekningar redusere ammoniakktapet med inntil 30%, utan at produksjon og økonomi vert dårlegare. Mindre nitrogen i gjødsla vil òg redusere nitratavrenninga.
- Så langt det er råd spreie gjødsla når det regnar og/eller i kjøleg og stille vêr.
- Stripespreiing med slangespreiar reduserer tapet dei første timane etter spreiing, medan langtidsverknaden er liten.
- Våtkompostering reduserer luktplagen, men synest ikkje å redusere tapet av ammonium nemnande.

RETNINGSLINJER FOR SPREIING AV HUSDYRGJØDSEL

Landbruksdepartementet har i 1989 og 1991 gitt retningslinjer om lagring og spreiing av husdyrgjødsel. Det vert i desse skriva gitt utførlege opplysningar om mengder, krav til spreiing, nedmolding, spreieareal og tekniske anlegg for lagring og spreiing av gjødsel. Viktige punkt i føreskriftene er:

- Det er ikkje tillate å spreie husdyrgjødsel på snødekt eller frosen mark. Gjødsla bør så langt det er mogeleg spreiast om våren, og i mengder tilpassa vekstane sit behov.
- Gjødsla skal, så langt det er mogeleg, nedmoldast straks.
- Må ein spreie på grasmark, skal det gjerast om våren, eller ikkje seinare i vekstsesongen enn at ein kan rekne med gjenvekst som kan haustast eller beitast.
- For å redusere luktulempene skal ein nær bustadområde straks molde ned gjødsla eller nytte låg spreiing.
- Husdyrgjødsel som vert spreidd om hausten må ein harve eller pløye ned.
- Det skal som ein hovudregel vere minst fire dekar fulldyrka jord disponibelt til spreiing av husdyrgjødsla for kvar gjødseldyreeining.
- Arealet kan reduserast dersom dyra i delar av året beiter på andre areal, og dersom noko av gjødsla kan spreiast på andre areal, til dømes overflatedyrka beite. Slike areal må godkjennast av fylkeslandbrukskontoret.
- Det skal vere lagerkapasitet for 8-12 månader, avhengig av om all gjødsel vert køyrd ut om våren, eller om gjødsla vert spreidd både vår og haust.
- Ei gjødseldyreeining er definert som gjødselmengda frå ei mjølkeku i eit år.
- Det er for andre husdyrslag sett opp kor mange dyr eller dyreplassar som svarar til ei mjølkeku.

ANDRE ORGANISKE GJØDSELSLAG

INNHALD

	Side
Kloakkslam	3
Pressaft frå silo	5
Tang og tare	7
Grøngjødsel	8
Fangvekstar	8
Kompost	9

ANDRE ORGANISKE GJØDSELSLAG

KLOAKKSLAM

Norsk råslam som er kjemisk felt inneheld om lag 60-70% organisk materiale. Tørrstoffet i aluminiumsfelt råslam med 70% organisk materiale har denne samansetninga:

Total karbon:	39%	Feitt:	17%
Hemicellulose:	11%	Cellulose:	18%
Protein:	14%	Nitrogen:	2,7%

Det organiske materialet i slammet gir auka aggregering av jordpartiklar og dermed ein jordforbetringsverknad på jordarter med lågt humusinnhald. Det er såleis ein fordel å nytte slammet på stiv leir, silt eller sandjord. Slammet betrar vasshushaldet og porøsiteten, medan densiteten i jorda vert redusert. Organisk materiale reduserer også overflateerosjon. Den mørke fargen betrar varmeabsorpsjonen.

Sidan 1993 er all disponering av kloakkslam regulert ved forskrifter. Det er kravd regelmessig kontroll av innhaldet av tungmetall og plantenæringsstoff. Mottakarane av slam får ein innhaldsdeklarasjon og rettleiing om bruken av slammet. Det skal ikkje nyttast meir enn 2 tonn slamtørrstoff pr. dekar og 10 år. Slam skal ikkje nyttast på jord der ein til vanleg dyrkar grønsaker.

Innhaldet av plantenæringsstoff i slammet varierer mellom ulike renseanlegg, og innhaldet endrar seg med lagringsdata. For ferskt slam kan det vere desse variasjonane i totalinnhald i prosent av tørrstoff (Vigerust 1994): N: 1,5-3, P: 1,0-2,5 og K: 0,1-0,4.

Nitrogenverknaden av slammet er vanskeleg å bestemme. N-verknaden pr. volumeining endrar seg lite det første året. Ut frå mengd slam pr. dekar , oppgitt N-mengde i ferskt slam og virkningsgrad av nitrogen kan ein gjere eit overslag over N-verknaden i kg pr. dekar. N-tapet ved lagring varierer mellom anna med slamtype. For kvart år etter tilførsel vil N-verknaden omlag halverast.

Fosforinnhaldet er høgt i slam i høve til N-innhaldet. Tilførsel av to tonn slam-TS pr. dekar tilfører ofte 15-20 gonger så mykje som det årlege P-behovet til korn. P i slam er lite plantetilgjengeleg samanlikna med P i mineralgjødsel og husdyrgjødsel. Med åra vert også P inaktivert i jorda. Ei vanleg mengde slam pr. dekar stettar truleg ikkje P-behovet i meir enn 3-4 år framover.

Kalium-innhaldet i slammet er heller lågt, og med tillatne mengder pr. dekar dekker det knapt K-behovet hos korn.

Dei næraste åra etter tilførsel er tilleggsgjødsling med NK-gjødsel aktuelt.

Mange er betenkte over å skulle nytte slam på dyrkingsareal pga. innhaldet av skadelege stoff, ikkje minst kadmium. Forskriftene set grenser for maksimalt innhald av tungmetall i slam som skal nyttast til jordbruksformål. Innhaldet av kadmium, bly og kvikksølv skal såleis ikkje overstige 4, 100 og 5 mg pr. kg etter tur.

Også med omsyn til sjukdomssmitte og luktulemper vert det stilt strenge krav til slamkvaliteten.

PRESSAFT FRÅ SILO

Pressaft frå silomasse inneheld plantenæringsstoff, serleg nitrogen og kalium. Innhaldet av lett tilgjengelege karbohydrat, sukker, organiske syrer og aminosyrer er òg høgt. Dette gjer at det lett vert oppblomstring av sopp og bakteriar om silosafta vert slept ut i bekker. Dette fører med seg at oksygenet i vatnet vert brukt opp, med fiskedød som resultat.

Miljøverdepartementet fastsette i 1991 forskrift om silopressaft. Det heiter mellom anna at silopressaft skal samlast opp, lagrast og disponerast slik at ho ikkje fører til forureining eller fåre for forureining av grunnvatn, vassdrag og sjøen.

Mengd pressaft frå ein silo avheng av fleire forhold, ikkje minst tørrstoffinnhaldet i massen ein legg inn i siloen og verforholda under dette arbeidet.

Ein kan rekne med at gras med 30% tørrstoff ikkje gir avrenning av pressaft. Kvar 5% reduksjon av tørrstofinnhaldet ned til 10% tørrstoff gir ei pressaftmengd på 11%. Gras som ved nedlegginga har 10% tørrstoff gir då 4*11%=44% av den nedlagte massen som pressaft. Mengder på 20-30% pressaft frå grassiloar er vanleg. Ved ensilering av raps kan pressafta utgjere 50%.

Innhaldet av næringsstoff i pressafta varierer mykje, mellom anna med tørrstoff-innhald og utviklingstrinn, og med gjødslingsstyrken. Mykje kløver vil ved tidleg hausting gi eit større innhald av N og K i pressafta enn t.d. rotvekstblad ved sein hausting.

Gjødselverknaden av P og K i pressafta er i markforsøk funnen å vere like god som av P og K i mineralgjødsel. Verknaden av N varierer sterkt m.a. etter spreietid. Pressaft har og vist seg å vere veksthemmande, utan at det er heilt klårt kva grunnen er.

Norske forsøksresultat syner at ein ikkje bør bruke over 4 m^3 daa^{-1}. Ved silonedlegging om sommaren vil det vere rikeleg av hausta areal for spreiing av silosaft. Sjølv med ei avling på 6 t daa^{-1} friskt gras skulle pressaftmengda berre bli 2 t daa^{-1} hausta areal. Pressaftavrenning frå siloen tek til første døgeret og er på topp andre og tredje døger om ein held fram med fyllinga. Ein kan få omlag 30% av pressafta i løpet av eitt døger.

Pressafta inneheld organiske syrer og har i utgangspunktet ein pH i kring 4,0. Ho kan difor verke forsurande i vatn og jord på kort sikt. Dei organiske syrene blir nokså snøgt nedbrotne, og verknaden på jordreaksjonen er difor liten. Det er såleis ikkje naudsynt å kalke ekstra om en nyttar pressafta som gjødsel.

Pressaft inneheld i middel for mange prøver omlag 4% tørrstoff, 1 kg N, 0,5 kg P og 4 kg K pr. tonn.

Ved gjødsling med pressaft må ein ta omsyn til at ho inneheld omlag 8 gonger så mykje K som P og 4 gonger så mykje K som N. Nitrogenet i pressafta har og ein meir langsam verknad enn N frå mineralgjødsel.

TANG OG TARE

Tang og tare vart serleg før brukt som gjødsel i kyststrøk. Også i dag er det ei viss interesse for å kunne utnytte denne ressursen som gjødsel. Forsøk med tang og tare som gjødsel vart utført ved Institutt for jordkultur, NLH på 1920-talet. Innhaldet av ulike stoff i tang og tare som hadde lege nokre månader i haug var:

Tørrstoff	25% (16-36)
Total-N	0,73% (0,54-1,1)
NH_4-N	0,04% (0-0,9)
P	0,05% (0,04-0,07)
K	0,66% (0,14-1,1)

Variasjonane skuldast delvis botanisk samansetning og delvis utvasking.

Innhaldet av N og K er større enn i storfegjødsel, medan innhaldet av ammonium-N er lite. Borinnhaldet er stort. Tang og tare inneheld elles ei rekkje næringsstoff, mellom andre jod og kobolt. Kloridinnhaldet er høgt, og tang og tare må liggje på land ei tid slik at kloridet kan vaskast ut.

I forsøk med nepe og potet ga tang og tare like stor meiravling som husdyrgjødsel.

GRØNGJØDSEL

Grøngjødsel er plantar som ein dyrkar for å hente N frå lufta og næringsstoff frå jorda til bruk for etterfølgjande vekstar. Grøngjødselvekstane pløyer eller harvar ein ned på det arealet der dei er dyrka.

Grøngjødsla tilfører organisk stoff og plantenæringsstoff til jorda. Ved nedpløying av belgvekstar kan ein tilføre 10-20 kg N pr. dekar, og då nitrogeninnhaldet er stort i forhold til innhaldet av karbon, vil nitrogenverknaden vere god. Grøngjødsling aukar den mikrobielle aktiviteten i jorda. Rotmassen frå grøngjødselvekstane har også positiv verknad på fysiske forhold i jorda.

FANGVEKSTAR

Med fangvekstar meiner ein plantar som vert dyrka for at dei skal ta opp næringsstoff frå jorda etter at den ordinære avlinga er hausta. Plantar som vert dyrka saman med ein kulturvekst, t.d. raigras eller kvitkløver i korn, kallar ein **underkultur** eller **undersådd fangvekst.**

I kulturar som vert hausta tidleg sår ein fangveksten etter at tidlegkulturen er hausta. Ein kan t.d. så etter ein tidleg kornskurd, eller etter hausting av grønsaker og tidlegpoteter.

Raigras er ein effektiv fangvekst for nitrat. Forsøk utført ved IJVF (Børresen 1994) viste at Italiensk raigras hadde ein negativ etterverknad ved svak nitrogengjødsling, medan verknaden var positiv når det vart gjødsla sterkare med nitrogen.

Kvitkløver og ei blanding av Italiensk raigras og kvitkløver hadde ein klårt positiv verknad på kornavlingane ved svak gjødsling med nitrogen. Etterverknaden av Italiensk raigras dyrka fire år etter kvarandre reduserte kornavlingane det første året etter bruk av dekkvekst ved dei tre prøvde N-mengdene (0, 6 og 12 kg N pr. dekar. Kvitkløver gav ein svak avlingsauke utan N-gjødsling, men ikkje når det var gjødsla med nitrogen.

Svenske forsøk (Andersson et al. 1994) viste at raigras lett tek opp N frå jorda om hausten, og reduserer dermed utvaskinga i løpet av vinteren. Det er òg funne at ein undersådd fangvekst kan redusere nitratutvasking som kan oppstå i samband med dyrking av korn.

KOMPOST

Kompost kan vere laga av svært ulikt organisk materiale, og innhaldet av næringsstoff vil difor variere mykje. Komposten kan t.d. innhalde gras, lauv o.l. med jord, og evt. litt husdyrgjødsel og kalk. Ofte må han stikkast om nokre gonger.

I forsøk er det vist at ved å tilføre 0,7 kg N pr. 100 kg halmtørrstoff vart omlag halvparten av halmtørrstoffet brote ned. Forsøka viste elles at frisk halm nedpløgd saman med tilsvarande N-mengd tilført om våren hadde ein langt betre gjødselverknad.

MINERALGJØDSEL

INNHALD

	Side
Definisjonar	3
Mineralgjødselsortimentet	4
Fleirsidige gjødselslag	5
Einsidige og to-sidige gjødselslag	7
Nitrogengjødsel	7
NK- og PK-gjødsel.	8
Fosfor- og kaliumgjødsel	8
Blandingsgjødsel	9
Langsamt verkande nitrogengjødselslag	9
Flytande mineralgjødsel	10
Gjødselvatning	11
Bladgjødsling	11
Verknad av mineralgjødsel på jordreaksjonen	11
Nitrogengjødselslag	14
Verknad og bruk av fosforgjødsel	14
Magnesium og svovel	15
Mikronæringsstoff	15
Spreiemetodar	16
Granulering, radgjødsling og nedmoldingsverknad	16
Kaliumgjødsel, verknad og bruk	18

MINERALGJØDSEL

Andre namn som er mykje nytta for mineralgjødsel er kunstgjødsel og handelsgjødsel.

Tabell 1. Forbruket av handelsgjødsel i Norge:

	1982/83	1992/93	1993/94	1994/95
N	114100	109299	108287	110851
P	28603	13723	13688	13291
K	72975	49669	51933	53002

Det er særleg forbruket av fosfor som er redusert, men også bruken av kalium har minka betydeleg. Nitrogenforbruket viser berre mindre nedgang. Reduksjonen i forbruk har samanheng med ei betre utnytting av husdyrgjødsla, og såleis ei betre gjødslingsplanlegging på den einskilde garden.

DEFINISJONAR

I Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v. fastsett av Landbruksdepartementet av 27.05.93 med endring 22.05.95 er desse definisjonane nytta om mineralgjødsel:

Kompleksgjødsel er uorganisk gjødsel som inneheld minst to hovudnæringsstoff og vert framstilt ved fabrikasjonsprosessar som fører til at hovudnæringsstoffa førekjem heilt eller delvis i innbyrdes kjemisk forbindelse.

Einsidig gjødsel kjenneteiknar gjødsel som berre inneheld eitt av hovudnæringsstoffa.

Blandingsgjødsel (mekanisk blanda gjødsel) er uorganisk gjødsel som inneheld minst to hovudnæringsstoff, og som vært framstilt ved mekanisk blanding av to eller fleire einsidige gjødselslag eller av kompleksgjødsel og eitt eller fleire einsidige gjødselslag. Som blandingsgjødsel reknast også kompaktert gjødsel.

MINERALGJØDSELSORTIMENTET

Storparten av mineralgjødsla som vert omsett og nytta her i landet vert produsert av Norsk Hydro AS. I tillegg vert det importert og omsett noko gjødsel av andre firma. Mineralgjødselsortimentet endrar seg frå tid til tid. Nye gjødselslag kjem på marknaden, medan andre går ut, vesentleg grunna endringar i behov, men óg som følgje av marknadssituasjonen og av produksjonstekniske forhold.

I Noreg utgjer NPK-gjødselslag hovedtyngda av mineralgjødsel. Fullgjødsel®, som er registrert varemerke for NPK-gjødsel produsert av Norsk Hydro, inneheld i tillegg til hovudnæringsstoffa også Ca, Mg, S og B. Kvart einskild gjødselkorn inneheld alle deklarerte næringsstoff og er dekka av ei kappe som hindrar klumping og støving og gir gjødsla gode lagrings- og spreieeigenskapar. Fullgjødsel® vert levert som granulert vare bortsett frå Fullgjødsel® 25-2-6 som er prilla. Omlag 90% av gjødselkorna har ein diameter på to til fire mm.

Nitrogen i Fullgjødsel® ligg føre som 41-48% NO_3-N, medan resten er NH_4-N.

Fullgjødsel® har ein forsurande verknad i jorda tilsvarande 0,5-1,0 kg CaO pr. kg tilført nitrogen.

Av **fosfor** i Fullgjødsel® er 75-80% vassløyseleg, medan alt er citratløyseleg.

Kalium. I klorfattig Fullgjødsel® er kalium tilsett som kaliumsulfat, medan det i annan Fullgjødsel® er nytta kaliumklorid.

Magnesium og svovel kjem frå kieseritt. Svovel kan også kome frå kaliumsulfat eller ammoniumsulfat. Fleire av dei ulike Fullgjødsel®-slaga er tilsett meir svovel enn tidlegare. Det gjeld 17-5-13, 18-3-15, 21-4-10, 22-2-12 og 25-2-6.

Bor. I tillegg til makronæringsstoffa er all Fullgjødsel® tilsett 0,02% bor, som kjem frå Borax.

FLEIRSIDIGE GJØDSELSLAG

Ulike slag Fullgjødsel®:
Fullgjødsel® 11-5-17.
Denne typen er klorfattig, og har eit høgt innhald av kalium, magnesium og svovel. Han høver godt til poteter og mange hagebruksvekstar som ikkje toler klor.

Fullgjødsel® 15-4-12 er klorfattig, har et høgt innhald av magnesium og svovel og er tilsett kopar. Den vert tilrådd brukt til alle vekstar på jord som er fattig på eitt eller fleire av desse næringsstoffa. Ein spesialtype av Fullgjødsel® 15-4-12 er tilsett kobolt. Denne skal nyttast på beite i område der koboltmangel er eit problem i saueføringa og der det samstundes ikkje er fare for koparforgiftning.

