

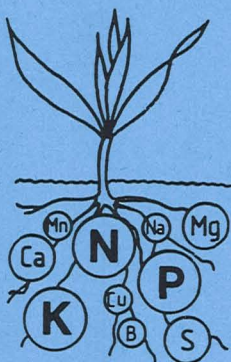


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar

Nitrogen effects of manure on clay soils

Christine Jakobsson och Börje Lindén



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

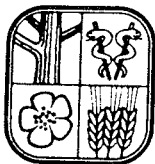
Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 190
Report

Uppsala 1992

ISSN 0348-3541

ISRN SLU-VNL-R-190-SE

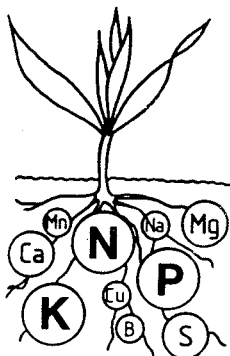


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar

Nitrogen effects of manure on clay soils

Christine Jakobsson och Börje Lindén



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 190
Report

Uppsala 1992
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-190-SE

KVÄVEEFFEKTER AV STALLGÖDSEL PÅ LERJORDAR

- * Undersökningen omfattade fyra ettåriga fältförsök (serie L3-0076), varav två under åren 1987-88 och två 1988-89. De var placerade i Skepptuna, Stockholms län. Grödan var i samtliga fall korn.
- * Båda åren utfördes undersökningarna dels på en svingård med flytgödselhantering och dels på en mjölkkogård med fastgödselhantering.
- * Försöksåret 1987/88 innehöll försöksplanen följande fyra led: ingen stallgödelspridning, spridning sent på hösten med nedplöjning, vårvinterspridning på tjälen och spridning i samband med vårbruket.
- * Försöksåret 1988/89 utgick ledet med vårvinterspridning på tjälen p g a vädret. Försöksplanen innehöll därför tre led på gården med fast gödsel: utan stallgödsel, spridning sent på hösten med nedplöjning och spridning i samband med vårbruket.
- * På flytgödselgården omfattade försöksplanen 1988/89 sex led: utan stallgödsel, bredspridning sent på hösten med nedplöjning, bredspridning i samband med vårbruket, släpslangspridning i samband med vårbruket, bredspridning i grödans 10-15 cm stadium och släpslangspridning i 10-15 cm stadiet.
- * Markens mineralkväveförråd ned till 90 cm djup bestämdes på hösten, tidigt på våren, vid grödans uppkomst och vid gulumgnad. Prov togs även på kornets ovanjordiska delar vid gulumgnad för bestämning av kvävetupptaget.
- * Nötfastgödsel: **Högst skörd och bäst kväveeffekt uttryckt som utnyttjad mängd gödselkväve i relation till stallgödels ammoniumkväveinnehåll** erhöles efter **sen höstspridning med nedplöjning av gödseln**. Problem med ojämn och luckig uppkomst och minskad kvävetillgång troligen genom immobilisering av kväve erhöles efter spridning vid vårbruket. Även efter tillförsel på vårvintern tycktes N-fastläggning uppkomma.
- * Svinflytgödsel första försöksåret: **bäst kväveeffekt erhöles efter spridning i vårbruket tätt följd av vårvinterspridning på tjälen**.
- * Svinflytgödsel andra försöksåret: **bäst kväveeffekt uppkom efter släpslangspridning i grödans 10-15 cm stadium** och härnäst efter höstspridning. Högst skörd erhöles efter sen höstspridning med nedplöjning. Mindre kvävemängd tillfördes dock med släpslangspridningen. God skördehöjande effekt erhöles dock även andra försöksåret av flytgödelspridning i samband med vårbruket. Efter vårvinter- och vårspridning minskade kvävetillgången troligen genom kväveimmobilisering under växtsäsongen eller dess tidigare delar, men i det första årets försök efterföljdes detta skede av ökad kväveminerisering.

-
- * Släpplångspridning i grödans 10-15 cm stadium höjde kärnans proteinhalt. Detta tyder på att utöver sena handelsgödselgivor även sena flytgödselgivor kan användas för att höja proteinhalten hos skörden.
 - * De goda erfarenheterna av höstspridning i fastgödsel försöken, trots att vädret vintertid bägge åren var ovanligt mildt och tjäle saknades, visar att höstspridning av fastgödsel med nedplöjning på lerjordar i Mellansverige är möjlig troligen utan att öka kväveläckaget.
 - * **Vårspridning av svinflytgödsel är en säkrare tidpunkt med tanke på utlakningsrisken.** En större andel kväve finns som ammonium i svinflytgödsel än i fastgödsel. Detta ammoniumkväve visade sig lätt omvandlas till nitrat under vinterhalvåret efter höstspridning och kan då gå förlorat genom utlakning och/eller denitrifikation.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	5
FÖRSÖKSPLANER OCH UTFÖRANDE	6
Försöksplatser	10
Nederbörd och temperatur under försöksperioden	12
RESULTAT	14
Skoby 1	14
Skördar	14
Kväveförhållanden i marken	14
Skoby 2	18
Skördar	18
Kväveförhållanden i marken	20
Vålsta 1	23
Skördar	23
Kväveförhållanden i marken	25
Vålsta 2	27
Skördar	27
Kväveförhållanden i marken	28
DISKUSSION	31
Inverkan på kvävetillgången av olika spridningstidpunkter	31
Verkan av svinflytgödsel	33
Verkan av nötfastgödsel	34
Val av spridningstidpunkt och gödslingsstrategi	35
SUMMARY	36
LITTERATUR	38

INLEDNING

Försöken startades för att öka kunskaperna och förbättra rådgivningen om hur olika spridningstider påverkar stallgödselns kväveverkan vid spridning på lerjordar i mellersta Sverige. Relativt få försök fanns, där olika spridningstidernas inverkan på stallgödselns kväveeffekt hade undersökts. Det finns anledning att misstänka att förhållandena i mellersta Sverige, och då speciellt på lerjordar, skiljer sig från tidigare resultat, som huvudsakligen avser andra landsdelar och lättare jordar.

Kväveutlakningsförlusterna på lerjordar i Mellansverige är generellt mindre än på jordar i landets södra delar (Gustafson, 1982 och 1987). Orsaken är lägre nederbörd, mindre avrinning och relativt långa kalla vintrar vilka nedsätter vattenrörelserna genom marken och hämmar kvävemineriseringen under denna årstid. Rötterna når på lerjordar normalt djupt ned i alven och kan ta tillvara nitratkväve som transporterats dit från matjorden. Dessutom kan denitrifikationen vara betydande i lerjord (Paul & Beauchamps, 1989, Maag, 1989). Man kan därför anta, att spridning sent på hösten av stallgödsel, som sedan snarast plöjs ned, i mellersta och norra Sverige normalt inte behöver medföra påtagliga kväveutlakningsförluster.

Spridning av stallgödsel i anslutning till vårbruket minskar dock generellt utlakningsrisken och kan ge goda kväveeffekter (Torstensson et al, 1992). Vårspredning av stallgödsel är normalt oproblematiskt på lättare jordar. Däremot iakttas ofta packningsskador på lerjordar efter vårspridning. Dessa kan undvikas genom spridning på tjäle på vårvintern. Spridning bör dock aldrig ske på frusen gröda då frysskador på grödan kan förväntas (Baadsgaard, 1987). En kompromiss vid spridning på grödor kan vara att sprida på morgontjälen. Det är dock inte möjligt alla år att sprida vid denna tidpunkt. Efter vårspridning är halmrik fastgödsel ofta svår att harva ner i marken vid vårbruket. Försämrade groning och uppkomst samt nedsatt kväveeffekt, bl a genom ammoniakavdunstning, blir ofta resultatet.

När det gäller att minska ammoniakförlusterna erbjuder släpslangtekniken nya möjligheter för flytgödsel och urin (Blomquist & Gudmundsson, 1988). I flytgödselsträngarna får ammoniumjonerna genom ökad infiltration av gödselvätskan bättre kontakt med markpartiklarna än vid konventionell bredspridning. Vid spridning i växande gröda släpper släpslangarna ut gödseln direkt på markytan. Grödan ger sedan ett mikroklimat med lägre vindhastighet och temperatur än i atmosfären närmast ovanför. Alla dessa faktorer minskar ammoniakavdunstningen. Kvävet kan därför bättre utnyttjas av grödan och möjligheter till spridning i växande gröda med god effekt föreligger (Rodhe & Salomon, 1992).