Fullgjødsel® 17-5-13 er den mest fosforrike av Fullgjødsel®-slaga. Dette slaget eignar seg til korn og oljevekstar på mindre næringsrik jord. Særleg høver det til grunngjødsling i kombinasjon med delgjødsling med Kalksalpeter™ i vekstsesongen. Fullgjødsel® 17-5-13 høver òg til vårgjødsling av eng på fosforfattig jord.

Fullgjødsel® 18-3-15 er kaliumrik og har eit moderat fosforinnhald. Dette slaget er særleg eigna til gras i kystområda og i kaliumfattige innlandsstrøk. Dette slaget høver òg til korn og oljevekstar på særleg kaliumfattig jord og til ein del grønsakkulturar. Dette er det klorhaldige Fullgjødsel®-slaget som inneheld mest svovel pr. kg nitrogen, og det høver såleis godt til svovelkrevjande vekstar.

Fullgjødsel® 21-4-10 vert mest brukt til korn og oljevekstar på jord i middels til god næringstilstand på Austlandet og i deler av Trøndelag, men kan og nyttast til gras på middels næringsrik jord.

Fullgjødsel® 22-2-12 er nitrogenrik og fosforfattig. Dette slaget høver godt til gras i kombinasjon med husdyrgjødsel, og likeeins til korn og oljevekstar på fosforrik jord.

Fullgjødsel® 25-2-6 er svovelrik og har eit høgare N-innhald og lågare K-innhald enn dei andre Fullgjødselslaga. Dette slaget vert tilrådd til einsidig planteproduksjon på jord i svært god fosfor- og kaliumtilstand, men kan òg nyttast på eng i kombinasjon med husdyrgjødsel. Dette er det einaste Fullgjødselslaget som vert levert som prilla vare. Prilla gjødselkorn er rundare enn granulerte, noko ein må ta omsyn til ved innstilling av gjødselspreiaren.

NPK mikro 6-5-20. Dette er ei spesialgjødsel til potetdyrking på lettare jordartar, som vanlegvis vert supplert med Kalksalpeter™ i vekstsesongen. Dette gjødselslaget inneheld også Mn, Cu, B, Zn, Mo, Co og Fe.

I Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler fastsett av Landbruksdepartementet er det gitt spesielle reglar for omsetning av EØF-gjødsel (EØF = Europeisk økonomisk fellesskap). Det gjeld andre krav til deklarasjon av EØF-gjødsel enn til annan gjødsel. T.d. kan det omsetjast NPK-gjødsel utan tilsetning av sekundære makronæringsstoff eller mikronæringsstoff.

EINSIDIGE OG TO-SIDIGE GJØDSELSLAG

Nitrogengjødsel

Kalksalpeter™ vert levert som prilla vare og inneheld 15,5% N og ca. 19% Ca. Nitrogenet ligg i hovudsak føre som nitrat. Gjødsla er lettløyseleg og gir rask verknad. Kalksalpeter™ har ein basisk verknad i jorda, tilsvarande 0,5-1,0 kg CaO pr. kg tilført N. Dette skuldast den fysiologiske basiske verknaden ved det raske nitrat-opptaket, og ikkje at Kalksalpeter™ inneheld Ca. $NaNO_3$ vil ha ein tilsvarande verknad. Kalksalpeter™ vert nytta ved delgjødsling til ulike vekstar saman med NPK-gjødsel eller husdyrgjødsel.

Det finst to spesialtypar av Kalksalpeter™ på marknaden. Den eine er Bor-kalksalpeter™, som særleg vert nytta i borkrevjande kulturar, t.d. kålrot. Den andre er Kalksalpeter™ Gartnervare. Dette slaget er fullt vassløyseleg og nyttast særleg i gjødslingsanlegg i gartneria. Desse slaga vert leverte som granulert vare.

Urea (46% N) er amidnitrogen ($CO(NH_2)_2$). Denne nitrogenforma må omdannast til ammonium og nitrat for å bli tilgjengeleg for plantane. Urea vert levert som prilla vare, er løyseleg i vatn og kan sprøytast ut. Urea er lite brukt i Norge. Bruk av urea kan gi store N-tap, og gir mindre sikker verknad enn andre N-gjødselslag.

HYDRO-KAS™ 28N, dvs. vanleg kalkammonsalpeter inneheld like deler av ammonium og nitrat, forutan magnesium og kalsium tilsett som dolomitt. HYDRO-KAS™ 28N er granulert, og vert mest brukt i tillegg til husdyrgjødsel eller NPK-gjødsel. Dette gjødselslaget har ein negativ veknad på pH i jorda tilsvarande eit kalkingsbehov på 0,35-0,75 kg CaO pr kg tilført N.

Uhlen og Stenberg (1982) fann ved help av radioaktivt fosfor kor tilgjengeleg P var 13-16 år etter gjødsling samanlikna med gjødsling like før såing, sjå tabell 3.

Tabell 3. Tilgjengelegheit av P-gjødsel med og utan kalking straks etter gjødsling før såing (=100) og 13-16 år seinare.

	Isotopmetode	P-AL	Lt
Ikkje kalka	21	21	13
Kalka (før P-gjødsling)	25	24	13

Samanlikna med superfosfat tilført like før såing, var P lagra i jorda langt mindre tilgjengeleg. Verknaden av pH og kalking var ubetydeleg i denne granskinga der det var nytta jord frå austlandsområdet. Men på grunnlag av desse og andre forsøk kan ein som hovudregel rekne med at kalking gjer fosforreservane i jorda meir tilgjengelege, slik at gjødsel-P vert betre utnytta. Dette gjeld lettløyseleg P-gjødsel som superfosfat, PK-gjødsel og NPK-gjødsel. P i råfosfat kan derimot bli tyngre tilgjengeleg ved samstundes kalking og på kalkrik jord.

KALIUMGJØDSEL, VERKNAD OG BRUK

I dei vanlege mineralgjødselslaga er kalium tilstades som heilt oppløyste salt, og verknaden er difor den same av dei ulike K-gjødselslaga. Derimot kan anion-komponenten, klorid eller sulfat ha noko å seie, i alle høve for somme vekstar. Kloridhaldig gjødsel fører til redusert innhald av stive og tørrstoff i potetknollar, då transporten av fotosyntetiske produkt frå blad til knoll vert hemma. Tørrstoffmengda i poteter kan og bli nedsett av store mengder Cl-fri K-gjødsel og av sterk N-gjødsling.

KALK OG KALKING

INNHALD

	Side
Kalkbehov og kalkforbruk	3
Kalk	4
Kalkmjøl	5
Grovkalk (og grovdolomitt)	5
Granulert kalkmjøl	6
Dolomittmjøl	6
Kalkdolomitt	6
Skjelsand	6
Brend kalk	7
Konverteringskalk	8
Odda Kalk	8
Annan kalk	9
Verknad av kalking	10
Verknad av finmalingssgrad	12
Verknad av stigande mengder kalk	13
Kalking og jordart	15
Utvasking, tap	17
Overflatespreiing	18
Mengder	18
Behovet for kalking	19
Lønsemda ved kalking	20
Kalkverknad til ulike vekster	21
Spreietidspunkt	21
Kalk og husdyrgjødsel	22

Kalk og kalking

Kalk nyttar ein i planteproduksjonen for å motverke forsuringa i jorda. Faktorar som er årsak til forsuringa kan samanfattast i følgjande punkt:

1. Ved den biologiske omsetninga i jorda vert det danna sure komponentar som via ombyttingsreaksjonar reduserer basemetningsgraden og senkar pH.

2. Sterke syrer, særleg H_2SO_4, men òg HCl og HNO_3 vert tilført jorda med nedbør og vind. Dette er ei naturleg følgje av kretslaupet til nitrogen og svovel. Men den forsurande verknaden av dette er blitt forsterka dei siste ti-åra gjennom utslepp av SO_2 og NO_x frå industri og ved bruk av fossilt brennstoff. På jordbruksareal har denne verknaden likevel vore liten.

3. Bruken av ammonium-N forsurer jorda. Utviklinga dei siste 30 åra har gått i retning av auka bruk av surtverkande gjødselslag, i første rekkje NPK-gjødsel.

KALKBEHOV OG KALKFORBRUK

Fullgjødsel® har ein forsurande verknad på jorda. Teoretisk er denne negative kalkverknaden rekna til rundt 1 kg CaO pr. kg N tilført i kunstgjødsel. Tilførsel av 10-15 kg N i Fullgjødsel® medfører eit ekstra kalkbehov på 25-30 kg kalksteinsmjøl pr. dekar og år.

Den forsurande verknaden av Fullgjødsel® har vore eit sentralt tema i diskusjonen om behovet for vedlikehaldskalking dei seinare åra. Ein kan gjere teoretiske berekningar over denne effekten, som kan gi haldepunkt for å vurdere kalkbelastninga ved gjødsling. Med dagens gjødselbruk utgjer den totale kalkbelastning av kunstgjødsel omlag 70 000 tonn CaO eller ca. 150 000 tonn kalkmjøl.

Kor store kalkmengder som skal til for å motverke den naturlege forsuringa i jorda er det vanskeleg å bestemme. Saman med surt nedfall kan det kanskje tilsvare kalkbelastninga av mineralgjødsla. Skal ein halde kalktilstanden i jorda ved like i norsk jordbruk er det då behov for omkring 150 000 tonn CaO eller 300 000 tonn kalkmjøl.

Kalkforbruket auka sterkt her i landet frå midten av 1970 åra fram til siste halvdel av 1980 åra. Forbruket nådde ein topp i 1984, med ca. 220 000 tonn. Seinare er kalkforbruket gått ned att og har dei seinare åra lege kring 150 000 tonn.

KALK

Det er i dag fleire kalkslag enn tidlegare på marknaden. Dette heng delvis saman med at det har kome til nye kalkslag, og delvis er grunnen at produsentar og leverandørar har utvida marknaden sin.

Kalkslag skal vurderast og omsetjast etter innhaldet av berekna CaO, også om det t.d. gjeld karbonatkalk.

Kvaliteten av kalk til jordbruket avheng av opphavsmateriale og krystallinitet, kjemisk reinleik og findelingsgrad. I Norsk Standard 2885 "Kalkingsmidler for landbruket (mai 1987) er innført omgrepet 'rettleiande kalkverdi over 1år/5år', som samanfattar desse eigenskapane. Kalkverdien gir innhaldet av verksame CaO-ekvivalentar, og opplysning om kor løyseleg kalken er. Det er lagt inn ei usikkerheit på ±3% CaO-ekvivalentar, pga. jordvariasjon og pH-nivå i utgangspunktet. Dividerer vi ein gitt pris ferdig spreidd kalkvare med kalkverdien, får vi prisen pr. verksam CaO-ekvivalent. Denne kalkverdien gjeld ikkje ved rettslege
tvistar, men er nyttig når ein skal samanlikne tilbod i marknaden.

Kalkmjøl

Kalkmjøl er malen kalkstein. Innhaldet av $CaCO_3$ ligg oftast i området 80-90% Ca, dvs. 45-50% berekna CaO. Kalkstein kan vere nesten heilt rein, og CaO innhaldet er då omlag 55%.

Det er viktig at kalkmjølet er finmale. Det gir større åtaksflate for den sure jordvæska og snøggare verknad. Svært finmale kalkmjøl kan gi støvplage under spreiinga.

For å minske støvplaga ved spreiing leverer enkelte firma fukta kalksteinsmjøl. Ved tilsetting av 4-5% vatn kan støvplaga reduserast monaleg. Metoden krev spesielt utstyr og er aktuell berre ved bulkleveranse og direkte spreiing.

Grovkalk (og grovdolomitt)

Grovkalken er rimelegare enn finmale kalkmjøl, då ein sparar noko utgifter til maling og tørking.

Grovkalk og grovdolomitt kan produserast billegare enn mjølprodukt, då ein berre treng å knuse kalken. For grovkalk kan dessutan utgifter til tørking falle bort, og knust kalk kan lagrast ute.

Eit relativt stort innhald av grovt materiale (>1mm) gir likevel redusert kalkeffekt, særleg på kort sikt.

I Norsk Standard for kalkmidlar (NS 2885) er kravet til findelingsgrad for grovkalk sett slik at 40, 70 og 98% skal vere mindre enn 0,2, 0,4 og 2 mm etter tur.

Granulert kalkmjøl

Granulert kalkmjøl og granulert dolomitt vert no levert av eit norsk kalkfirma. Bindemidlet som nyttast i granulata er avfallslut frå celluloseindustrien. Granulert vare vert noko dyrare, men er lettare å spreie. Ein kan nytte alle typar spreiarar for granulert mineralgjødsel.

Dolomittmjøl

Dolomitt ($CaMg(CO_3)_2$) inneheld teoretisk vel 13% Mg, men innhaldet i vanleg handelsvare er oftast mindre. Det berekna innhaldet av CaO+MgO er knapt 55%.

Kalkdolomitt

Dette kalkslaget inneheld mindre Mg enn dolomittmjøl. Utgangsmaterialet er ei blanding av 2/3 kalkstein og 1/3 dolomitt. Berekna innhald av CaO+MgO er i kring 47%, og Mg innhaldet 4,6%. Kalkdolomitt høver under forhold der det ved sida av kalk også trengst Mg.

Skjelsand

Skjelsand er knuste og heile havskjel blanda med grus, sand og leir. Kalkinnhaldet varierer, men skal vere minst 30%. I reine skjelmassar kan det gå heilt opp i 80-90% $CaCO_3$, men som oftast er det langt mindre. Varekvaliteten er nokså variabel, og det let seg difor ikkje gjere å definere bestemte skjelsandtypar. Varekvaliteten vil variere med skjeltype, kornstorleiksfordeling og innblanding av grus sand og leir.

Ulike mengder av skjelsand finn ein langs kysten, men også omkring tidlegare strandlinjer. Skjelsanden er som regel grovare enn kalkmjøl. Han er porøs, slik at verknaden er god utan finmaling. Etter Norsk Standard er det tilstrekkeleg at skjelsand passerer eit sikt med 6,3 mm maskeopning.

Skjelsand utgjer det viktigaste kalkslaget i mange kyststrøk. Innhaldet av Mg er lite, med unntak av skjelsand somme stader i Nord-Norge.

Brend kalk

Nybrend kalk er for det meste CaO blanda med mindre mengder leir og sand. Etter lagring ei tid tek han lett opp vatn og CO_2 frå lufta. Brend kalk som nyttast til kalking har gjerne eit CaO-innhald på 80-90%. Innhaldet skal minst vere 65%. Også visse typar av brend kalk inneheld noko Mg.

Den brende kalken vert oftast levert finmalen, og ofte spreidd med bil frå firmaet som leverer kalken. Kalkstøv av brend kalk verkar etsande t.d. på slimhinner ved at CaO vert omsett til $Ca(OH)_2$. Dette problemet har ein prøvd å løyse ved låg spreiing og bruk av mindre findelt vare.

Tidlegare var brend kalk klumpet og måtte leskast før spreiing. Ein tilsette så mykje vatn til kalken som CaO kan binde kjemisk når det går over til $Ca(OH)_2$.
Etter likninga

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

utgjer vassmengda omlag 32% av CaO mengda. I praksis kan ein ikkje bestemme mengdene så nøye, avdi kalken ikkje er rein CaO og avdi det dampar bort noko vatn under leskinga.

Konverteringskalk

Konverteringskalken er eit biprodukt frå NPK-produksjonen til Norsk Hydro as. Til tider vert det konvertert ein del kalksalpeter til N for bruk i NPK. Kor mykje som vert konvertert avheng av marknaden for kalksalpeter og N-behovet i NPK-produksjonen. Konverteringa har gått føre seg sidan midten av 1970-åra. Salet har auka dei seinare åra. Konverteringskalken inneheld ca. 50% CaO og dessutan omkring 1% N og ca. 0,1% P.

Odda Kalk

ODDA KALK er framstilt av diamidkalk, som er et biprodukt ved dicyandiamid-produksjonen ved Odda Smelteverk as, og brend kalk. Innhaldet av kalsium karbonat er 52% og kalsiumhydroksid 28%. Produktet er mjølfint, med middel kornstorleik 0,025 mm. Kakinnhaldet rekna som CaO-ekvivalentar er 50%, og rettleiande kalkverdi over eitt og fem år er 50/50. ODDA KALK inneheld ca. 1% nitrogen, hovudsakeleg som dicyandiamid. Stoffet verkar hemmande på nitrifikasjonsprosessen, og kan såleis redusere utvaskinga av gjødselnitrogen som vert tilført om hausten eller tidleg om våren.

ODDA KALK er mørk av farge, og er difor effektiv som "åtingsmiddel" til å smelte bort snøen om våren. Ein kan då oppnå at marka blir snøberr 2-3 veker tidlegare enn elles. Dette kan gi tidlegare opptørking av jorda, og ein forlenga vekstsesong.

I tabell 1 er vist endringane i forbruket av nokre hovudtypar av kalk dei seinare åra. Det har vore ein nedgang i bruken av mjølprodukt til fordel for grovkalk/ grovdolomitt og granulert kalk. I dag utgjer mjølvarene vel 50% av forbruket, medan dei grovare produkta utgjer ein tredel av det totale forbruket. Granulerte produkt var populære ei tid , men forbruket har avteke sterkt dels grunna prismessige forhold. Endringane i kalksortimentet har dels hatt bakgrunn i behovet for produkt som støva mindre ved spreiing.

Tabell 1. Omsetning fordelt på kalktypar i tonn

Kalktype	1988	1994	1995
Kalkmjøl	97135	27266	38933
Grovkalk	70552	60810	60321
Grovdolomitt	70117	42832	49796
Granulert dolomittmjøl	30195	10328	11704
Brend kalk	4567	1536	1521
Konverteringskalk	15084	45171	29292
Skjelsand	132400	127259	155081

Annan kalk

Kalsiumsilikatslagg fra Øye Smelteverk i Kvinesdal har i forsøk gitt mindre god verknad enn kalkmjøl. Innhaldet av silisium har i visse høve hatt ein positiv verknad, mellom anna til bygg og andre arter i grasfamilien. Såleis nyttast kalkkrikt silikatslagg ved dyrking av ris og sukkerrøyr.

VERKNAD AV KALKING

Omlag 1,3 g CaO, tilsvarande 920 mg Ca, løyser seg i vatn ved 5-10°C. Tilsvarande tal for $Ca(CO)_3$ er berre 0,01 g $CaCO_3$ eller ca. 4 mg Ca. I karbondioksidhaldig vatn er forholdet eit anna. Karbonat vert meir løyseleg og oksid mindre løyseleg når hydroksid går over til hydrokarbonat. Karbonatmengda som kan halde seg i løysing aukar med konsentrasjonen av karbondioksid i vatnet. Nedanfor er vist samanhengen mellom CO_2-trykket over væska , pH og løysing av $CaCO_3$.