Vårspredning minskar visserligen kväveutlakningsrisken, men en del oorganiskt gödsel- och jordkväve kan immobiliseras efter spridning av flytgödsel och föga

omsatt fastgödsel (Olsson, 1985; Olsson, 1986; Lindén, 1987). Under dylika förhållanden leder vårspridning till nedsatt kvävetillgång i marken. Sprids däremot sådan gödsel under hösten, kan den hinna omsättas bättre fram till dess att nästa års gröda börjar ta upp kväve, då istället en efterföljande nettomineraliseringsfas bidrar till att förbättra kväveförsörjningen (Lindén, 1987).

I syfte att undersöka hur stallgödsels kväveeffekt påverkas av olika spridningstider utfördes fyra ettåriga fältförsök (L3-0076) under åren 1987-89 på två gårdar, Skoby och Vålsta, i Skepptuna socken, Stockholms län. De genomfördes gemensamt av Lantbruksnämnderna i Uppsala och Stockholms län samt Avdelningen för växtnäringlära vid Sverige lantbruksuniversitet med medel från Lantbruksstyrelsen. Författarna Christine Jakobsson och Börje Lindén är verkamma som lantbrukskonsulent på Statens Jordbruksverk, Uppsala respektive som forskningsledare vid Forskningsavdelningen för växtnäringlära, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

FÖRSÖKSPLANER OCH UTFÖRANDE

På Vålsta gård är produktionsinriktningen mjölk och stallgödseln hanteras som fastgödsel och urin. Skoby gård har slaktsvinsproduktion och flytgödselhantering. Den dominerande jordarten på båda gårdarna är enligt markkarteringsdata mellanlera.

Första försöksåret, 1987/88, utfördes försöken (Skoby 1 och Vålsta 1) i korn, Golf, och målet var att 25 ton per ha av resp stallgödselslag skulle spridas vid varje spridningstillfälle. För försöksplan samt tillförda mängder stallgödsel och växtnäring hänvisas till tabell 1 resp 3. Inget kväve i form av handelsgödsel spreds inom försöksrutorna då undersökningens mål var att renodlat belysa kväveeffekter av stallgödsel. Fastgödseln spreds med en JF-kombi gödselspridare och flytgödseln med en konventionell spegelspridare. På grund av maskinbredden blev försöksrutorna förhållandevis stora. För att inte få arealmässigt för stora försök med risk för oönskad jordvariation anlades dessa med endast två block.

Under andra försöksåret, 1988/89, förändrades försöksplanen något då väderleken omöjliggjorde vårvinterspridning på tjälen. Två led med släpslangspridning, ett före vårbruket och ett i 10-15 cm stadiet hos grödan, samt ett led med bredspridning i 10-15 cm stadiet lades till försöksplanen istället för vårvinterspridningen på flytgödselgården. På fastgödselgården, Vålsta, slopades vårvinterspridningen. Försöksplaner och tillförda mängder stallgödsel och växtnäring 1988/89 i försöken (Skoby 2 och Vålsta 2) finns i tabell 2 och 4. Två block ingick per försök. Stallgödseln spreds dels med de två tidigare nämnda spridarna och dels med en Star släpslangspridare. För att få ett mått på mängden spridd stallgödsel per ha vägdes traktor och spridare både före och efter spridning och den yta som stallgödseln spreds på mättes.

Tabell 1. Försöksplan för fältförsöket Skoby 1 1987/88 samt tillförda mängder svinflytgödsel och växtnäring

Table 1. Experimental plan for the field trial Skoby 1 in 1987/88 and applied amounts of pig slurry and plant nutrients

Försöksled <i>Treatment</i>	Gödslings- datum <i>Date of appli- cation</i>	Flytgödsel <i>Slurry</i>		Växtnäringstillförsel, kg/ha <i>Applied amounts of plant nutrients, kg/ha</i>			
		Ton/ha <i>Tons/ha</i>	Ts, % <i>DM, %</i>	Total-N <i>Total N</i>	NH ₄ -N	P	K
Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	-	-	-	-	-	-	-
Flytgödsel före plöjning på hösten <i>Slurry applied before ploughing in autumn</i>	26.10.87	29	5,2	152	97	34	54
Flytgödsel under sen- vintern <i>Slurry applied in late winter</i>	29.2.88	27	6,5	166	107	37	61
Flytgödsel före harvning på våren <i>Slurry applied before harrowing in spring</i>	4.5.88	24	9,6	129	75	38	40

Tabell 2. Försöksplan för fältförsöket Skoby 2 1988/89 samt tillförda mängder svinflytgödsel och växtnäring

Table 2. Experimental plan for the field trial Skoby 2 in 1988/89 and applied amounts of pig slurry and plant nutrients