Tabell 2. Samanhengen mellom CO_2-trykket over ei væske, pH og løysing av $CaCO_3$.

CO_2 i lufta Vol.-%	pH i $CaCO_3$-suspensjon	Ca kons. (i løysing) 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 vert tala ikkje heilt dei same som i ein suspensjon av $CaCO_3$, men prinsippet er likvel som ovanfor.

Sluttresultatet vert det same om ein i staden nyttar $Ca(OH)_2$. Tilset ein meir karbonat enn det som kan halde seg i ei viss væskemengde ved eit visst CO_2-trykk, vil den overskytande delen ikkje verte løyst. Set ein til for mykje hydroksid, vert det overskytande kvantumet utfelt som karbonat. Ca-mengda i løysinga når likevekta er innstilt avheng av CO_2-konsentrasjonen (CO_2-trykket over væska). Det er det samen om ein har tilsett hydroksid eller karbonat. Forholdet mellom pH CO_2 og Ca i løysing kan uttrykkjast ved denne generelle likninga:

$$2\,pH = K + pCa + pCO_2$$

Konstantleddet K er sett til 10-10,5. pCa er den negative logaritmen til Ca-aktiviteten og pCO_2 tilsvarande for partialtrykket av CO_2 i atmosfæren. Ved 1 volumprosent CO_2 er partialtrykket 0,01 atm. Ca-aktiviteten er konsentrasjonen (i mol) multiplisert med ein aktivitetskoeffisient som er mindre enn 1 og som avtek med aukande konsentrasjon av ionestyrken.

I jord med pH under 7,0 er løyselegheita av dei ulike kalkslaga noko meir komplisert. Stort sett kan ein seie at kalsiumkarbonat ($CaCO_3$) innblanda i våt jord har omlag same verknad på reaksjonen som ekvivalente mengder CaO eller $Ca(OH)_2$, bortsett frå at det tar litt lengre tid før likevekta innstiller seg når ein brukar karbonat.

Etter dette skulle ein vente at kalkmjøl og brent eller leska kalk skulle verke likt. Markforsøk har vist at dette stemmer om kalkmjølet er finmale nok. Dette gjeld både reaksjonsendringa og verknaden på avling.

Langvarige markforsøk har vist at skjelsand er mest like effektiv som kalkmjøl og brend kalk. For 300 kg Ca0 pr. dekar var meiravlinga pr. år for 17 fleirårige felt:

Brend kalk	43 f.e.
Kalkmjøl	41 f.e.
Skjelsand	38 f.e.

Grov skjelsand er truleg ikkje fullt så effektiv, og har i alle fall ein seinare verknad. Den kan difor nyttast i større mengder. På myrjord kan grov skjelsand med innhald av mykje grus og sand ha ein serverknad.

VERKNAD AV FINMALINGSSGRAD

Ein kalkar for å endre jordreaksjonen slik at planterøtene får betre vilkår i heile jordlaget. Kalken må difor blandast jamt inn i jorda. Verknaden av ulike kornstorleik i kalkmjøl har vore i søkelyset i samband med bruke av grovkalk. Grovkalken vart lansert for å redusere støvplaga ved kalkspreiing, noko ein kan oppnå ved å redusere innhaldet av finmateriale. Verknaden på jordreaksjonen av ulike kornstorleikar er undersøkt i omfattande laboratorieforsøk. Luktvasslimo & Lyngstad, I. (1981) fant følgjande relative effekt av aukande kornstorleik etter eitt år:

Tabell 3. Relativ verknad av aukande kornstorleik.

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

Dei grove fraksjonane synest i større grad å ha blitt oppløyst i den svært sure myrjorda enn i leirjorda. På tilsvarande måte var effekten av dei største mengdene av grovkalkblandinga i myrjord 77%, og i leirjord 59% av dei same mengdene i vanleg kalkmjøl.

Partiklar av kalkmjøl på 1-2 mm eller grovare har liten verknad på pH i jorda sjølv etter eitt år. Dersom ein skal få fullgod kalkverknad på kort sikt må ein stor del av kalkmjølet vera finare enn 0,4-0,6 mm.

Dei noko grovare kalkpartiklane løysest raskare opp i sterkt sur enn i mindre sur jord. Av same grunn må ein rekne med at grove partiklar i blandinga med finare materiale kan ha mindre verknad enn når berre ein bestemt partikkelstorleik er blanda inn. Forsøksresultat syner jamt over avtakande avlingsauke med aukande kornstorleik over 0,4-0,5 mm. Det finaste materialet gir best verknad det 1. året. Seinare får ein noko etterverknad av dei grovare partiklane. Desse skulle såleis på lengre sikt kunne hindre ei rask forverring av kalktilstanden, t.d. under forhold med stor nedbør og utvasking. Den relative verknaden av grovare partiklar i forhold til fine er best på sterkt sur jord.

Verknaden av granulerte kalkingsmidlar er mindre undersøkt. Sidan materialet i granulata er finmalt vare, vil desse lett løyse seg opp i jorda, slik at verknaden skulle tilsvare finmalte produkt. På den andre sida er kalkverknaden avhengig av diffusjon av det nøytraliserande stoffet i jorda. Jamn spreiing og innblanding av kalken i jorda er vesentleg for verknaden. Kan ein oppnå jamnare spreiing med granulert enn med mjølfin vare, kan dette ha meir å seie enn ein eventuell skilnad med omsyn til kor snøgt kalken verkar.

VERKNAD AV STIGANDE MENGDER KALK

Kor mykje kalk ein skal tilføre pr. dekar kan vurderast ut frå

1. Endringane i jordreaksjon eller basemetning
2. Verknaden på avlingsmengd og -kvalitet

Som uttrykk for den kjemiske verknaden nyttar ein pH. Då pH-skalaen er logaritmisk er H^+-konsentrasjonen 10 gonger så stor ved pH 5 som ved pH 6. I eit ubufra system, t.d. ved titrering av ei sterk syre, vil pH stige eksponensielt ved basetilsetning. Det trengst såleis 10 gonger meir kalk for å heve pH frå 4,5 til 5,5 enn fra 5,5 til 6,5.

Jord er eit nokså sterkt bufra system, og verkar såleis som ei svak syre. Svært mange granskingar viser at auken i pH ved kalking har vore nokså nær lineær i det aktuelle pH området. Det har gått med omlag like mykje kalk for å heve pH t.d 0,1 eining anten pH har vore 5, 5,5 eller 6. Når ein nærmar seg nøytralpunktet, skal det gjerne til meir kalk for å få ein ytterlegare pH-auke. Det heng saman med at ein ved bruk av dei vanlege Ca-haldige kalkmidla nærmar seg ein likevektstilstand. Ved overskot av $CaCO_3$ i jorda vil pH vere bestemt av CO_2-trykket i jordlufta.

Med støtte i forsøksresultat vert det tilrådd desse mengdene pr. dekar på ulike jordarter:

Leirjord og nydyrka myrjord:	200-400 kg CaO
Sandjord:	150-200 kg CaO

Ved seinare vedlikehaldskalking på myr kan det høve med 100-200 kg CaO pr. dekar.

I innlandet og særleg på leirjord kan ein bruke relativt store mengder pr. dekar og kalke meir sjeldan. I kyststrøk, der utvaskinga er stor, bør ein kalke oftare og med mindre mengder om gongen, særleg på sand- og myrjord.

KALKING OG JORDART

Moldjord har større bufferevne mot endring i pH enn mineraljord.

All røynsle har synt at dyrka plantar greier seg betre ved låg pH på humusjord (organisk jord) enn på mineraljord. Mellom årsakene til dette er:

a) Aluminiuminnhaldet (svært forenkla framstilling)

I sur mineraljord vil det som regel vere store mengder Al^{3+} i jordvæska. Desse ionane verkar uheldig, delvis av di dei bind fosforet i svært tungt tilgjengelege sambindingar. Delvis legg dei seg på rotoverflata og blokkerer i nokon mon næringsopptaket. Kanskje har Al-ionane også uheldig verknad inne i rotcellene.

Ved kalking stig jordreaksjonen og Al^{3+} blir felt som $Al(OH)_3$ eller lagar andre lite skadelege sambindingar. $Al(OH)_3$ er ein amfolytt. Nøytralpunktet (det isoelektriske punktet) for dette ligg ved lågare pH i humusjord enn i mineraljord. Avspaltinga av Al^{3+} tek såleis til ved høgare pH i mineraljord enn i humusjord. Ved same pH vil konsentrasjonen av Al^{3+} vere mykje lågare i torvjord enn i mineraljord.

Liknande forhold som er nemnd for aluminium, gjeld også i nokon mon jarn. Men i askefattig torv, t.d. sphagnumtorv, er totalinnhaldet av både aluminium og jarn ofte svært lågt. Det kan difor tolast litt lågare pH i slik jord samanlikna med mineraljord.

b) Bufferevna

Levande planterøter skil ut sure komponentar. I jord med lita bufferevne vil dette føre til ei betydeleg senking av pH. Humusjord har stor bufferevne. Endå om pH i sjølve jordmassen kan vere lågare enn i mineraljord, kan likevel pH like inntil røtene vere høgare, slik det er vist i dømet nedanfor:

Tabell 4. pH i jordmassen og i rotsona i torvjord og sand- eller siltjord.

	pH i jordmassen	pH i rotsona
Torvjord	5,0	4,8
Sand- eller siltjord	5,5	4,5

Uheldige verknader av for sterk kalking:

Kalking er ofte heilt nødvendig på myr, men sterk kalking kan og vere uheldig. Ujamn spreiing kan føre til at det i lokale parti av jorda blir så store mengder kalk at pH mellombels kan kome over nøytralpunktet.

Eit døme på uheldige verknader av for sterk kalking er opphoping av nitritt (NO_2). Kalking skundar på nedbrytinga av organisk stoff og dermed frigjeringa av ammonium. Blir konsentrasjonen av ammonium eller ammoniakk stor, kan det hemme nitrobacter og dermed omdanninga av NO_2 til NO_3. Dette kan resultere i opphopning av NO_2. Høg konsentrasjon av NO_2 verkar som plantegift.

Ei rask biologisk nedbryting av organisk materiale med vidt C/N-forhold kan føre til stor mikrobiologisk binding av gjødsel-N i tevling med kulturplantane.

Mikrobiell binding kan óg skje med andre plantenæringsstoff, både makro- og mikronæringsstoff. C/P-forholdet er viktig for tilgangen av fosfor til plantene.

C/P i organisk materiale > 300 gir fastlegging av P
C/P i organisk materiale < 200 gir frigjering av P

Dei kritiske verdiane for C/P er om lag 10 gonger større enn for C/N.

I tillegg til mikrobiell binding vil sterk kalking også av kjemiske årsaker føre til at fleire mikronæringsstoff blir tungt tilgjengelege for plantene. Det gjeld B, Mn, Zn , delvis også Cu. For Mo er det motsett, høg pH lettar tilgangen på Mo. Fe står i ei mellomstilling.

Sphagnumtorv med svært låg jordreaksjon er meir utsett for jarnmangel enn torv med noko høgare pH. Dette kan skuldast:

1) Ved låg pH blir rotsystemet dårleg utvikla
2) Ved låg pH blir jarn utfelt som jarnfosfat

pH gir inga god rettleiing om kalkbehovet i torvjord. Ein har difor nytta bestemming av det totale Ca-innhaldet i torva, utrekna som CaO i kg pr. dekar ned til 20 cm djupn, i staden for eller i tillegg til pH ved vurdering av kalkbehovet.

Det er tilrådd å bruke 200-300 kg CaO pr. dekar ved første gongs kalking på myr, og i somme høve kan det vere rett å bruke større mengder. Mengdene må rette seg etter innblandingsdjupn og omdanningsgrad.

Kalken blir etter måten sterkt bunden til organisk materiale, så det er heller lita utvasking av kalk frå torvjord. Tidligare rekna ein med at det kunne gå 10-14 år til neste kalking. Auka bruk av ammoniumhaldig gjødsel fører til auka kalkbehov og til at det bør kalkast oftare. Kalkbehovet er elles avhengig av dei vekstane ein dyrkar.

Tapet av basar, f.eks utvasking av Ca og HCO_3^{-1} fra område med høg pH kan vere betydeleg den første tida etter kalking. Vidare aukar kalking omsetning og produksjon av karbondioksid. Nitrifiseringa aukar også, og dette tærer på kalktilstanden.

OVERFLATESPREIING

Ved dyrking av langvarig eng er det aktuelt å spreie kalken på overflata av enga. Forsøk på Vestlandet viste ein nokså sterk pH-stigning i sjiktet 0-5 cm etter nokre år, medan endringane var etter måten små i sjikt 5-20 cm. I det nedre sjiktet auka elles utslaga i pH frå 1. til 3. år. I djupare lag var pH lite påverka. Det tyder ikkje på at kalsium vert vaska nedover. For å få ein pH-auke må det samstundes gå føre seg transport av anionar nedover som har evne til å binde proton.

Verknaden av stigande kalkmengder på avlingsstorleik varierer mykje alt etter kalktilstanden i jorda før kalking. Verknaden er særleg stor for første kalkdose og avtek for større mengder. Avlingskurvene er, i motsetning til pH-kurvene, tydeleg krumme. Mange forsøksresultat frå kalking av eng syner ein negativ verknad i kalkingsåret, med store positive utslag dei følgjande åra. Dersom grasdekket er bra, er det truleg liten grunn til å pløye om enga berre for å få molda ned den kalken ein må tilføre.

MENGDER

I fleirårige forsøk i Solør var det lite å vinne i kornavling for mengder utover 200 kg kalksteinsmjøl pr. dekar. På nydyrka jord der pH berre var 4,6 i middel, var det derimot aukande kornavling for ei kalkmengde på 1000 kg pr. dekar. Det er elles større utslag for kalkmengder utover 300 kg pr. dekar på leirjord enn på sandjord. Dette kan skuldast at kalken har verka positivt på jordstrukturen på leirjord.

KALKVERKNAD TIL ULIKE VEKSTAR

Det vert ofte oppgitt optimalverdiar av pH for dei ulike vekstane. Grunnlaget for dette er heller usikkert, då pH ikkje gir noko eintydig uttrykk for kalktilstanden. Vekstane ein dyrkar har ulike krav til kalktilstand. Til dei mest kravfulle reknar ein toradsbygg, betar og luserne. Poteter, havre og rug reknar ein til dei minst kravfulle artane. Til nokre korsblomstra vekstar kalkar ein ofte sterkt for å motverke klumprot-åtak, sjølv om desse vekstane ikkje stiller store krav til kalktilstanden. Ved potetdyrking, ikkje minst av tidlegpotet, må ein unngå kalking då dette aukar skurvplaga.

I distrikt med mykje langvarig eng kan ein med godt resultat kalke på overflata av enga. Der ein pløyer om og dyrkar rotvekstar eller grønnfôrvekstar eitt år i omløpet kalkar ein det året. Ein vil då kunne få to år med jordarbeiding før neste engperiode og såleis oppnå ei god innblanding av kalken i jorda.

Ved einsidig openåkerdrift står ein friare, men det bør gå ei tid mellom kalking og dyrking av poteter. Størst utbytte av kalkinga får ein ved å dyrke bygg dei følgjande åra.

SPREIETIDSPUNKT

Mange kalkar om hausten, då det ofte er best tid til det. Dersom jordet skal haustpløyast, kan ein kalke før pløying. Ein må då passe på at kalken ikkje blir ujamt fordelt og kjem for djupt. Ei ekstra harving etter kalking, t.d. stubbharving av kornåker, bør kunne gi betre innblanding før ein pløyer kalken ned. Etter pløying er det vanskelegare å spreie kalken, og ofte kan det vere knapt med tid. På sterkt sur jord, t.d. ved nydyrking, vert det tilrådd å kalke to gonger, "på begge sider av plogvelta".

Vinterspreiing av kalk med spreiebilar frå kalkfirma er vanleg mange stader. Det er ein fordel å kunne køyre med slikt tungt utstyr på frosen mark. Ulempa er auka risiko for avrenning med overflatevatn. Kalkmjøl spreidd på snøen er effektiv til på skunde på smelting av is og snø. Særleg mørkfarga kalkslag, t.d. ODDA KALK, er mykje nytta som "åte" på snøen i mange distrikt.

KALK OG HUSDYRGJØDSEL

Det vert gjerne fråråddd å blande kalk og husdyrgjødsel. Dette gjeld mest for brent eller leska kalk som kan gi stor pH-auke og ammoniakktap frå husdyrgjødsla. Kalksteinsmjøl ($CaCO_3$) gir pH-verdiar litt over 8 ved vanleg CO_2-trykk. I blautgjødsel er pH oftast mellom 7,0 og 7,5, og her vil kalkinnblanding kunne auke ammoniakk-tapet. I fleire husdyrgjødselslag er pH i kring 8,0 og her vil kalkinnblandinga ha lite å seie.

KJEMISKE ANALYSER TIL RETTLEIING OM GJØDSLING

INNHOLD

	Side
Jordanalyser	3
Ekstraksjon av plantenæringsstoffer	3
Ekstraksjonsmidler	4
Nitrogen	5
Fosfor	5
Kalium	7
Lettløselig kalium	7
Syreløslig kalium	7
Mengder av kalium som ekstraheres med ulike metoder	8
Kalsium og magnesium	8
Svovel	8
Mikronæringsstoffer	9
Mål på jordas klakbehov	9
pH	9
Ombyttbart Ca	10
Basemetningsgrad	10
Uttak av jordprøver	11
Tidspunkt for uttak	11
Uttaksmåte	11
Avmerking av prøvested på kart	12
Jordprøver for gjødslingsplanlegging	12
Jordprøver som hjelpemiddel til å oppklare vekstproblem	13
Sammenheng mellom jordanalyser og forsøksresultater	14
Planteanalyser	15
Bruksområde for planteanalyser	15
Grunner til å bestemme næringsinnhold i plantene	15
Faktorer som påvirker innholdet av mineraler og N	15
Svakheter ved planteanalyser	16

KJEMISKE JORDANALYSER TIL RETTLEIING OM GJØDSLING

Ved hjelp av kjemiske jordanalyser søker en å få et mål for næringstilstanden i jorda. Den informasjonen dette gir benytter en sammen med annen informasjon om jord, klima og vekstforhold på stedet til å gi råd om hvilke gjødselslag oggjødselmengder som bør brukes.