Försöksled <i>Treatment</i>	Gödslings- datum <i>Date of appli- cation</i>	Flytgödsel <i>Slurry</i>		Växtnäringstillförsel, kg/ha <i>Applied amounts of plant nutrients, kg/ha</i>			
		Ton/ha <i>Tons/ha</i>	Ts, % <i>DM, %</i>	Total-N <i>Total N</i>	NH ₄ -N	P	K
Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	-	-	-	-	-	-	-
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före plöjning på hösten <i>Slurry applied with conventional spreader before ploughing in autumn</i>	21.10.88	27	9,0	154	92	43	73
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före harvning på våren <i>Slurry applied with conventional spreader before harrowing in spring</i>	24.4.89	28	9,2	179	126	50	78
Flytgödsel tillförd med släpplangspridare före harvning på våren <i>Slurry applied with band spreader before harrowing in spring</i>	24.4.89	17	9,2	109	77	31	48
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare i växande gröda (10-15 cm stadiet) <i>Slurry applied with conventional spreader in growing crop (10-15 cm stage)</i>	2.6.89	23	7,7	140	85	37	53
Flytgödsel tillförd med släpplangspridare i växande gröda (10-15 cm stadiet) <i>Slurry applied with band spreader in growing crop (10-15 cm stage)</i>	2.6.89	13	7,7	79	48	21	30

Tabell 3. Försöksplan för fältförsöket Vålsta 1 1987/88 samt tillförda mängder fast nötkreatursgödsel och växtnäring

Table 3. Experimental plan for the field trial Vålsta 1 in 1987/88 and applied amounts of solid cattle manure and plant nutrients

Försöksled <i>Treatment</i>	Gödslings- datum <i>Date of appli- cation</i>	Fastgödsel <i>Solid manure</i>		Växtnäringstillförsel, kg/ha <i>Applied amounts of plant nutrients, kg/ha</i>			
		Ton/ha <i>Tons/ha</i>	Ts, % <i>DM, %</i>	Total-N <i>Total N</i>	NH ₄ -N	P	K
Utan fastgödsel <i>Without manure</i>	-	-	-	-	-	-	-
Fastgödsel före plöjning på hösten <i>Manure applied before ploughing in autumn</i>	26.10.87	42	21,3	218	16	63	163
Fastgödsel under vår- vintern <i>Manure applied in late winter</i>	29.2.88	41	15,4	172	49	45	115
Fastgödsel före harvning på våren <i>Manure applied before harrowing in spring</i>	6.5.88	35	16,4	137	28	35	102

Tabell 4. Försöksplan för fältförsöket Vålsta 2 1988/89 samt tillförda mängder fast nötkreatursgödsel och växtnäring

Table 4. Experimental plan for the field trial Vålsta 2 in 1988/89 and applied amounts of solid cattle manure and plant nutrients

Försöksled <i>Treatment</i>	Gödslings- datum <i>Date of appli- cation</i>	Fastgödsel, <i>Solid manure</i>		Växtnäringstillförsel, kg/ha <i>Applied amounts of plant nutrients, kg/ha</i>			
		Ton/ha <i>Tons/ha</i>	Ts, % <i>DM, %</i>	Total-N <i>Total N</i>	NH ₄ -N	P	K
Utan fastgödsel <i>Without manure</i>	-	-	-	-	-	-	-
Fastgödsel före plöjning på hösten <i>Manure applied before ploughing in autumn</i>	21.10.88	25	15,7	103	25	27	97
Fastgödsel före harvning på våren <i>Manure applied before harrowing in spring</i>	8.5.89	23	16,1	85	21	23	92

För att följa stallgödselkvävet rörelser och fördelning i marken samt inverkan på kväveminaliseringen och för att bestämma den mängd gödselkväve som grödan hade tagit upp samt beräkna storleksordningen på stallgödseins verkningsgrad togs i alla försök jord- och växtprover. Jordprover togs på 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup för bestämning av mineralkväve enligt följande schema.

- * På hösten (före höstspidningen)
- * Under tidig vår (efter vårvinterspidningen men före vårbruksspidningen)
- * Vid grödans uppkomst (efter vårbruksspidningen)
- * Vid gultmognad

I det översta jordlagret uttogs 24 delprover per led och i de djupare skikten 10 borrhörnar. Dessa blandades till ledvisa samlingsprover, som frysförvarades och efter extraktion med 2 M KCl analyserades med avseende på ammonium- och nitratkväve.