Det var Liebig som fikk ideen til å analysere jorda kjemisk for å finne ut hvilke næringsstoffer som det var lite av og som en måtte tilføre for å oppnå tilfredsstillende avlinger. I løpet av de over 100 årene som er gått er det gjort en rekke framskritt mht. analyseteknikk. Samtidig er det blitt klart at det ikke lar seg gjøre å ekstrahere nøyaktig den mengde eller fraksjon av næringsinnholdet i jorda som plantene kan nyttiggjøre seg i løpet av en eller flere vekstsesonger.

Det er bare en liten del av totalinnholdet av et næringsstoff i jord som har betydning for plantenes næringsforsyning. Størstedelen av f.eks hovednæringsstoffene N, P og K i jorda er ikke tilgjengelig for plantene. Analyser av totalinnhold av de enkelte stoffer sier derfor lite og ingenting om tilgjengeligheten. Analysemetodene tar derfor sikte på å ekstrahere bare en mindre del av totalinnholdet.

EKSTRAKSJON AV PLANTENÆRINGSSTOFFER.

Planterøttene trenger igjennom et visst volum jord. Avhengig av moldinnholdet kan volumvekta i kg lufttørr jord pr. liter variere fra 0,2 i myrjord til 1,5 kg/l for moldfattig sandjord. Tallene må da korrigeres.

Ekstraksjonsmidler

En rekke ekstraksjonsmidler benyttes, og dette varierer fra land til land, avhengig av klima, jordtype og vekster. En rekke ekstraksjonsmidler har vært og er i bruk, fra relativt konsentrerte oppløsninger av uorganiske syrer til destillert vann. Det er prøvd forskjellige organiske og uorganiske syrer, salter og blandinger av syrer og salter med god buffervirknig mot pH-endringer.En stor del av metodene som brukes i dag ble utviklet i 1940-50-årene.

I Norge og Sverige brukes AL-metoden til å bestemme plantetilgjengelig P, K, Ca og Mg. Som ekstraksjonsvæske benyttes 0,4 M mhp. eddiksyre og 0,1 M mhp. ammoniumlaktat. Ekstraksjonsvæsken har pH 3,75.

En prøver å finne fram til ekstraksjonsmidler som kan ekstrahere flest mulig plantetilgjengelige stoffer, både makro- og mikronæringsstoffer.

De viktigste analysemetodene som benyttes er flammefotometri, titrering, atomabsorpsjon, spektrofotometri, potensiometri med bruk av selektive elektroder, og plasmaemisjon (ICP).
Det har skjedd en betydelig utvikling mht. analyseinstrumenter.

Ved å bestemme titrerbar aciditet får en et uttrykk for basemetningsgraden. Jord fungerer som en negativt ladet ionebytter med en bindingskapasitet T, i me/100 g jord. De adsorberte kationene består av titrerbare hydrogenioner (titrerbar aciditet) og metallkationer. Mengden utbyttbare metallkationer betegnes S i me/100g. Basemetningsgrad i prosent er S/T*100. En basemetningsgrad på 60-70 prosent regnes å være gunstig. Kationombyttingskapasiteten bestemmes av innholdet av leir og organisk materiale i jorda.

NITROGEN

N i kompliserte organiske forbindelser utgjør 97-99% av N i jorda. Totalinnholdet er fra 0,02% i undergrunnsjord til 3% i moldjord.

Ved mineraliseringen av organisk nitrogen dannes ammonium, som igjen nitrifiseres eller oksideres til nitrat. Leirmineraler fikserer NH_4-ioner interlaminært.

Frigjøring av plantetilgjengelig N varierer med temperatur, fuktighet, jordtype, utvaskingstap, fordamping og denitrifikasjon.

Ved N-analyser må prøvene analyseres like etter uttak, evt fryses. Lettløselig N bestemmes med 2 M KCl som ekstraksjonsmiddel.

FOSFOR

Det totale P-innhold i dyrka jord er 200-1000 mg P/kg, og det er sjelden mer enn 2000 mg. Organisk P finnes i inositolfosfater, fosfolipider og nukleinsyrer. P i organiske forbindelser utgjør 40-60% av totalinnhold av P i jord.

Jord har stor bufferevne moT endringer i P-innholdet.

Uorganisk P forekommer som tungt løselige salt, vesentlig med Al^{3+}, Fe^{3+} og Ca^{2+}. Videre forekommer det som fosfater adsorbert til overflaten av jordpartikler. Al og Fe-fosfatene er mest stabile ved lav pH og kalsiumfosfatene ved høy pH. Uorganisk P stammer fra apatitt (Ca5(PO4)3(OH,F,Cl), og beslektede mineraler som er meget tungtoppløselige.

Konsentrasjonen av P løst i jordvæska utgjør ca. 1 mg pr. liter, og dette utgjør 0.01-0.1 kg P pr. daa. Plantenes behov ligger i området 1,5-3 kg pr. dekar.

Ved pH 6 foreligger 90% av fosforet som $H_2PO_4^-$ og 10% som HPO_4^{--}. Ved pH 8 er forholdet det omvendte. Da Fe- og Al-fosfater er stabile i sur jord og Ca-fosfater er stabile i alkalisk jord, er pH-området 6-7 det gunstigste for oppløseligheten.

Oppløseligheten øker med stigende humusinnhold. Organiske anioner konkurrerer med fosfationene om bindingsposisjoner på jordpartiklene. Komplekse anioner danner kjelater med aluminium, jern og kalsium og reduserer disse kationenes evne til å felle fosfat.

Leirpartikler har stor evne til å binde fosfater og til å fornye fosfatkonsentrasjonen i jordvæska. Leirjord krever derfor noe sterkere fosforgjødsling enn andre jordtyper.

AL-metoden passer ikke for alkalisk jord, fordi det ekstraheres for mye P ved høy pH.

I noen land benyttes ekstraksjon av P ved hjelp av Bray I metoden. Ekstraksjonsvæsken er 0,03 M NH_4F og 0,1 M HCL

Bestemmelse av organisk P utføres ved å ekstrahere jorda med saltsyre før og etter glødning. Ved glødning forandres organisk P til uorganiske fosfater. Organisk P blir forskjellen i analyseresultatene før og etter gløding.

Inntil 1960 ble laktatmetoden benyttet for bestemmelse av lettløselig P i jorda, en metode utviklet av Egnér. Omfattende norske undersøkelser viser at det er god korrelasjon mellom analyseresultatene etter laktat-metoden og AL-metoden.

For fosfor er det ikke bare styrken av syre eller salt som har betydning, men også om ekstraksjonsløsningen inneholder stoffer som har evne til å danne kompleksforbindelser med jern og aluminium, som ellers kan binde fosfationene.

Fosfor kan også ekstraheres fra jord med alkaliske ekstraksjonsløsninger, f.eks natriumbikarbonat. Metoden egner seg på jord med høy pH.

KALIUM

Kalium i jorda kan deles i tre grupper etter tilgjengelighet. Den lett tilgjengelige delen består av utbyttbart og vannoppløselig K. Denne delen ekstraheres med en saltløsning eller en svak syre. Langsomt tilgjengelig K er K-ioner som er gått inn mellom gittersjiktene i primære (muskovitt, biotitt, flogopitt) og sekundære glimmermineraler (leirmineraler, illitt). Tungt tilgjengelig kalium utgjøres av gitterbundet (feltspat). Dette kan frigjøres på lang sikt.

Lettløselig kalium

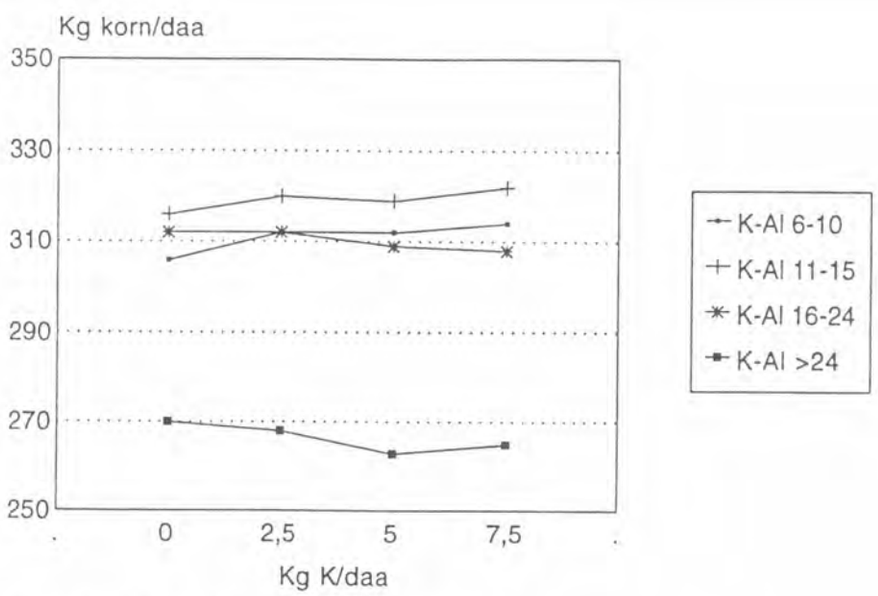
Ekstraksjonsmidler for K er 1 M NH_4-acetat og andre nøytralsalt, ulike bufferløsninger og fortynnede syrer, I Norge benyttes AL-løsning, dvs. 0,1 M ammoniumlaktat og 0,4 M eddiksyre pr. liter

Tidligere benyttet en laktatmetoden for bestemmelse av M-tall, etter Egnér. K-AL tallene ligger 5-15% lavere enn M-tallene. Forskjellen blir mindre når leirinnholdet i jorda øker.

Syreløselig kalium (K-HNO_3).

Ved bestemmelse av syreløselig kalsium kokes jordprøvene i HNO_3 eller i 1 M HCL. K i jordekstraktene bestemmes ved flammefotometri, atomadsorpsjon eller ICP. Det benyttes selektive elektroder.

6 Gjødsling til korn



Figur 2. Kaliumeffekt i korn ved ulike K-Al tall
Forsøkene er utført i perioden 1964-69 (Uhlen 1975)

Tabell 1 viser resultat fra en forsøksserie med ulike gjødselslag til korn. Det ble brukt to mengder nitrogengjødsel, 5 og 10 kg pr. daa på Nord-Østlandet og 8 og 13 kg pr. daa på Sør-Østlandet. Mengdene med fosfor og kalium ble variert med ulike gjødseltyper slik at en ikke kan skille ut fosfor- og kaliumeffektene. Utslagene for økt fosfor- og kaliumgjødsling var klart større ved økende nitrogengjødsling. Forsøkene var flerårige og avlingsutslagene økte i tredje og fjerde forsøksår.

Tabell 1. Avlinger og meravlinger av ulike gjødselslag til korn, middel av 26 forsøk 1976-84 (Stabbetorp 1987).

	Kg korn pr. daa					Vann %
	1.år	2.år	3.år	4.år	middel	middel
Svak gjødsling						
Kalksalpeter	430	447	403	403	423	19,5
25-3-6	- 6	- 3	+ 2	+12	+ 1	-0,3
20-5-9	- 7	- 1	+ 8	+16	+ 4	-0,5
16-7-12	- 6	- 6	+13	+14	+ 4	-0,7
Sterk gjødsling						
Kalksalpeter	499	485	438	449	460	20,9
25-3-6	+14	- 1	+12	+24	+12	-0,9
20-5-9	+19	+ 2	+15	+36	+17	-1,1
16-7-12	+27	+10	+15	+40	+22	-1,2

Stabbetorp (1987) antar at avlingsøkningen for Fullgjødsel® 25-3-6 i forhold til kalksalpeter er en kombinert fosfor og kaliumeffekt, og at videre avlingsøkning for Fullgjødsel® 20-5-9 og Fullgjødsel® 16-7-12 er en fosforeffekt. Dersom en følger Stabbetorps resonnement kan en beregne avlingsøkningen pr. kg tilført fosfor.

Tabell 2. Avlingsøkning pr. dose tilført fosfor.

	Svak gjødsling		Sterk gjødsling	
	Kg korn pr. daa	Meravling pr. kg P	Kg korn pr. daa	Meravling pr. kg P
25-3- 6	424		472	
20-5- 9	427	+ 3	477	+ 5
16-7-12	427	+ 2,1	482	+ 3,6

Fosformangel forsinker modninga. Det samme gjør nitrogengjødsling, ammonium mer enn nitrat. I den foran refererte forsøksserien med ulike gjødselslag til korn modnet planter gjødsla med kalksalpeter seinere enn de som ble gjødsla med Fullgjødsel®, selv om nitrogenet i kalksalpeter finnes som nitrat, mens Fullgjødsel® inneholder omlag femti prosent ammonium. Det ser ut til at god fosfortilgang har veid opp for tilførselen av nitrogen som ammonium.

SVOVEL

I de seinere år har det blitt påvist noe svovelmangel i korn, særlig i Trøndelag. Svovelmangel ligner nitrogenmangel med bleike planter, men i motsetning til ved nitrogenmangel sees symtomene først på de yngste bladene. I 1991 ble det startet en forsøksserie med svovelgjødsling til korn. Feltene ble lagt på arealer der en kunne forvente mangel. Avlingsutslagene har variert, men på de fleste feltene har det vært nok å tilføre 1,5 kg svovel pr. daa. for å hindre mangel. Enkelte felt viste positive avlingsutslag opp til 4,5 kg svovel pr. daa.

I tillegg til redusert avling vil svovelmangel utsette modninga. Svovelmangel vil også påvirke aminosyresammensetningen. Dette gir et protein med redusert ernæringsverdi og melet får dårligere bakeegenskaper.

MAGNESIUM

Magnesium er det sentrale atomet i klorofyllmolekylet. Det har også viktige funksjoner i energiforsyninga i planten og går inn i reaksjoner der adenosintrifosfat (ATP) inngår. Magnesiummangel viser seg i korn som mørkegrønne flekker mot en bleikgrønn bunn-farge på de eldre bladene. Flekkene danner ofte sikksakkformede mønstre på tvers av bladene. Ved sterkere mangel gulner bladene fra spissen.

Jordanalyseverdiene for magnesium (Mg-AL) bør være over 3-4 til korn. Alle fullgjødselslag fra Norsk Hydro inneholder noe magnesium som skal dekke vedlikeholdsbehovet. Kalking med dolomitt er den rimeligste måten å tilføre magnesium på når det er behov for å heve pH. Kieseritt, magnesiumsulfat og kalimagnesia kan spres før såing. Dersom det påvises mangel tidlig i sesongen kan magnesiumsulfat eller Magtrel nyttes som bladgjødsel.

KOBBER

Kobber bindes sterkt til organisk materiale i jorda. Torvjord er ofte utsatt for mangel både på grunn av lavt totalinnhold og sterk binding til organisk materiale. Humusrik sand og silt er mer utsatt for mangel enn humusfattig. Leirjord har som regel tilfredsstillende kobberinnhold. Kobbermangel viser seg noe ut i veksttida, gjerne fram mot skyting. Den øvre delen av de yngre bladene gulner fra kanten og kantene ruller seg sammen på langs. Kobbermangel kalles "gul-spiss-sjuke" fordi den øvre delen av bladet etterhvert danner en gulhvit tråd som knekker og henger slapt ned fra den grønne delen av bladet.

Jordanalyseverdiene for kobber bør være over 1,0 enhet. Fullgjødsel® 15-4-12 og NPK mikro 6-7-21 + Mg inneholder kobber. Dette er forholdsvis dyre gjødselslag som bare bør brukes til korn der det erfaringsmessig blir kobbermangel. Bladgjødsling med kobbersulfat, kobberoksyklorid eller Coptrel kan være effektivt dersom det blir utført tidlig.

MANGAN

Manganmangel skyldes sjelden at det er for lite mangan i jorda, men at manganet ikke er i plantetilgjengelig form. Mangan tas opp som toverdige ioner. Høy pH og stor luftveksling kan føre til oksidasjon av mangan og dermed mangel.

Manganmangel kan rettes med bladgjødsling med mangansulfat eller Mantrac. Dette må da foretas med en gang mangel oppdages, ofte i buskinga. Ved sterk mangel må behandlingen gjentas etter 14 dager. Der mangelen skyldes for høy pH vil det ofte være nødvendig med årlig bladgjødlsing.

Senking av pH med surtvirkende gjødselslag kan redusere problemene med manganmangel. Fullgjødselslagene og kalkammonsalpeter virker surt, men det tar forholdsvis lang tid å senke pH. Gjødsling med ammoniumsulfat ville virke raskere, men dette er ikke vanlig tilgjengelig som gjødsel i Norge. Elementært svovel kan også nyttes, men dette blir en dyr metode.

Redusert luftveksling hemmer oksidasjon av toverdig mangan. God tromling er derfor et middel til å redusere manganmangel.

SINK

Sink blir tatt opp som Zn^{2+}. Sink blir nokså sterkt bundet i plantene og omplassering fra eldre til yngre blad går seint. Sink bindes sterkt i jorda ved høy pH. Mangel finnes oftest når pH er over 6,7.

Sinkmangel fører ofte til klorose mellom bladnærvene. Strekningsveksten blir redusert og bladene blir små og stive. Sinkmangel i bygg kan gi bladflekker som kan forveksles med grå øyeflekk.

Sinkmangel kan rettes ved gjødsling med sinksulfat eller bladgjødsling med sinksulfat eller Zintrac.

BOR

Bor har snevre grenser mellom mangel og forgiftning. Ettfrøbladede planter har generelt mindre behov for bor enn tofrøbladede. Ekstra borgjødsling til borkrevende forgrøder kan være nok til å gi borforgiftning i korn, særlig er bygg utsatt.

Kalking kan til en viss grad redusere skadevirkningene av for stor bortilførsel. Det fører imidlertid til at utvaskinga går seinere og boroverskuddet holder seg lengre i jorda.

HUSDYRGJØDSEL TIL KORN

Det knytter seg mange usikkerhetsfaktorer til bruk av husdyrgjødsel i kornåker. Husdyrgjødsla har ulikt innhold av næringsstoff avhengig av dyreslag, fôring og lagringsforhold. All næring i gjødsla er ikke tilgjengelig for plantene på kort sikt. Noe er så sterkt bundet at det ikke blir frigjort samme år som det blir spredd.

Nitrogen er det næringsstoffet som er mest utsatt for tap og som gir den største usikkerheten ved beregning av virkningsgrad. Det er avgjørende å vite hvor stor virkningsgrad en kan forvente av en gitt husdyrgjødselmengde for å kunne supplere med handelsgjødsel.

Forsøk har vist at halvparten eller mindre av nitrogenet blir tilgjengelig for plantene. Mange forsøk har vist at nitrogentapet er størst rett etter spredning. 95 % av ammoniumnitrogenet kan tapes i løpet av to døgn under ugunstige forhold. Rask nedmolding reduserer tapene vesentlig.

Tapet varierer med spredeutstyr, men forsøk har vist at variasjonene er små. Tapene har økt med tida gjødsla er i lufta. Spredning med spredekanon ga det største tapet, fanespreder med strålen vendt nedover ga det minste tapet, og en spreder med spredeplate kom i en mellomstilling. Utlegging med slepende slanger var ikke med i denne undersøkelsen, men det er rimelig å anta at tapet etter denne metoden vil bli mindre enn for de andre metodene.

I perioden 1992 til 1994 gikk det en forsøksserie der breispredning av husdyrgjødsel ble sammenliknet med stripespredning i høstkorn om våren. Nitrogeninnholdet ble målt med Agros-nitrogenmåler og mineralgjødsla ble gitt etter dette. Feltene ble ikke gjødslet ved skyting.

Tabell 3 Høstkornavling ved ulike spredemetoder av husdyrgjødsel (Holmsen 1995)

	Korn kg/daa	Vann %	Protein %
Breispredd	626	19,6	10,7
Stripespredd	639	18,8	11,1
Mineralgjødsel	621	19,3	11,1

Ammonium-N i husdyrgjødsla (målt med Agros-måler) hadde i forsøkene like god virkning på avling og proteininnhold som tilsvarende mengde nitrogen i mineralgjødsel. Avlingene ble høyere etter stripespredning enn etter breigjødsling, men resultatene viser at også breigjødsling kan være aktuelt til høsthvete om våren. Husdyrgjødsla bør sprees når veksten er kommet godt i gang om våren.

Det finnes utstyr for nedfelling av husdyrgjødsel, men dette utstyret er dyrt og har forholdsvis liten kapasitet. For å sikre rask nedmolding vil det være mer aktuelt å bruke to traktorer, en til å spre og en til å harve/pløye.

En bør bruke forholdsvis små mengder med husdyrgjødsel til korn. Det vil si opp til 2-3 tonn blaut storfegjødsel pr. daa. Dette vil i de fleste tilfeller sikre tilgangen på fosfor og kalium slik at det bare blir nødvendig å supplere med nitrogen.

For å vurdere hvor mye nitrogen en skal supplere med kan en gå ut i fra normtabeller for innhold av ulike næringsstoff i husdyrgjødsel. Tabellverdiene bygger på et stort antall analyser, men de reelle verdiene varierer sterkt. Tabellverdiene bør justeres etter tørrstoffinnholdet i gjødsla. Tørrstoffinnholdet kan enkelt måles med flytevekt.

Det er en stor fordel å analysere nitrogeninnholdet. Det finnes enkelt og rimelig måleutstyr (Agros-måler) som har vist god sammenheng med laboratorieanalyser for innhold av ammoniumnitrogen. Innholdet av ammoniumnitrogen tilsvarer omlag det nitrogenet som er nyttbart for plantene den første vekstsesongen.

For å ta vare på næringsstoffene og redusere faren for tap ved utvasking bør husdyrgjødsla brukes i vekstida. Den bør spres før såing og harves eller pløyes inn i jorda. Rask og god innblanding er avgjørende for å få en sikker nitrogenvirkning. Danske forsøk har vist at en kan få god virkning av husdyrgjødsel spredd med slepende slanger i buskinga til høstkorn.

Det bør ikke brukes husdyrgjødsel før såing av høstkorn. Høstkornet trenger rask tilgang på næring på grunn av den korte veksttida om høsten. Det er også fare for tap av næring ved utvasking når næringa blir frigjort utover høsten uten å bli tatt opp av plantene.

GJØDSLINGSSTRATEGI

Vårkorn

Tidligere har det vært vanlig å gi all gjødsel til vårkorn sammen med såinga. Fra 1989 ble det innført betaling etter proteininnhold i hvete, og delt gjødsling slo igjennom. Bygg og havre blir ikke avregnet etter proteininnhold, og det er derfor ikke lønnsomt i vanlig produksjon å delgjødsle disse kornslagene.

Det er vanlig å regne at bygg, havre og hvete har omlag samme krav til fosfor- og kaliumgjødsling, 1,5-3 kg fosfor og 3-6 kg kalium pr. daa avhengig av jordart og næringstilstand.

Halmen er rik på kalium. Dersom halmen blir ført bort må kaliumgjødslinga økes med 2-3 kg pr. daa, særlig på lett jord med lavt kaliuminnhold. En regner ikke med vesentlige tap av kalium ved halmbrenning.

Nitrogenbehovet er ulikt for de tre kornartene. Hvete er den mest krevende, mens havre klarer seg med minst. Behovet kan settes til 6-10 kg for havre, 8-12 kg for bygg og 10-16 kg for vårhvete. Mengden må tilpasses sort, klima, forgrøde og jordart. Størst mengde brukes i de beste strøk på jord i ensidig kornomløp.

Den optimale nitrogenmengden er blitt beregna i danske byggforsøk. Optimal nitrogenmengde varierer fra 8,7 kg pr. daa i 1992 til 14,4 kg pr. daa i 1995. Det ligger fra 6 til 33 felt bak beregningene for hvert år.

Figur 3

Nitrogengjødslinga må tilpasses såtida, økes ved tidlig såing og reduseres ved utsatt såing. Det er vanlig å redusere eller øke gjødslinga med 1 kg nitrogen for hver uke såtida endres i forhold til "normal" såtid. Mengdene bør ikke varieres mer enn 1-2 kg opp eller ned.

Delt gjødsling

Med delt gjødsling mener en at nitrogengjødsla fordeles på to eller flere gjødslinger i vekstsesongen. Alt fosfor og kalium og 70-80% av nitrogenet tilføres samtidig med såing om våren. Det resterende nitrogent tilføres ved skyting. I høsthvete kan det være aktuelt å tilføre noe nitrogen allerede ved begynnende strekning.

To eller flere gangers gjødsling bør praktiseres i mathveteproduksjonen og kan være aktuelt til bygg og havre dersom disse avlingene skal brukes til egen fôrproduksjon.

Positive effekter av delt gjødsling:

- Økt proteininnhold
- Redusert fare for legde
- Gjødsling som er bedre tilpasset kornets vekstrytme og værforholdene
- Redusert fare for utvasking
- Økt avling
- Gjødselsortimentet er bedre tilpasset delt gjødsling

Negative effekter av delt gjødsling

- Nedkjøring av avling
- Mer arbeid
- Flere gjødselslag

På 1960 og -70 tallet ble det undersøkt om gjødslinga burde deles til hvete. Konklusjonen den gangen var at det var lite å hente avlingsmessig, og at det ikke var økonomisk lønnsomt. Det ble brukt mindre yterike sorter, mindre gjødsel og gjødslinga i vekstsesongen ble utført i buskinga.

I løpet av 1980 åra ble det utført en rekke forsøk med delt gjødsling til vårhvete. I middel viste forsøkene en avlingsøkning på 10-12 kg korn og en heving av proteininnholdet med 0,5 % for en deling med 10-12 kg nitrogen pr. daa om våren og 3-4 kg ved skyting. I forsøkene har delgjødslinga blitt utført i alle år selv om det ved skyting ble vurdert å være for tørt til at en kunne vente utslag. Det har vært større positive utslag i de årene der det ble vurdert å være behov for delgjødsling ved skyting.

Delt gjødsling reduserer faren for legde. Den vegetative veksten blir sterkt påvirket av nitrogentilgangen om våren. Ved skyting blir det meste av nitrogenet lagret i kornet som protein, og ikke brukt til å øke den vegetative veksten.

Ved å dele gjødslinga har en mulighet til å tilpasse gjødslinga etter vekstforholdene det enkelte år. I tørre år vil det være riktig å redusere eller utelate gjødslinga ved skyting. I år hvor det har vært store nedbørmengder med fare for utvasking kan det være riktig å øke mengdene med nitrogen ved skyting og å foreta gjødslinga noe tidligere. I "normale" år vil det være riktig å tilføre den mengden nitrogen som en reduserte vårgjødslinga med. Dersom delgjødsling praktiseres etter disse retningslinjene vil faren for utvasking bli redusert i forhold til å gi alt om våren.

Delt gjødsling gir en ekstra kjøring i åkeren og mer arbeid. En må regne med å kjøre ned mellom 10 og 20 kg korn pr. daa, avhengig av spredeutstyr og hjulutrustning. I hvetedyrkinga er det vanlig at en må sprøyte mot sopp og/eller insekter. Det vil derfor ikke være riktig å belaste hele tapet ved nedkjørt avling på delgjødslinga.

Delt gjødsling kan føre til at en må ha et ekstra gjødselslag. Det er mange som ser på dette som en ulempe. Ved å vente til etter 1. juli med innkjøp av gjødsla som skal brukes til delgjødslinga kan en redusere kostnadene på grunn av terminprisingen og kort bindingstid av kapital.

Sommergjødslinga bør utføres ved skyting. Forsøkene har vist god effekt fra 14 dager før til 14 dager etter begynnende skyting. Virkningen på avling blir størst ved tidlig gjødsling, mens utslaget på proteininnhold er vel så stort ved sein gjødsling.

Kalksalpeter og kalkammonsalpeter har gitt omlag samme utslag ved delgjødsling. Det anbefales likevel å bruke kalksalpeter, fordi alt nitrogenet der finnes som nitrat og kan gi noe raskere og sikrere virkning.

Bladgjødsling med urea er en annen mulighet. Det er imidlertid stor fare for å få sviskader dersom en bruker for store mengder urea. Det bør ikke brukes mer enn 3 kg urea pr. daa, det vil si 1,5 kg nitrogen pr. sprøyting. Det må gå ei uke mellom sprøytingene om faren for sviskader skal bli redusert. Det bør ikke brukes sterkere konsentrasjon enn 10 %. Dette tilsvarer 3 kg urea i 30 liter vann pr. daa.

Delt gjødsling har også vært prøvd i bygg og havre. Utslagene er omlag de samme som i hvete.

Det er i hovedsak merbetaling for økt proteininnhold som betaler for merkostnadene ved delt gjødsling i hvete. Effekten blir størst der en klarer å heve nivået fra fôrkorn til matkorn. Bygg og havre betales ikke etter proteininnhold, og det er derfor lite lønnsomt med delt gjødsling. Dersom kornet brukes til produksjon av eget fôr kan en dra fordel av høyere proteininnhold, men lønnsomheten er usikker med lave priser på proteinkraftfôr.

Det kan også være aktuelt å dele gjødslinga til bygg og havre på lett sandjord med fare for næringstap tidlig i vekstsesongen.

Høsthvete

Høsthvete er en krevende vekst med høyt avlingspotensiale. I høsthvete vil det alltid være nødvendig med delt gjødsling for å tilpasse gjødslinga etter vekstforholdene, sikre høyt nok proteininnhold og redusere faren for legde.

Høstgjødsling

Høsthveten kan ha behov for nitrogen, fosfor og kalium om høsten. Høstgjødsling bør likevel bare nyttes på jord i mindre god hevd og/eller etter korn som forgrøde. På jord i god hevd og med bedre forgrøder enn korn er høstgjødsling mindre aktuelt. Effekten av høstgjødsling er best ved tidlig såing.

Høstgjødsling med 1-3 kg nitrogen pr. daa med fosfor- og kaliumrik Fullgjødsel® vil ofte være tilstrekkelig. Plantene må bli så store at de har opplagsreserver til å klare vinteren, men dette bør reguleres med såtida. For sterk gjødsling med nitrogen om høsten kan gi planter som er lite vinterherdige.

Tidlig vårgjødsling

I Sør-Sverige og lenger sør i Europa der de har lang vår er det vanlig å vurdere en svært tidlig vårgjødsling. Ut fra bestandsbedømmelse om våren blir det gitt en meget tidlig gjødsling med 2-4 kg nitrogen pr. daa. Denne gjødslinga skal fremme busking og sikre tilstrekkelig antall aksbærende strå pr. arealenhet. Der overvintringa har vært dårligst blir det gitt mest nitrogen.

I Norge er våren kort og en er henvist til å bruke sorter med god overvintringsevne. Den tidlige vårgjødslinga kan føre til tap av nitrogen ved avrenning. Svært tidlig gjødsling kan også stimulere den vegetative veksten så sterkt at faren for legde øker. Svært tidlig vårgjødsling bør bare unntaksvis nyttes i de beste områder av landet.

Vårgjødsling

Hovedgjødslinga bør foretas når åkeren er blitt kjørbar, men før det blir for tørt. I de viktigste høsthveteområdene har en ofte forsommertørke. En må derfor sikre tilstrekkelig tilgang på næring fra våren av mens det ennå er fuktighet til stede.

Vårgjødslinga må avpasses etter jordart, sort og forventet avling. Økt vårgjødsling har i en del forsøk økt både avlingene og proteininnholdet, men det øker også faren for legde. Legde gir utsatt høsting, vanskeligere treskeforhold og økt fare for groing i akset og redusert falltall.

Vårgjødslinga bør ligge på 8-11 kg nitrogen pr. daa. Hvis det bare skal nyttes en gjødsling seinere i vekstsesongen kan det vurderes å heve vårgjødslinga noe.

Valg av fullgjødseltype avpasses etter jordart og næringstilstand. Det er lite aktuelt å dele tilførselen av fosfor og kalium. Det bør derfor nyttes en fosfor- og kaliumrik Fullgjødsel® om våren der det ikke ble gjødsla med fosfor og kalium om høsten.

Gjødsling ved begynnende strekning

Første delgjødslinga i vekstsesongen bør vurderes når buskinga er ferdig og strekningsveksten har begynt. Mengden nitrogen som skal gis avpasses etter vekstforholdene. Dersom det er svært tørt bør denne gjødslinga sløyfes. I "normale" vekstår vil en tilførsel på 3-4 kg nitrogen pr. daa være aktuell hvis en vil bruke to delgjødslinger i vekstsesongen. Dersom en har valgt å bruke én delgjødsling bør den foretas ved skyting.

Der det til vanlig er god tilgang på fuktighet eller en har mulighet til å vanne, kan en vurdere å redusere vårgjødslinga og heller øke gjødslinga ved begynnede strekning noe. En vil da kunne få redusert faren for legde uten at dette går på bekostning av avlinga.

I forsøkene har kalksalpeter og kalkammonsalpeter hatt omlag samme virkning. Kalksalpeter blir raskere tatt opp og er lettere tilgjengelig hvis fuktighet er den begrensende faktor.

Gjødsling ved skyting

Andre delgjødsling i vekstsesongen vil ha mindre betydning for avlinga enn første delgjødsling. Den har derimot stor betydning for proteininnholdet og kan betraktes som en proteingjødsling. Det vil sjelden være riktig å tilføre mer enn 2-3 kg nitrogen pr. daa ved annen delgjødsling.

Annen delgjødsling kan foretas med kalksalpeter ved skyting eller som ureasprøyting 1-2 uker seinere. Urea kan tas opp direkte av plantene gjennom bladene, men det er fare for sviskader. Det bør derfor ikke gis mer enn 3 kg urea pr. daa (ca 1,5 kg N) pr. sprøyting. Det bør gå minst en uke mellom sprøytingene. Sein delgjødsling er mest aktuell der en forventer stor avling eller erfaringsmessig får lavt proteininnhold.

LITTERATUR

Boxberger, J. og A. Gronauer. 1990. Ammoniak in der Umvelt, p.42.1-42.5. KTBL, Darmstadt.

Bærug, R. 1981. Magnesiumgjødsling til jordbruksvekster. Forskn.fors.landbr. 32:45-53.

Döhler, H. og M. Wiechmann. 1987. Agricultural waste management and environmental protection, p.305-313. Goldtze-Druck, Goettingen.

Holmsen, J. 1995. Stripespredning/breispredning av husdyrgjødsel til korn. Jord- og plantekultur 206-211.

Knudsen, L. og H. Spilling Østergaard. 1996. Gjødsling og kalking. Oversigt over Landsforsøgene 1995.

Kval-Engstad O. og J. A. Repstad. 1993. Husdyrgjødsel - Næringsinnhold i husdyrgjødsel - Nedmoldingstidspunkt for husdyrgjødsel til korn - Haust- og vårspredning av husdyrgjødsel til korn. Jord- og plantekultur p.192-198.

Mengel, K. og E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, International Potash Institute, Bern.

Morken, J. 1992. Tap av nitrogen til luft. ITF trykk 37.

Oskarsen, H. 1989. Gjødsling og vekstregulering i vårhvete. Norsk landbruksforskning 3:177-183.

Pedersen, S. 1989. Lugt-ammoniak Temadag 18. maj 1989, Statens jordbrugstekniske forsøg, Horsens. p.27-33.

Repstad, J. A. og H. M. Johansen. 1990. Bruk av husdyrgjødsel i gjødselplanlegging - En vurdering av nitrogeneffekten i husdyrgjødsel, Øvre Østfold forsøks- og driftsplanring, p.1-32.

Repstad, J. A. og H. Stabbetorp. 1995. Svovel. Jord- og plantekultur 212-216.

Repstad, J. A. og H. Stabbetorp. 1996. Svovel. Jord- og plantekultur 213-218.

Stabbetorp, H. 1985. Nitrogengjødsling til høstkorn. Aktuelt fra SFFL 4:67-76.

Stabbetorp, H. 1987. Ulike gjødselslag til ensidig korn. Aktuelt fra SFFL 3:142-154.

Stabbetorp, H. og E. Dæhlin. 1994. Delt gjødsling til bygg, havre og hvete. Jord- og plantekultur p.67-68.

Stabbetorp, H. og E. Dæhlin. 1994. Høsthvete og to ganger delgjødsling. Jord- og plantekultur p.69-75.

Stabbetorp, H. og T. Dæhlin. 1993. Høsthvete, delt gjødsling og ureasprøyting. Jord- og plantekultur p.84-85.