För bestämning av kornets kväveupptag provtogs grödans ovanjordiska delar genom klippning vid markytan vid gultmognad. Exakt 50 cm långa såradsbitar avklippes och totalt 24 slumpmässigt fördelade delprover av detta slag uttogs per led med uppdelning på tre delprover. Efter torkning bestämdes torrvikter och Kjeldahl-kväve. För beräkning av hela grödans N-upptag antogs, att rötterna innehöll 25 % av kvävemängden i hela grödan vid gultmognad (jfr Jansson, 1966).

Kväveminaliseringen under växtperioden (från tidig vår eller uppkomst till gultmognad) beräknades på följande sätt:

$$N_m = N_g + N_{res} - N_{in}$$

där N_m = mineraliserat kväve (nettotillskott av kväve)

N_g = kväve funnet i grödan (inkl rötter) vid gultmognad

N_{res} = mineralkväverest inom 0-90 cm markdjup vid gultmognad

N_{in} = mineralkväve inom 0-90 cm markdjup vid periodens början

FÖRSÖKSPLATSER

Texturell sammansättning, mullhalt och totalkväve i markprofilerna på försöksplatserna framgår av tabell 5.

Enbart lerjordar ingick i försöken. Första året på Skoby utfördes försöket på en måttligt mullhaltig styv lera och andra året på en jord som utgjordes av något mullhaltig lättlera i matjorden och styv lera i alven. På Vålsta anlades försöket det första året på en mellanlera och det andra året på en styv lera men skillnaderna i lerhalt de båda åren var små och i bägge fallen var matjorden måttligt

Tabell 5. Texturell sammansättning (%), mullhalt (% av lufttorkad jord) och totalkväve i markprofilerna på försöksplatserna vid Skoby och Vålsta

Table 5. Textural composition (%), organic matter (% of air dried soil) and total nitrogen in the soil profiles of the experimental sites at Skoby and Vålsta

Försöksplats och år <i>Site and year</i>	Markdjup, cm <i>Soil depth, cm</i>	Kornstorleksgrupper, mm <i>Particle size classes, mm</i>			Mullhalt, % <i>Soil organic matter, %</i>	Total-N, ton/ha <i>Total N, tons/ha</i>
		Lera <i>Clay</i> <0,002	Mjåla och finmo <i>Silt</i> 0,002-0,06	Grovmo och sand <i>Sand</i> 0,06-2		
Skoby 1 1987/88	0-30	53	32	15	4,9	10,3
	30-60	57	30	13	1,3	2,3
	60-90	68	29	3	1,3	2,3
Skoby 2 1988/89	0-30	20	37	43	2,7	6,5
	30-60	53	26	21	1,8	4,8
	60-90	61	34	5	1,1	3,2
Vålsta 1 1987/88	0-30	38	15	46	3,9	9,7
	30-60	40	28	32	0,5	2,6
	60-90	64	30	6	0,9	3,0
Vålsta 2 1988/89	0-30	42	26	32	3,7	8,8
	30-60	58	29	14	1,7	4,3
	60-90	49	46	5	0,9	3,0

mullhaltig. Andra årets försök kännetecknades dock av tät alv med nedsatt rotnedträngning, vilket kan ha hämmat vattenförsörjningen och tillväxten. Dessutom var matjorden kompakt och såbädden blev ojämn vid vårbruket.

Markkarteringsdata för de fyra försöksplatserna visas i tabell 6, där det framgår att försöken på Skoby oftast hade högre P-AL och K-AL-klasser.

Tabell 6. pH-värden samt fosfor- och kaliumtillstånd i matjorden (provtagning till 30 cm djup) på försöksplatserna vid Skoby och Vålsta

Table 6. pH values and phosphorus and potassium contents of the topsoil (soil sampling to 30 cm depth) at the experimental sites at Skoby and Vålsta

Plats Site	År Year	pH (H ₂ O)	mg/100 g lufttorkad jord* samt fosfor- och kaliumklasser mg/100 g air-dried soil* and phosphorus and potassium classes (in brackets) according to Swedish practice	
			P-AL	K-AL
Skoby 1	1987/88	6,8	5,0 (III)	19,5 (IV)
Skoby 2	1988/89	6,6	8,4 (IV)	19,5 (IV)
Vålsta 1	1987/88	6,2	3,0 (II)	10,5 (III)
Vålsta 2	1988/89	6,9	7,0 (III)	22,0 (IV)

* Egnér et al. (1960).