Tveitnes, S. (red.) 1993. Husdyrgjødsel, NLH, SFL, SFFL, 119 p

Uhlen, G. 1975. Fosfor-kaliumbehovet i følge forsøksresultater i korn på Sør-Østlandet i de 10-15 siste år. Konsekvenser av de nye gjødselpriser. Plantedyrkingsmøtet NLH 1975. 9 s.

Aasen, I. 1986. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrringar hos kulturplanter, Landbruksforlaget, Oslo.

GJØDSLING TIL OLJEVEKSTER

INNHOLD

	Side
Våroljevekster	3
Høstoljevekster	9
Litteratur	12

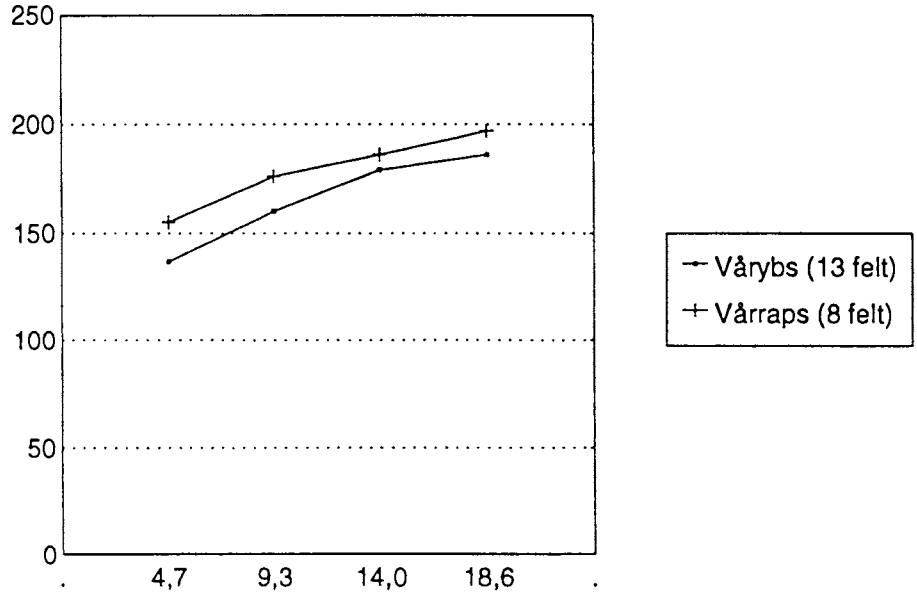
GJØDSLING TIL OLJEVEKSTER

VÅROLJEVEKSTER

I Norge har det fram til nå hovedsakelig vært dyrket vårrybs, men også noe vårraps. Interessen for høstoljevekster har økt de siste årene, men omfanget av dyrkinga er forsatt lite. Høstoljevekstene har større avlingspotensiale enn våroljevekstene, men de har relativt dårlig overvintringsevne og må såes tidlig i august.

Oljevekster er en god forgrøde for andre vekster. En regner med en forgrødeeffekt av oljevekster på omlag 2 kg nitrogen pr. daa til korn.

I en norsk forsøksserie fra 1964-68 ble det avlingsøkning for stigende nitrogenmengder i kalksalpeter opp til 18,6 kg nitrogen pr. daa både til vårrybs og vårraps.



Figur 1. Frøavling i vårrybs og vårraps ved stigende nitrogenmengder (Stabbetorp 1973)

Økt nitrogengjødsling gir sterk vegetativ vekst med stor bladmasse og svakt strå. Dette kan gi tidlig og sterk legde. Modninga blir utsatt, og der det blir mye legde blir modninga i tillegg ujamn. Ujamn modning er svært uheldig fordi faren for dryssetap øker.

Frøstørrelsen øker med stigende nitrogengjødsling. Den negative effekten på avling og frøstørrelse ved for liten nitrogentilgang skyldes tidligere aldring av bladene og dermed dårligere frøfylling.

Fettinnholdet går ned med stigende nitrogengjødsling, mens proteininnholdet øker. I de fleste andre land blir oljefrø betalt etter fettinnholdet slik at økonomisk optimum ligger et stykke under maksimal frøavling. Stigende nitrogenmengder har økt innholdet av klorofyll i frøet og olja som blir utvunnet. Innhold av klorofyll blir regnet som en kvalitetsfeil.

Svenske forsøk har vist at avlingene økte opp til 22,5 kg nitrogen pr. daa i vårraps, men fettinnholdet i frøet ble betydelig redusert. Den sterke nitrogengjødslinga forsinket modninga med 4 dager, noe som ga høyere vanninnhold og klorofyllinnhold i frøet. Frøstørrelsen ble lite påvirket av gjødslinga i disse forsøkene.

Tabell 1. viser resultat fra svenske forsøk med stigende nitrogenmengde fra 0-16 kg nitrogen pr. daa til vårrybs. Resultatene viser at både frø og fettavlingene har økt opp til 12 kg nitrogen pr daa. Fettinnholdet gikk ned med omlag 1 % pr 4 kg økt nitrogentilførsel utover 4 kg. Økt nitrogengjødsling ga også mer legde.

Tabell 1. Stigende nitrogenmengder, virkning på avling og kvalitet i vårrybs. Forsøkene er utført i Götaland og Svealand i 1977 - 1982. (SOGN 1984)

Kg N/daa	Frøavling 18 % vann kg/daa	Råfett kg/daa	Fett-innhold % av Ts.	Klorofyll ppm	Stengel-styrke (0-100)
0	105	39,0	45,2	10	91
4	153	56,8	45,3	8	86
8	178	64,0	43,9	10	75
12	190	66,6	42,8	14	67
16	191	65,4	41,8	16	62

Danske beregninger fra 1991 ga et økonomisk optimum ved 16 kg nitrogen pr. daa til vårraps. Dette forutsatte at prisen på oljefrø var på 2,65 DKK. Dersom prisen ble redusert til 1,25 DKK ga 10 og 15 kg nitrogen omlag samme lønnsomhet.

Nitrogenbehovet til våroljevekster kan etter dette settes til 10 til 14 kg, størst til vårraps, noe mindre til vårrybs.

Norske forsøk på sekstitallet vist at oljevekster har omlag samme fosfor og kalium behov som korn. Behovet bør være dekket med 1,5-3 kg fosfor og 4-8 kg kalium.

Tabell 2. Frøavling i våroljevekster (STABBETORP 1973)

	Antall felt	Kg P/daa i superfosfat		
		0	2,4	4,7
Frø kg/daa	21	158	164	169

Oljevekstene har større behov for svovel enn korn. Det bør derfor ikke brukes svovelfrie gjødseltyper til oljevekster. I Danmark er det anbefalt å tilføre 4 kg svovel pr. daa til oljevekster (2 kg til korn).

Skotske forsøk har vist at økt nitrogengjødsling til planter med svovelmangel har ført til avlingsnedgang. Det er derfor viktig å kunne skille mellom symptomer på nitrogen- og svovelmangel som kan se nokså like ut. Planter med nitrogenmangel får en bleikgrønn farge. Det samme gjør planter som lider av svovelmangel, ved sterkere mangel får plantene gule klorotiske flekker mellom bladnervene. Svovel er lite mobilt i plantene og mangel vises først på de yngste bladene. Nitrogen er lett bevegelig og mangel vises først på de eldste bladene.

Sorter med lavt glukosinolatinnhold (svovelholdig "bitterstoff") ser ut til å lide mer av svovelmangel. Dette kan skyldes at disse ikke har evnen til å bygge opp svovelreserver til seinere bruk. Forsøk i Skottland har vist at innholdet av glukosinolater øker med økende svovelgjødsling. Økende nitrogengjødsling reduserte innholdet av glukosinolater ved samme svovelnivå.

Innholdet av erukasyre øker med økende nitrogengjødsling. Det er uheldig med høyt innhold av erukasyre dersom frøet skal brukes til fôr til enmagede dyr. De fleste oljevekstsortene som dyrkes i dag har svært lavt innhold av glukosinolater og erukassyre (dobbeltlave sorter) slik at nitrogen- og svovelgjødsling bare vil ha marginal betydning for innholdet.

Finske forsøk har vist at gjødsling med kaliumklorid hemmer opptaket av svovel. Dette skyldes antagonistisk forhold i opptaket av klor og sulfat. Det er allikevel ikke anbefalt å bruke klorfattig gjødsel til oljevekster på grunn av prisforholdet mellom klorholdig og klorfattig gjødsel. Dersom en forventer svovelmangel kan det være aktuelt å gjødsle med klorfattig gjødsel.

Oljevekster har større behov for bor enn korn. Bor er nødvendig for spiring og vekst av pollenslangen. Ved for liten bortilgang blir frøsettingen redusert. Borinnholdet i Fullgjødsel® er oftest tilstrekkelig til å sikre god frøsetting, men dersom det blir påvist mangel kan sprøyting med Solubor eller Bortrac være aktuelt.

I 1994 ble det prøvd ulike mengder fosfor, kalium, svovel og bor til oljevekster i en svensk forsøksserie. Forsøkene lå på mellom- og stivleire med god kaliumtilgang. Det ble klare avlingsutslag for fosfor og svovel. Størst avling ble det der det ble gjødslet med NPK Svavel Bor 20-3-5.

Tabell 3. Fosfor og svovel til vårraps, middel av 4 forsøk i 1994 på mellomleire og stivleire i Götaland og Svealand (ANDERSSON 1995b)

	Tilført kg/daa					Avling
	N	P	K	S	B	kg/daa
N 28	14,0					161
NP 26-6	14,0	3,2				183
NPK 20-3-5	14,0	2,1	3,5			200
NPK Svavel Bor	14,0	2,1	3,5	2,8	0,1	219
NP Svavel 27-3	14,0	1,4		3,1		212

Foruten økt avling har gjødsling med fosfor og svovel gitt jamnere og tidligere modning.

I 1995 ble det startet en forsøksserie med svovel, bor og delt nitrogengjødsling til oljevekster. Feltene ble plassert på jord der en kan forvente svovelmangel. Alle ledd ble gjødslet med 13 kg nitrogen pr daa, enten om våren eller fordelt på to gjødslinger. Andre gjødsling ble gitt omlag 3 uker etter oppspiring. Svovel ble tilført i Fullgjødsel®, kalksalpeter med svovel (ikke handelsvare), HYDRO-SVOVELPLUSS™ eller som kieseritt. Bor ble tilført som borkalksalpeter. Noe bor ble også tilført med Fullgjødsl® som innholder 0,02 % bor.

LITTERATUR

Andersson, G. 1995a. NPK svavel bor til höstraps. VäxtPressen 1, Försöksbilag:6.

Andersson, G. 1995b. Fosfor svavel och kombisådd i vårraps. VäxtPressen 1, Försöksbilag:11.

Bertilsson, G. 1994. Effect of sulphur fertilization on the yield of oilseed crops and cereals in Sweden. Norwegian Journal of Agricultural Sciences supp 15:111-118.

Fuglesang, S., H. Kristensen, og G. C. Nielsen. 1992. Frø og industri afgrøder. Oversigt over landsforsøgene 1991 - Landsutvalget for planteavl p.127-153.

Fuglesang, S. 1995. Frø og industri afgrøder. Oversigt over landsforsøgene 1994 - Landsutvalget for planteavl p.127-147.

Mengel, K. og E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, International Potash Institute, Bern.

Repstad, J. A. og H. Stabbetorp. 1996. Svovel. Jord- og plantekultur 213-218.

Sogn, L. 1984. Gjødsling av oljevekster. Norsk Landbruk 1:40-41.

Stabbetorp, H. 1973. Forsøk med nitrogen, fosfor, kalium og kalk til oljevekster. Forskn.fors.landbr. 24:699-713.

Walker, K. C. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. Norwegian Journal of Agricultural Sciences supp 15:97-104.

Åssveen, M. og S. Mygland. 1994. Oljevekster. Jord- og plantekultur 2:113-121.

GJØDSLING TIL ENG OG BEITE

INNHOLD

	Side
Husdyrgjødsel	3
Gjødsling med nitrogen	5
Tørrstoffavling	5
Protein	7
Overvintring	9
Virkning av N-gjødsling på nitrogenbalansen	9
Gjødsling med fosfor	13
Tap av fosfor fra engareal	13
Gjødsling med kalium	14
Litteratur	16

GJØDSLING TIL ENG OG BEITE

HUSDYRGJØDSEL

N-virkningen av husdyrgjødsel til eng er avhengig av værforholdene under og etter spredning, spredejevnhet m.v. Det er derfor mye vanskeligere å dosere husdyrgjødselmengdene riktig enn kunstgjødselmengdene. Dette medfører økt risiko for restnitrogen i jorda etter at planteveksten er slutt, og derved økt risiko for N-tap ved denitrifikasjon og nitratutvasking.

Mengder av husdyrgjødsel som dekker behovet for fosfor og dels kalium, vil oftest være hensiktsmessige, dvs. 3 - 4 tonn storfegjødsel pr. dekar. Det medfører behov for tilleggsgjødsling med nitrogen, og av og til kalium. Det er forøvrig også mulig å fordele husdyrgjødsla og gi f.eks 3 tonn pr. dekar om våren og 2 tonn etter 1. slått.

Nedfelling av gjødsla i enga vil gi mindre ammoniakktap, og bedre utnytting av husdyrgjødselnitrogenet. Metoden er imidlertid arbeidskrevende og medfører et høyt trekkraftbehov.

Det har vært og er vanlig å tilføre husdyrgjødsel i gjenleggsåret. En kan da bruke samme mengder som til vårkorn. Har en sådd grønnfôrvekster som dekksæd, bør det gjødsles svakere enn til grønnforvekster alene, da det ellers kan bli legde og dårlige vekstvilkår for engplantene. Vårgjenlegg kan tilføres 4-5 tonn husdyrgjødsel pr. dekar, og det er da som oftest unødvendig å tilleggsgjødsle med mineralgjødsel. Ved gjenlegg om høsten bør en ikke benytte blautgjødsel pga. risiko for utvasking. Derimot kan små mengder fast gjødsel benyttes.

Tradisjonelt regner en land som en god enggjødsel. Spredning av land i kjølig, overskyet vær gir minst ammoniakktap og minst risiko for sviing av graset.

Det er funnet betydelig bedre virkning av husdyrgjødsel på Vestlandet enn på Østlandet. Dette har sammenheng bl.a. med jordartsforhold og klima.

Ulike måter å behandle blautgjødsla på, m.a. vasstilsetning (gylle) og våt-kompostering, bedrer gjødslas fysiske egenskaper, og gjør det lettere å oppnå en jevn spredning.

Om våren gir spredning av husdyrgjødsla ved begynnende vekst ofte det beste resultatet, men værforholdene spiller en vesentlig rolle mht. det beste spredetids-punktet om våren. Etter 1. slått sprer en husdyrgjødsla straks etter høsting.

Det er ønskelig å kunne spre husdyrgjødsla uten at det oppstår jordpakkingsskader. Spredning gjennom slanger og rør etter vannfortynning er et godt alternativ til tankvgn. Et omfattende forsøksmateriale dokumenterer dette.

Av ulike spredemåter kan nevnes stripespredning. Denne spredemetoden har i noen tilfell gitt bedre resultater enn vanlig bredspredning. Men variasjonen synes å være stor. Fra nyere forsøk med stripespredning av ufortynnet husdyrgjødsel i Østfold og Vestfold konkluderer Holmsen (1995) med at stripespredning ikke ga bedre virkning på avlingsstørrelsen, men at proteinprosenten og PBV-verdiene økte mer der stripespredning var benyttet.

Hvis en har så mye husdyrgjødsel på garden at den ikke kan nyttes i åker og eng, vil det være aktuelt å vurdere spredning på beiteareal. Det bør da benyttes små mengder tilpasset jordart og terrengforhold. Land, våtkompostert husdyrgjødsel og vassblandet blautgjødsel (gylle) er de mest aktuelle gjødselslagene.

Tabell 1. Største mengde husdyrgjødsel, tonn pr. dekar , som bør tilrådes til eng og beite. Tall i parentes betyr at gjødseltypen passer dårligere til veksten enn andre typer.

Vekst	Tonn pr. dekar og år Fast	Blaut-	Vassblanda	Land
Vårgjenlegg	4	5	6	(3)
Haustgjenlegg	2	-	-	-
Ny eng	-	2+(1,5)	4+(2)	2+(2)
Eldre eng	(3)	3+2	5+3	3+2
Beite	-	(2)	2	2

GJØDSLING MED NITROGEN

Gjødsling med nitrogenholdige gjødselslag virker inn både på tørrstoffavling, proteininnhold og kvalitet. Virkningen av nitrogentilførselen er vanskelig å forutsi sikkert, da den er avhengig av en rekke faktorer, som vannforsyning, N-frigjøring i jord, driftsform, jordtype, mengde og intensitet av nedbør utenom vekstsesongen og klimatiske forhold ellers.

Tørrstoffavling

Tørrstoffavlingen av gras er sterkt avhengig av N-forsyningen. Det er utført et stort antall forsøk i ulike deler av landet for å bestemme optimale N-mengder til gras. Enga høstes fra 1 til 3 ganger i sesongen alt etter hvor i landet en befinner seg, og om enga skal brukes til høy eller silo. Generelt øker avlingsnivået med lengden på veksttida og antall høstinger.

Behovet for N-gjødsel øker også med antall høstinger. Anbefalte N-mengder i kg N/daa til kløverfattig eng er av følgende størrelsesorden ved stigende antall høstinger:

Tabell 2. Anbefalte N-mengder til kløverfattig eng.

Antall høstinger	1	2	3	
Kg N/daa årlig	10 - 14	16 - 22	22 - 25	(Gjplan)
Kg N/daa årlig	10 - 14	16 - 24	22 - 30	(Norsk Hydro)

Til kløverrik eng kan N-mengdene reduseres med omlag 10 kg pr. dekar.

Anbefalte N-mengder ved vårgjødsling varierer fra 8 - 14 kg, minst i Nord-Norge og størst på Sør-Vestlandet. Mengdene etter 1. slått varierer fra 6 - 12 kg, og etter 2. slått fra 3 - 6 kg N.

Det er avlingsstørrelsen som bestemmer hvor sterkt det skal gjødsles med nitrogen. Hos høgtytende vekster er N-behovet vanligvis stort i forhold til jordas evne til å forsyne plantene med nitrogen.

De anbefalte mengdene er å betrakte som veiledende. Bestemmelsen av N-gjødseldosering må gjøres skiftevis, ut fra kjennskap til veksttid, avlingsstørrelse, jordart, jordanalyser, driftsform, og ettervirkning av tidligere gjødsling. Avlingsstørrelsen vil f.eks avhenge av alderen på enga, botanisk sammensetning, hevd og kulturtilstand m.v.