NEDERBÖRD OCH TEMPERATUR UNDER FÖRSÖKSPERIODEN

Uppgifter om nederbörd (tabell 7) och temperatur (tabell 8) under försöksperioden har hämtats från Arlanda flygplats, ca 10 km från försöksplatserna.

Hösten 1987 var relativt torr och temperaturen var högre än normalt i oktober. Nederbörden under vintern 1987-88 var något över det normala medan temperaturen var betydligt högre än under normala år. Tjäle saknades nästan helt under vintern.

Juni 1988 var torrare och juli 1988 betydligt blötare samt hösten 1988 var torrare än normala år. Temperaturen var något högre än normalt i maj, juni och juli detta år. Lägre temperaturer än normala år förekom under december 1988 för att sedan under januari 1989 och resten av vårvintern vara högre än under normala år. Sommaren 1989 var torr. Anmärkningsvärt är att vädret under båda vintrar var onormalt mildt och tjäle saknades i stor utsträckning.

Tabell 7. Månadsnederbörd (mm) under undersökningsperioden (okt 1987 - aug 1989) vid Arlanda, Märsta, ca 10 km från försöksplatserna vid Skoby och Vålsta

Table 7. Monthly precipitation (mm) during the investigation period (October 1987 - August 1989) at Arlanda, Märsta, ca. 10 km from the trial sites at Skoby and Vålsta

	Månad Month												Summa Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1987										20	60	24	
1988	54	53	33	27	33	23	116	60	21	55	30	51	
1989	7	26	48	38	31	36	25	43					
Normal nederbörd*													
Normal precipitation*	38	24	24	30	33	49	69	81	57	50	50	41	546

* Avser perioden 1931-60. Refers to the years 1931-60.

Tabell 8. Månadsmedeltemperaturer (°C) under undersökningsperioden (okt 1987 - aug 1989) vid Arlanda, Märsta, ca 10 km från försöksplatserna vid Skoby och Vålsta

Table 8. Monthly mean temperatures (°C) during the investigation period (October 1987 - August 1989) at Arlanda, Märsta, ca. 10 km from the trial sites at Skoby and Vålsta

	Månad Month												Årsmedeltal Annual mean
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1987										8,3	1,7	-1,9	
1988	0,4	-0,6	-1,9	3,7	12,2	16,2	18,4	15,4	13,1	5,6	-1,5	-3,0	
1989	2,8	2,9	3,2	5,3	12,3	15,5	17,7	15,4					
Normal temperatur*													
Normal temperature*	-4,3	-4,5	-1,8	3,8	9,7	14,3	17,1	15,7	11,1	5,9	1,7	-1,3	+5,6

* Avser perioden 1931-60. Refers to the years 1931-60.

RESULTAT

Skoby 1 1987/88

Skördar

Störst kärnskörd av korn (3450 kg/ha) erhöles efter spridning av svinflytgödsel på tjälen under vårvintern (tabell 9). I kontrolledet, ogödslat, uppgick skörden till 1960 kg/ha. I och med att något mindre kväve tillfördes med flytgödselgivan vid spridningen före harvning på våren än vid vårvinterspridningen (75 kg NH₄-N/ha i jämförelse med 107 kg NH₄-N/ha, tabell 1), blev skörden inte lika stor efter vårspridningen (3220 kg kärna per ha). Däremot erhöles god effekt av det ammoniumkväve som tillfördes vid spridningarna både på vårvintern och i samband med vårbruket. Merupptaget av kväve i hela grödan i jämförelse med ogödslat utgjorde 46 % vid vårvinterspridningen och 48 % vid vårspridningen av tillfört NH₄-N (tabell 9). Sen spridning på hösten med nedplöjning gav inte lika bra kväveeffekt. Endast 28 % av den tillförda NH₄-N-mängden kunde utnyttjas av grödan. Kärnskördens blev också betydligt lägre (2800 kg/ha).

Den 20 juni, då beståndet var i 1-nodsstadiet, sågs tydliga färgskillnader mellan leden. Mörkast grön färg och något längre blad iaktogs efter vårvinterspridning, som även gav högst skörd. Inga skillnader kunde vid detta tillfälle ses mellan ogödslat och vårspridning. Detta kan bero på immobilisering av oorganiskt kväve i samband med den vårspridda flytgödsels nedbrytning i marken. Grödan i ledet med höstspridning gav intryck av att vara glesast och hade den ljusaste färgen.

Kväveförhållanden i marken

Före flytgödselspridningen på hösten 1987 fanns 26 kg mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) per ha inom 0-90 cm djup i marken (tabell 10), vilket kan anses vara en ganska normal mängd med hänsyn till föregående gröda (våraps). Efter snösmältningen och viss upptorkning av marken uttogs jordprover den 8 april 1988. Som genomsnitt för ogödslat och vårspridning, som ännu ej tillförts flytgödsel, återfanns 40 kg mineralkväve per ha, alltså en ökning med 14 kg sedan hösten. N-mineraliseringstillskottet under perioden hade uppenbarligen överstigit förekommande förluster.

Med flytgödselspridning på hösten tillfördes 152 kg totalkväve per ha, varav 97 kg som ammoniumkväve (tabell 1). Den 8 april fastställdes 65 kg mineralkväve per ha, dvs en ökning med knappt 40 kg sedan hösten. Omkring 70 kg ammoniumkväve per ha hade försvunnit. Detta kan till en del bero på att kväve immobiliserats vid nedbrytningen i marken av flytgödsels organiska material. Kväve torde även i viss mån ha förlorats från marken.

Tabell 9. Flytgödselkvävet utnyttjandegrad och inverkan på kornskörden i fältförsök Skoby 1 1987/88

Table 9. Utilization of applied slurry nitrogen and its influence on the barley yield in the field trial Skoby 1 in 1987/88

Försöks- led Treat- ment	NH ₄ -N tillfört med flytgödsel NH ₄ -N app- lied with the slurry, kg N/ha	Utnyttjat flytgödsel- kväve (se tabell 1) Utilized slurry nitrogen (see Table 1)		Kärnskörd vid fullmognad, 15% vatten- halt Grain yield at maturity, 15% moist- ure, kg/ha	Ökning av kärnskörd (kg) per kg NH ₄ -N i flytgödseln Grain yield increase (kg) per kg NH ₄ -N in the slurry	Totalkväve i kärn- skörden vid full- mognad Total nitrogen in grain yield at maturity	
		kg N/ha	% av tillfört NH ₄ -N % of applied NH ₄ -N			% av ts	kg N/ha % of DM
A	-	-	-	1 960	-	1,69	28
B	97	27	28	2 800	9	1,68	40
C	107	49	46	3 450	14	1,71	50
D	75	36	48	3 220	17	1,81	49

A = Utan flytgödsel. *Without slurry.*

B = Flytgödsel före plöjning på hösten. *Slurry applied before ploughing in autumn.*

C = Flytgödsel under senvintern. *Slurry applied in late winter.*

D = Flytgödsel före harvning på våren. *Slurry applied before harrowing in spring.*

Tabell 10. Kväve i mark och gröda i fältförsök Skoby 1 1987/88, kg N/ha

Table 10. Nitrogen in soil and crop in the field trial Skoby 1 in 1987/88, kg N/ha

Försöks- led Treat- ment	Mineralkväve (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm djup Mineral nitrogen (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm depth				Totalkvä- ve i grö- dan vid gulgumn. Total N in crop at yellow ripeness 9.8.88 e	Kvävemineralsering Nitrogen mineralization		Mineralkvä- ve vid 2-3- bladsst. som utnyttjats av grödan: Mineral nitro- gen at the 2-3-leaf stage utilized by the crop: NH ₄ -N + NO ₃ -N 0-90 cm djup 0-90 cm depth h=c-d
	Senhöst Late autumn 9.10.87 a	Tidig Early spring 8.4.88 b	2-3-blads- stadiet 2-3-leaf stage 27.5.88 c	Gulmog- nad Yellow ripeness 9.8.88 d		Från tidig vår till gul- mognad From early spring to yellow ripeness f=e+d-b**	Från 2-3- bladsst. till gulgumn. From 2-3- leaf stage to yellow ripeness g=e+d-c**	
	A		36	60		20	50	
B	26*	65	91	20	77 (+27)	32 (-2)	6 (-4)	71
C		127	119	17	99 (+49)	-11 (-45)	-3 (-13)	99
D		43	78	15	86 (+36)	-	23 (+13)	-

* Generalprov.