Mengden av N som må tilføres i gjødsel, er i stor grad avhengig av hvor mye N som fjernes med avlingen. Plantenes opptak av N vil i stor grad avhenge av tilgangen på lettløselig N i jorda.

Engarealene, særlig på Vestlandet og i Nord-Norge, blir gjødslet med betydelige mengder husdyrgjødsel som følge av lite åpenåkerareal. Husdyrgjødselmengdene utgjør 2 - 5 tonn pr dekar fulldyrka jord på Vestlandet. Denne gjødselmengden tilsvarer likevel bare inntil 5 - 6 kg virksomt N pr. dekar på eng. Ofte blir virkningen langt mindre. Best nitrogeneffekt er i forsøk påvist ved bruk av bløtgjødsel som er fortynnet med vann. Det er da under gunstige forhold oppnådd en virkningsgrad på over 70 %, mens virkningsgraden forøvrig ofte ligger på 30 - 40 %.

Jordbrukstellingen i 1979 viser at det i middel for all eng i 1979 ble brukt 13,7 kg N pr. dekar i kunstgjødsel. I Rogaland var forbruket 21,7 kg N/daa, og i vestlandsfylkene forøvrig lå forbruket på 12 - 14 kg N. Husdyrgjødsla kommer i tillegg, men gjødslingsstyrken var likevel langt under anbefalte normer. Dette tyder på at bøndene ikke har funnet grunn til å gjødsle så sterkt som normene tilsier.

Protein

Nitrogengjødsling vil øke proteininnholdet i graset. Dette er vist av flere forfattere, bl.a. Dam Kofoed & Søndergaard Klausen (1967). Bærug (1977) fant at 1 kg nitrogen i gjødsel økte proteininnholdet med 0,4 - 0,7 prosentenheter. Det var betydelig høyere proteininnhold ved 2. og 3. enn ved 1. høsting. Det var små årsvariasjoner. Maksimumsavlingen av råprotein oppnås ved en høyere nitrogengjødselmengde enn maksimumavlingen av tørrstoff.

En økning i råproteininnholdet er ofte fulgt av en nedgang i mengden av løselige karbohydrater. Hvis innholdet av tilgjengelig N i vomma blir over 29 g pr. kg fordøyelige karbohydrater, vil overskuddet ikke kunne nyttes, men bli utskilt som urea i urinen. Det er proteinets nedbrytingsgrad sammen med proteinbalansen i vomma (nedbrutt protein/kg fordøyelige karbohydrater) som danner grunnlaget for det nye proteinvurderingssystemet som ble innført her i landet fra 1. januar 1993.

Plantenes utviklingstrinn har betydning for innholdet av nitrogen og mineraler i plantevevet. En ukes utsatt slåttetid reduserer proteininnholdet ved 1. slått med 10 - 15%, og med om lag 10% i andreslåtten. Det fører til ubetydelige endringer i AAT-verdi (AAT betyr aminosyrer absorbert i tarmen). Proteinbalansen i vomma (PBV) blir derimot noe lavere.

Ved utsatt slåttetid får vi et grovfôr som har mindre energi pr. kg tørrstoff, og dyras tørrstoffopptak blir lavere. Tidlig slått vil gi fôr med høyt proteininnhold og stort overskudd av nitrogen.

For sterk gjødsling vil kunne føre til akkumulering av nitrat-N. Proteinet inneholder 80 - 85 % av nitrogenet i plantene. Økt nitrogengjødsling vil også øke innholdet av Ca og P, og av og til også av K i plantene.

Plantene tar for en stor del opp nitrogen som nitrat. Dette blir normalt raskt redusert i plantene og inngår i protein. Under uheldige omstendigheter kan nitrat hopes opp i plantene, f.eks ved mangel på andre næringsstoffer eller på lys.

Aasen (1986) refererer undersøkelser som viser hvordan plantenes N-forsyning påvirkes av tilgangen på mikronæringsstoffer. Svovelmangel kan gi nedsatt proteininnhold, men opphoping av nitrat-N og frie aminosyrer. Gras og korn får sterk busking, langt og mjukt strå og derved mye legde. Molybdenmangel kan føre til opphoping av nitrat i plantene og forstyrre proteinsstoffskiftet. Høye konsentrasjoner av klor i rotsonen vil kunne hemme opptaket av nitrationer.

Høyt nitratinnhold kan være skadelig for husdyr. Grenseverdien synes ikke å være klart fastlagt, men ofte blir et innhold på 0,4 % nitrat-N oppgitt som risikogrense. I en forsøksserie på Sør-Østlandet fant Bærug (1977) at det bare var ved gjødsling utover det økonomisk optimale at det i enkelte prøver var et betenkelig høyt innhold av nitrat i fôret. Ved gjødsling etter anbefalte normer har innholdet gjennomgående ligget langt under antydet faregrense. Risikoen for høyt nitratinnhold var ellers større

ved 2. og 3. enn ved 1. høsting.Dette kan skyldes rester av nitrogen tilført med gjødsla om våren, eller spesielle forhold ved alternative perioder med tørke og nedbør.

Overvintring

Sterk N-gjødsling til eng kan resultere i at plantene dør ut om vinteren. Store N-mengder kombinert med sen siste høsting og lav stubbing av graset forsterker skaden.

Virkning av N-gjødsling på nitrogenbalansen

Med N-balanse forstår en mengde nitrogen som tilføres med gjødsel, fra luft, og gjennom mineralisering i jord sammenlignet med N-mengder som fjernes med avling, ved immobilisering, gasstap og gjennom utvasking og nedvasking.

Mineraliserings- og immobiliseringsprosesser foregår samtidig i jorda. Dette er vist i forsøk med isotopen ^{15}N (Janson 1958).

Som hjelp til å vurdere forholdet mellom tilført og bortført nitrogen, benyttes ofte N-balanseregnskap. Vanskeligheten med N-balanseregnskaper er imidlertid at en betydelig del av nitrogenet ikke kan svares for. Det er postene denitrifikasjon, ammoniakkemisjon og immobilisering som det er særlig vanskelig å skaffe pålitelige data for. I langvarige forsøk er utnytting og effekt av N i husdyrgjødsel ikke kommet opp i mer enn 50% av den samme mengde i kunstgjødsel (Uhlen 1979). Spesielt når det benyttes strørik husdyrgjødsel eller kompost, vil mye av N-mengden bli bundet under dannelse av humus, og er derved ikke tilgjengelig for plantene.

Tabell 3. Feltlysimeterforsøk i Ås 1974-81. Kg N/daa/år (Etter Uhlen 1989).

	Gjødsling	Nedbør	Avling	Avløpsvann	Balanse
Eng	13,8	0,5	13,2	1,9	-0,8
Korn	10,3	0,5	8,7	3,7	-1,6

Utvaskingen av N var unormalt stor de første 2 - 3 årene pga. tørkesomre og redusert avling. I den siste 5-års periode var utvasking ved gjødsling med ca. 10 kg N til korn og 15 kg N til eng henholdsvis 1,7 og 0,9 kg pr. dekar og år, noe som anses for å være normalt. Det var nødvendig å tilføre 15 kg N årlig for å holde jordas total-N vedlike. Det var bare små forskjeller mellom korn og gras.

Det er viktig å få til en dyrkingspraksis som øker utnyttingsgraden av gjødsla, både med hensyn til agronomiske forhold og forurensningsforhold.

Utnyttelsen av gjødsel-N kan imidlertid variere sterkt, slik det går fram av en rekke lysimeterforsøk (Kundler 1970).

Tatt opp i avling	30 - 70 %
Bundet i jorda	10 - 40 %
Utvasking	5 - 10 %
Gasstap	10 - 30 %

Utvasking av N målt i kg N pr. dekar fra eng er langt mindre enn ved åpenåkerdrift. Dette er vist i feltlysimeterforsøk blant annet på Ås og Fureneset. Målinger på Jæren (Lundekvam 1983) viste store avrenningsmengder ved svært sterk N-gjødsling med både husdyrgjødsel og kunstgjødsel. En beregning over utvasking av N i utvalgte områder (Inst. for jordfag 1990) viser at utvaskingen av N fra engarealer på Østlandet og i Trøndelag lå i området 2,3 - 3,1 kg N pr. dekar og år. Jæren og Ryfylke skilte seg ut med en årlig N-utvasking på 6 kg N pr. dekar og år.

...dsling til eng som til korn er utvaskingen av N fra eng langt ...gen av N vil avhenge av avlingsmengde. I områder hvor enga kan ...kan en total N-tilførsel på 25 - 30 kg N pr. dekar kanskje gi mindre ...g enn ved halve gjødselmengden i områder hvor det bare høstes en ...te avlinger kan oppstå etter jordpakking, skade på grasdekket om våren ...n og plantesykdommer. Dette øker risikoen for utvaskingstap ved at ...n av næringsstoffene blir dårligere.

...først når det tilføres mer gjødsel enn det plantene kan utnytte, at risikoen for ...p ved avrenning øker vesentlig. En slik situasjon kan oppstå om det blir ...lingssvikt, f.eks som følge av tørke. Deling av gjødsla om våren og sommeren medfører at en f... noe bedre mulighet til å ta vekstforholdene i betraktning ved gjødseldosering

Grasarter c... omfattende rotsystem som effektivt tar opp tilgjengelig N fra jorda ... at gjødselmengder som tilsvarer plantenes behov, ikke etterlat... ...selig N i jorda om høsten (Johnston & Jenkinson 1989).

M... ...skes ut, øker sakte sammenlignet med avlingsøkningen opp ... gir optimalavling. Dette er det avlingsnivået som gir minst ...gsenhet, selv om det foregår en økning i utvasking pr. ... i avling ved svakere gjødsling vil medføre økt avrenning pr.

Engvekstene utgjør den største delen av grovfôrproduksjo
plantenæringsstoffene godt ved at næringsstoffopptaket foregår h
og fordi plantedekket hindrer næringsstofftap ved erosjon.
nitrogengjødsling må foretas skiftevis, etter vurdering av forh
avlingsstørrelse, jordart, hevd og kulturtilstand. Målsetningen må væ
gjødsel doseringen etter plantenes behov, og hvor en så langt det er mul
til de usikre postene i nitrogenets kretsløp, denitrifikasjon, ammoni
immobilisering.

Framtidige forskningsoppgavene vedrørende N-gjødsling til eng bør fokuser
klarlegge det en kan kalle det miljømessige optimum. Dette vil i de fleste tilfe
være den gjødslingsstyrken som gir minst tap av næringsstoffer for hver produse
enhet avling. Effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel til eng er et viktig område. Det vil
her være behov for ytterligere forskning både når det gjelder fôring, lagring,
behandling og bruk av husdyrgjødsla. Nettomineralisering av N i jord må klarlegges
nærmere, og det må undersøkes om N-gjødslingsprognoser er et tjenlig instrument
for vurdering av plantetilgjengelig nitrogen i jorda. Fôrkvalitet er også et viktig
område som må følges opp, gjennom undersøkelser av proteininnhold og
aminosyresammensetning, nitratinnhold og mineralinnhold.

GJØDSLING MED FOSFOR

Hvor sterkt en skal gjødsle med fosfor til eng avhenger bl.a. av fosfortilstanden i jorda. Her vil jordanalyseresultatene være til god hjelp. Er fosforinnhaldet stort eller svært stort (klasse III og IV) er det oftest liten virkning av fosfortilførselen på avlinga. På husdyrbruk er P_{AL}-tallene, som gir uttrykk for mengden av plantetilgjengeleg fosfor i jorda, oftest høye. Det er da ikke behov for ekstra fosfortilførsel utover det som blir tilført med husdyrgjødsla. Er innhaldet av fosfor i jorda lågt, kan det derimot være aktuelt med overskottsgjødsling ett eller flere år. Tilrådingene ligger oftest i området 1,5 til 3,5 kg P pr. dekar tilført med organisk gjødsel og/eller kunstgjødsel. Kløverenga har ellers like stort behov for fosfor som kløverfattig eng.

Jordbrukstellingen i 1989 (Statistisk Sentralbyrå) viser at 88% av bruka i Rogaland nytta 1 - 3 kg P pr. dekar eng. Tilsvarende tall for Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal er 94, 91 og 85 % etter tur. I Nord-Trøndelag var 70% av brukene i denne gruppa, mens resten gjødslet sterkere. Jevnt over har det vært en sterk reduksjon i gjødslinga med kunstgjødsel-P de senere årene.

Tap av fosfor fra engareal

Ved gjødsling på overflaten av eng blir det meste av fosforet holdt tilbake i den øvre delen av matjordlaget. Tapet av fosfor til grøftevannet etter slik gjødsling er derfor vanligvis lite. Derimot kan noe fosfor gå tapt med overflatevann, f.eks i forbindelse med snøsmelting. Dette fosforet skriver seg fra plante- og gjødselrester på overflata.

Spredning av husdyrgjødsel på enga øker risikoen for avrenning. Størst fare for dette er det ved spredning utenom vekstsesongen. Det er derfor ikke lenger tillatt å spre husdyrgjødsel på eng om høsten uten pløying.

LITTERATUR

Bærug, R. 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel til eng på Sør-Østlandet. II. Kjemiske analyser av avlingen. Forsk. fors. landbr. 28: 549 - 574.

Dam Kofoed, A. & P. Søndergaard Klausen 1969. Field application of fertilizer nitrogen to grass and to clover-grass mixtures. Tidsskrift for Planteavl 73, 203 - 206.

Holmsen, J. 1995. Spredning av husdyrgjødsel med stripespreder, virkning på avling og kvalitet. Jord- og plantekultur 1995. Korn, Potet, Miljø. Forsøksresultater 1994. Planteforsk. 206-211.

Institutt for jordfag 1990. Nitrogenomsetningen i landbruket. Utredning. 64 s.

Janson, S.L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformation in soil with special attention to mineralization-immobilization relationships. Kungl. Lantbrukshögsk.. Ann. 24, 101 - 361.

Johnston A.E. & D.S. Jenkinson 1989. The nitrogen cycle in UK arable agriculture. The Fertilizer Society, Proc. no. 286, 24 pp.

Kundler, P. 1970. Utilization, fixation, and loss of fertilizer nitrogen. Albrecht Taer-Arch. 14 (3): 191 - 210.

Lundekvam, H. 1983. Husdyrgjødsel og avlaup frå driftsbygningar. Stensiltrykk nr. 1. Inst. for hydroteknikk, NLH. 31 s.

Sundstøl, F. 1990. Fôringas innvirkning på nitrogen- og fosforinnholdet i husdyrgjødsel. Foredrag under Høgskoledagene ved Norges landbrukshøgskole 1990. 49 - 61.

Uhlen, G. 1979. Næringsstoff- og humusbalanse i langvarige gjødslings- og omløpsforsøk. Nord. Jordbr.forskn. 61, 170-171.

Uhlen, G. 1989. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. Nutrient balances 1974 - 81. Norw. J. Agric. Sci. 3: 33 - 46.

Aasen, I. 1986. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrringar hos kulturplanter. Landbruksforlaget. 96 s.

GJØDSLING TIL POTETER

INNHOLD

	Side
Nitrogen	3
Fosfor	6
Kalium	6
Svovel	8
Magnesium	8
Kalsium	9
Husdyrgjødsel til poteter	11
Litteratur	13

GJØDSLING TIL POTETER

Potet er en forholdsvis næringskrevende vekst. Ei knollavling på 3000 kg fjerner 10-12 kg nitrogen, 1,5-2 kg fosfor, 12-14 kg kalium, omlag 1 kg magnesium, 1 kg svovel og 0,5 kg kalsium.

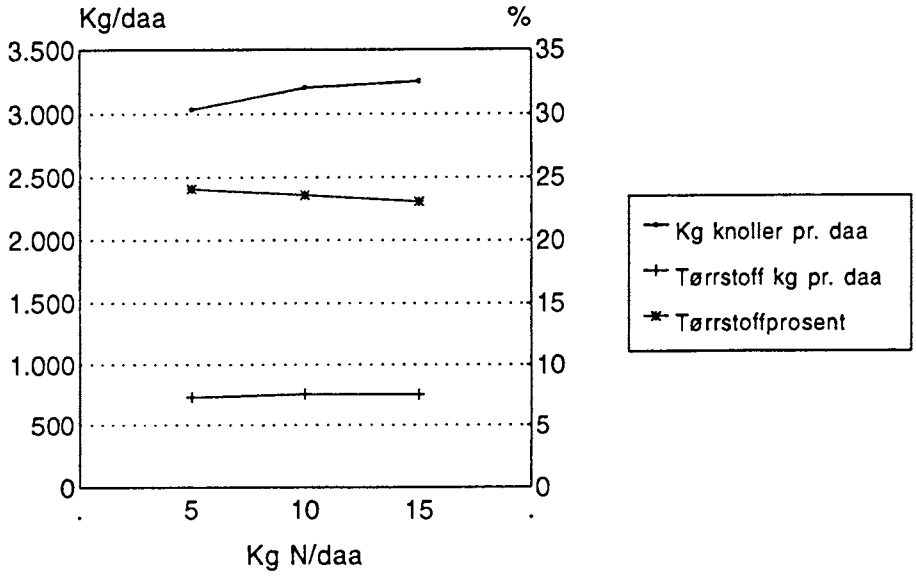
Potetene klarer seg på forholdsvis sur jord, men størst avling og best kvalitet oppnås på jord med god kalktilstand. Ved pH over 6-6,5 øker faren for angrep av flatskurv. Angrep av flatskurv kan begrenses ved regelmessig vanning slik at jorda holdes jamt fuktig. En bør allikevel unngå å kalke i potetåret.

NITROGEN

Når veksttida er lang nok, vil avlingene øke med økende nitrogentilførsel. Knollstørrelsen øker med økende nitrogentilgang.

Tørrstoffinnholdet i knollene går ned med økende nitrogentilgang. Ved tilsvarende nitrogenmengder blir tørrstoffinnholdet lavere jo lenger nord og høyere over havet potetene dyrkes. Jordarten vil også spille inn, slik at sand og sandige morenejorder gir høyere tørrstoffinnhold enn mer siltige jordarter. Tørrstoffinnholdet blir redusert med omlag 0,1 % pr. kg tilført nitrogen. Nedgangen blir størst i nedbørrike år.

Sterk nitrogengjødsling kan gi for sterk risvekst og gå på bekostning av knollavlinga. Store rismengder kan øke faren for angrep av tørråte, fordi det blir gunstig lokalklima for soppen, og det blir vanskeligere å bekjempe den med kjemiske midler. Store rismengder er også uønsket ved innhøstinga, fordi det reduserer opptakskapasiteten.



Figur 1. Nitrogengjødsling til potet
Forsøkene er utført i perioden 1973-76
(Rønsen 1983)

Økende nitrogentilførsel utsetter modninga. Modne knoller er mindre utsatt for mekaniske skader ved opptak enn umodne. Ved utsatt høsting øker faren for å måtte ta opp potetene under ugunstige værforhold. Faren for mekaniske skader og støtblått øker også ved lavere temperatur.

Sundkoking og bløtkoking henger nøye sammen med tørrstoffinnholdet i knollene. Sundkoking øker med økende tørrstoffinnhold og blir derfor redusert av økende nitrogengjødsling. Det motsatte er tilfelle for bløtkoking.

Økende nitrogengjødsling vil som i andre vekster øke proteininnholdet i potet. Faren for mørkfarging av poteter, både skrelte og kokte, øker med økende nitrogen-gjødsling.

Poteter som lider av nitrogenmangel får svak risvekst og små bleikgrønne blad. Eldre blad gulner og faller tidlig av. Knollansettingen blir redusert.

Nitrogengjødslinga må tilpasses jordart, veksttid, forgrøde, avlingsnivå, sort og hva potetene skal brukes til. Det har vært små utslag for nitrogengjødsling utover 10-12 kg nitrogen pr. daa. Nitrogengjødslinga bør reduseres ved utsatt settetid.

I et langvarig forsøk fra 1970 til 1990 ble omløpets innvirkning på nitrogenbehovet undersøkt. Det var med tre omløp, A potet i monokultur, B potet og korn hvert annet år og C potet, korn og 2-årig kløver-timoteieng. Forskjellen mellom omløpene var størst ved de to laveste nitrogenmengdene. Omløpet med eng sto klart best ved svakeste nitrogengjødsling. Avlingene økte betydelig opp til 10 kg nitrogen. I det reine potetomløpet var det også betydelig avlingsøkning opp til 15 kg nitrogen.

Feltet ble ikke vannet og avlingen ble begrenset av tørke i åtte av årene. I tabell 1. presenteres resultatene fra årene med "normale" nedbørsforhold.

Tabell 1. Virkning av omløp og nitrogengjødsling på knollavling. Middel for 1970-90 minus 8 tørkeår.(BÆRUG 1996)

Omløp	5 kg N	10 kg N	15 kg N	20 kg N
Potet	2383	3018	3222	3299
Potet-korn	2501	3142	3240	3345
Potet-korn-eng	2913	3152	3282	3297
Middel	2559	3104	3248	3314

I årene 1986-89 ble det gjennomført en forsøksserie med stigende nitrogengjødsling til tre sorter på fem ulike steder. Sortene var Beate, Troll og Peik. Forsøksstedene var Institutt for plantekultur NLH og forskingsstasjonene Apelsvoll, Kvithamar, Særheim og Vågønes.

Totalavlingene ble størst på Særheim og Kvithamar, mens tørrstoffinnholdet var høyest på Kvithamar. Peik ga størst økning i knollavling for økende nitrogenmengde.

Sortene reagerte ulikt på økende nitrogengjødsling med hensyn til tørrstoffinnhold. Ved svakeste gjødsling (5 kg N/daa) hadde Peik det høyeste tørrstoffinnholdet, mens ved sterkeste gjødsling (15 kg N/daa) hadde Peik det laveste tørrstoffinnholdet. Tørrstoffinnholdet ble mindre redusert i Beate enn i de andre sortene ved stigende nitrogengjødsling. Knollavlingene økte sterkt fra 10 til 15 kg nitrogen for Peik, men tørrstoffinnholdet ble så sterkt redusert at tørrstoffavlingene nesten ikke økte.

Økt nitrogengjødsling har økt andelen store knoller. Dette er en fordel i Beate som ofte gir en småfallen avling. Både Peik og Troll er utsatt for vekstsprekker og kolv, noe som ofte henger sammen med store knoller. Resultatene fra disse forsøkene tilsier at Beate bør gjødsles sterkere med nitrogen enn Peik og Troll.

I 1993 ble økende nitrogengjødsling forsøkt til tidligpotetsorten Rutt. Konklusjonen fra disse forsøkene var at en bør bruke 8-12 kg nitrogen pr. daa avhengig av avlingsnivå og høstetid. Minst mengde ved høsting av 2000 kg pr. daa i slutten av juni og størst mengde ved høsting av 3500 kg i slutten av juli. Dette er en del mindre enn det som har vært vanlig praksis i tidligpotetproduksjonen.

FOSFOR

God fosfortilgang stimulerer rotutviklinga. Dette bedrer opptaket av vann og næring og stimulerer knollansetningen.

Tørrstoffinnholdet øker svakt med økende fosfortilgang. Hevingen av tørrstoffinnholdet er ikke så sterk at det kan kompensere for sterk nitrogengjødsling.

Det blir noe tidligere modning ved god fosfortilgang. Modne poteter er mindre utsatt for skader under opptak.

Det har blitt utført få fosforgjødslingsforsøk i potet de siste årene. Gjødslingsforsøk i Hedmark og Oppland i 1950 og 60 årene ga positive avlingsutslag opp til største mengde fosfor, 4,7 kg pr. daa. Det var klart størst utslag på jord med P-Al tall under 6. I en forsøksserie i Trøndelag i 1960 årene ga 1,5 kg fosfor pr. daa en avlingsøkning på 90 kg knoller pr. kg tilført fosfor, og 50 kg for de neste 1,5 kg tilført fosfor.

KALIUM

Kalium har stor innvirkning på potetkvaliteten, mindre på avlinga. Økende avling ved god kaliumtilgang skyldes i hovedsak økt knollstørrelse, ikke flere knoller.

I en landsomfattende forsøksserie i 1985-87 ga en økning fra 0 til 10 kg kalium pr. daa en avlingsøkning på 200 kg knoller. I 1985-86 gikk det også en annen forsøksserie på Østlandet. Her ble det ikke registrert avlingsøkning for økende kaliumgjødsling fra 6 til 18 kg pr. daa. I den siste serien var det ikke med null-ledd. Resultatene indikerer at en ikke kan forvente store avlingsutslag for økende kaliumgjødsling.

Mengel og Kirkby (1987) hevder at kalium stimulerer CO_2 assimilasjonen og transport av karbohydrater fra bladene til knollene i potet, og at god kaliumtilgang dermed øker tørrstoffinnholdet. Klorid reduserer transporten av karbohydrater slik at gjødsling med KCl gir lavere tørrstoffinnhold enn K_2SO_4. I norske undersøkelser har tørrstoffinnholdet blitt redusert med stigende kaliumgjødsling både med KCl og K_2SO_4 selv om reduksjonen er liten der det har blitt brukt klorfattig gjødsel. En kan regne med en nedgang på 0,2 til 0,4 prosent ved tilføring av 10 kg kalium i K_2SO_4 og 3 til 4 ganger større reduksjon ved bruk av KCl.

Mørkfarging er en alvorlig kvalitetsfeil i potet. Mørkfarging av rå poteter (enzymatisk mørkfarging) skjer i skadde celler enten på skrelleflaten eller etter støt- og trykkskader (støtblått). Aminosyren Tyrosin blir ved hjelp av enzymet Tyrosinase oksidert til det mørkfargete stoffet Melanin over diverse mellomprodukter. Fargen er først rødbrun, seinere mørkebrun og til slutt blåsvart. Det er store forskjeller mellom sortene i tendens til mørkfarging. Høyt kaliuminnhold i knollene reduserer mørkfarginga. Forholdet mellom nitrogen og kalium har også betydning slik at høyt innhold av nitrogen er særlig uheldig når innholdet av kalium er lavt.

I en forsøksserie med stigende kaliumgjødsling i 1985-86 ble det vist små, men sikre utslag for redusert mørkfarging med stigende kaliumgjødsling. Det ble brukt tre sorter, Beate, Peik og Laila som alle er sterke mot enzymatisk mørkfarging.

Tabell 2. Virkningen av kaliumgjødsling på mørkfarging av tre potetsorter. Registreringene er gjort i snittflata etter 24 timer, og mørkfarginga gradert fra 1-9 med 9 som mørkest (Eltun 1987).

Kalium kg/daa	Beate	Laila	Peik	Middel
6	3,1	3,6	3,7	3,5
12	3,1	3,4	3,5	3,3
18	2,8	2,9	3,2	2,9

Kokte poteter blir også mørkfarget når de står. Dette skyldes i hovedsak at det dannes en kompleksforbindelse mellom klorogensyre og jern. Høyt innhold av sitronsyre reduserer problemet med mørkfarging fordi sitronsyre kan bindes til jern og danne en fargeløs forbindelse. Kalium fremmer dannelsen av sitronsyre.

Planter som lider av kaliummangel får tjukke, sterkt rynka blad med innbøyde kanter. Bladene blir mørk blågrønne med et bronseaktig skinn. Det dannes små brune flekker mellom nervene. Etter hvert visner bladkantene og blir brune. Knollene får mørke flekker i karstrengsonen, særlig i navleenden.

SVOVEL

Svovelmangel er et lite problem i potet selv om mye av dyrkinga foregår på jord som kan disponere for svovelmangel. Gjødsling med klorfattig Fullgjødsel® sikrer svoveltilgangen. Danske forsøk viser at avlingene blir sterkt redusert ved sterk svovel mangel. Tørrstoffinnholdet blir også redusert. Svovelmangel fører til en opphoping av nitrat og endring i aminosyresammensetningen slik at ernæringsverdien blir redusert.

MAGNESIUM

Magnesiummangel viser seg ganske ofte i potet. Mangelen viser seg som gulgrønne, seinere brune flekker mellom bladnervene. Randsona er klart avgrensa, først grønn, seinere gul. Symptomene viser seg først på eldre blad fordi magnesium er lett bevegelig i planta.

Sterk gjødsling med kalium kan hemme opptaket av magnesium. På tross av denne hemmende virkningen på opptaket virker kalium positivt på transporten av magnesium i planta. God kaliumforsyning fremmer transport av magnesium til frø og lagringsorgan.

Jordprøver gir en god rettesnor for magnesiumtilførsel, og en regner med behov for magnesium tilførsel når Mg-AL tallene er under 3-4. Dersom det er behov for kalking er den rimeligste måten å tilføre magnesium å kalke med dolomitt. Andre aktuelle gjødselslag er kieseritt, magnesiumsulfat og kalimagnesia som kan spres før setting. Magnesiumsulfat og Magtrel kan brukes som bladgjødsel og sprøytes ut i veksttida.

KALSIUM

Saturna er den dominerende potetsorten til chips. Den er svak mot indre nekrose (indre brunflekk). Det er ikke avklart hva som er årsaken til denne svakheten, men den er satt i forbindelse med utilstrekkelig kalsiumtilgang. I en forsøksserie fra 1991-92 ble det vist sikkert mindre indre nekrose begge år der det i tillegg til grunngjødsling med 11-5-17 ble gitt 100 kg gips (23 kg Ca) pr. daa.

Det har ikke vært vanlig å anbefale delt gjødsling i potet. Forsøk fra 1960 og 70 tallet viste at det ikke var noe å hente avlingsmessig ved å dele nitrogentilførselen.

I 1992 ble det gjennomført en forsøksserie med delt gjødsling. Resultatene viste små og ikke signifikante utslag for salgbar avling. Totalavlinga ble størst der all gjødsla var gitt om våren. Noe bedre sorteringsutbytte der det ble gjødslet med PK gjødsel om våren og kalksalpeter ved 20 cm ris ga størst salgbar avling med delt gjødsling.

Delt gjødsling med PK og N gjødsel har gitt lavere tørrstoffinnhold enn Fullgjødsel® om våren. Hovedårsaken er nok at PK gjødsla inneholder klor, men sein tilførsel av nitrogen trekker i samme retning. Ammoniumnitrogenet i kalkammonsalpeter har redusert tørrstoffinnholdet sterkere enn nitratet i kalksalpeter.

Tabell 3. Delt gjødsling til potet, sammendrag av 9 felt i 1992 for salgbar avling og tørrstoff, 5 felt for indre brunflekk (Møllerhagen 1993b).

Vår gjødsling		Delgjødsling		Salgbar		Tørrstoff		Brunflekk
kg	type	kg	type	kg/daa	rel.	%	kg/daa	ant. %
90	11-5-17			3526	100	25,4	1113	4
73	6-7-21	30	KS	3528	100	25,3	1092	3
45	11-5-17	45	11-5-17	3519	100	25,4	1114	3
73	PK 7-21	64	KS	3564	101	24,9	1066	1
73	PK 7-21	36	Kalkammon	3431	97	24,7	1040	3
30	11-5-17	60	11-5-17	3363	95	25,6	1074	3

Kalksalpeter inneholder 18,8 % kalsium. I den refererte forsøksserien ble det registrert signifikant mindre indre brunflekk der det ble delgjødslet med kalksalpeter. Det ser ut til at god kalsiumtilgang i knollansettinga kan redusere problemene med indre brunflekk.

Delt gjødsling med PK gjødsel og kalksalpeter kan derfor være et alternativ i Saturna som er svak mot indre feil. For å holde tørrstoffinnholdet oppe og sikre tilstrekkelig tilgang på svovel vil det antakelig være bedre å gjødsle med kalimagnesia som er klorfri og superfosfat enn PK gjødsel. Dette er en mer arbeidskrevende gjødslingspraksis som krever to kjøringer for å sikre jamn spredning.

På lett jord i områder med mye nedbør eller intens vanning kan det være aktuelt med delt gjødsling for å redusere faren for utvasking av næring. Hovedregelen er allikevel at all gjødsel bør gis like før eller samtidig med setting.

HUSDYRGJØDSEL TIL POTET

Det er få husdyrgårder som har stor potetproduksjon. I de viktigste potetdistriktene blir det derfor brukt lite husdyrgjødsel til potet.

Forsøk har vist at utnyttinga av nitrogen fra husdyrgjødsel er bedre i potet enn i korn. Potetene har lang veksttid og behov for næring utover ettersommeren og høsten. Husdyrgjødsel frigjør næring over en lang periode og kan i moderate mengder gi godt resultat i potet.

Tørrstoffinnholdet går ned med økende mengde husdyrgjødsel. Dette skyldes at det frigjøres nitrogen over en lang periode. Nitrogentilgang seint i vekstsesongen reduserer tørrstoffinnholdet. Husdyrgjødsel inneholder også klor som reduserer tørrstoffinnholdet.

Furunes, J. 1990. Nitrogen og kalium til potet. Norsk landbruksforskning 4:179-188.

Mengel, K. og E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, International Potash Institute, Bern.

Møllerhagen, P. J. 1990. Tidlige og seine potetsorter gjødsling og kvalitet, p.1-9. SFL Apelsvoll,

Møllerhagen, P. J. 1993a. Nitrogengjødslingas innvirkning på avling og kvalitet i tre potetsorter dyrket på ulike lokaliteter i Norge. Norsk landbruksforskning 7:279-296.

Møllerhagen, P. J. 1993b. Gjødsling til potet. Jord- og plantekultur 151-156.

Møllerhagen, P. J. 1994. Gjødsling til potet. Jord- og plantekultur 182-184.

Højmark, J. V. 1995. Kartoffeldyrkning. Oversigt over lands-forsøgene - Landsutvalget for planteavl 214-221.

Riley, H. 1994. Forsøk med delt N-gjødsling til tidlig potet. Jord- og plantekultur 175-182.

Rønsen, K. 1983. Virkninger av N- og K- gjødsling på potetavling hos tre sorter i forskjellige landsdeler 1973-76. Forskn.fors.landbr. 34:47-53.

Tveitnes, S. Virkning av husdyrgjødsel på avling og forurensing. Sluttrapport NLVF

Aasen, I. 1986. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrringar hos kulturplanter, Landbruksforlaget, Oslo.

GJØDSLING TIL ROTVEKSTER

INNHOLD

	Side
Nitrogen	3
Fosfor	4
Kalium	5
Svovel	6
Magnesium	6
Bor	7
Husdyrgjødsel til rotvekster	8
Litteratur	10

LITTERATUR

Cutcliffe, J. A. og D. C. Munro. 1973. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on rutabaga yields. Can.J.Plant Sci. 51:357-361.

Dragland, S. 1982. Virkning av tørkeperioder på kålrot. Forskn. fors. landbr. 33:43-49.

Ekeberg, E. 1974. Forsøk med N, NPK og radgjødsling til rot og grønnforvekster i Hedmark og Oppland 1957-73. Forskn. fors.landbr. 25:285-306.

Gupta, U. C. og J. A. Cutcliffe. 1972. Effects of lime and boron on Brown-heart, leaf tissue calsium/boron ratios, and boron concentrations of rutabaga. Soil Sci.Soc. Amer.Proc. 36:936-939.

Lyngstad, I. 1961. Gjødslingsforsøk i rotvekster. Forskn.fors.landbr. 12:315-336.

Mengel, K. og E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, International Potash Institute, Bern.

Nes, A. 1982. Borforsøka 1981, p.1-7. SFL Kise,

Nes, A. 1987. Nitrogengjødsling og planteavstand i matkålrot. Norsk landbruksforskning 1:133-140.

Tveitnes, S. 1979. Store husdyrgjødselmengder pr. arealeining til grønfôrvekstar og eng. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole 58 nr.25:1-28.

Tveitnes, S. 1985. Husdyrgjødsel; gjødsel, jordforbedringsmiddel og avfall med forureiningsrisiko. Institutt for jordkultur Serie B 5/85.

Tveitnes, S. (red.) 1993. Husdyrgjødsel, NLH, SFL, SFFL.

Tveitnes, S. og N. Skaland. 1994. Spredetidspunkt for husdyrgjødsel til kålrot og italiensk raigras, samt ulike nitrogennivåer og såbed, og virkning av fangvekst. Norsk landbruksforskning 8:89-101.

Ødelien, M. 1960. Kan gjødsling være årsak til hypomagnesemi og tetani hos storfe? Tidsskr. for Det Norske Landbr. 67:253-271.

Aasen, I. 1982. Borgjødsling til matkålrot. 1981, p.1-3. Institutt for jordkultur, Ås.

Aasen, I. 1986. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrringar hos kulturplanter, Landbruksforlaget, Oslo.