** Är f eller g negativt har nettoimmobilisering skett.

A = Utan flytgödsel. *Without slurry.*

B = Flytgödsel före plöjning på hösten. *Slurry applied before ploughing in autumn.*

C = Flytgödsel under senvintern. *Slurry applied in late winter.*

D = Flytgödsel före harvning på våren. *Slurry applied before harrowing in spring.*

Nitrifikationen av gödselammoniumkvävet kan ha lett till dels denitrifikation (Paul & Beauchamp, 1989; Maag, 1989) och dels transport ned i alven av bildat nitrat, som i någon mån också torde ha nått ned under provtagningsdjupet 90 cm. Utlakningsförlusterna synes dock ha varit begränsade, då nitrats koncentrationstopp låg inom 30 - 60 cm djup vid aprilprovtagningen.

På vårvintern tillfördes den 29 februari flytgödsel innehållande 166 kg totalkväve per ha, varav 107 kg ammoniumkväve (tabell 1). Härav återfanns ca 90 kg per ha som mineralkväve den 8 april, varav det mesta i ammoniumform. Fram till provtagningen i kornets 2-3-bladsstadium den 27 maj hade detta ammoniumkväve nästan helt försvunnit, medan nitratmängden tilltagit. I motsats till ogödslat, där mineralkväveförrådet ökat med 24 kg/ha sedan aprilprovtagningen, minskade detta något efter vårvinterspridningen, vilket tyder på N-immobilisering i samband med flytgödselns nedbrytning i marken. Befintligt och bildat nitratkväve kan också i viss mån ha denitrifierats.

Där flytgödsel innehållande 129 kg totalkväve per ha (varav 75 kg $\text{NH}_4\text{-N}$) tillfördes före harvningen på våren, torde förutom ammoniakavdunstning vid spridningen en del kväve ha immobiliserats och denitrifierats, vilket tillsammans kan förklara den ringa ökningen (+35 kg N per ha) i mineralkvävemängden (vari flytgödselkvävet ingår) från den 8 april till den 27 maj.

Vid provtagningen vid gulmognad i början av augusti hade marken i samtliga gödslande led uppenbarligen tömts på mineralkväve till åtminstone 90 cm djup lika effektivt som i ogödslat led, se tabell 10. Då utlakningsförluster under sommaren kan uteslutas, antar vi att markprofilernas "tömning" huvudsakligen berodde på grödans N-upptag. Andra viktigare förlustvägar kan vara denitrifikation och/eller genom immobilisering. Något outnyttjat ammonium- och nitratkväve härstammande från flytgödseln kunde ej återfinnas ens efter höstspridningen, där betydande mängder nitrat transporterats ned till det djupaste provtagningsskiktet under vintern.

Vid en jämförelse med ogödslat, där grödan fram till gulmognad tagit upp 50 kg jordkväve per ha (tabell 10), erhöles ett merupptag efter höst-, vårvinter- och vårspridning på 27, 49 resp 36 kg N/ha genom gödslingarna. I viss mån kan variationerna ha betingats av skillnader i de tillförda kvävemängderna (tabell 1). För att mer renodlat belysa inverkan av de olika spridningstidpunkterna har gödslingseffekterna även uttryckts som ökning av kärnskorde per kg tillfört ammoniumkväve i gödseln (tabell 9). I leden med höst-, vårvinter och vårspridning uppgick denna ökning till 9, 14 resp 17 kg kärna per kg ammoniumkväve. Detta tyder på att spridningen i samband med vårbruket varit effektivast.

Merupptaget av kväve genom gödslingarna betingas i denna undersökning i princip dels av deras inverkan på mängden mineralkväve i marken, när grödans N-upptagning började (här ungefär i kornets 2-3-bladsstadium), och dels av hur

N-mineraliseringen i marken under växtperioden därefter påverkades. I leden med höst-, vårvinter- och vårspridning fanns i 2-3-bladsstadiet 40, 71, 96 resp 63 kg mineralkväve per ha (tabell 10). Men i vart fall i ledet med vårvinterspridning synes en del därav ha immobiliserats senare under växstsäsongen, då N-frigörelsen från 2-3-bladsstadiet till gulmognad blev 13 kg N/ha mindre än i kontrollerledet. Medan 34 kg N per ha nettomineraliserades i ogödslat led från tidig vår till gulmognad, uppkom en nettofastläggning på 11 kg N per ha i ledet med vårvinterspridning under denna period. Immobiliseringen minskade således kvävetillgången med totalt 45 kg N per ha. I ledet med höstspridning blev N-frigörelsen under växstsäsongen nästan lika stor som i ogödslat. Detta kan tyda på att immobiliseringsfasen i stort sett fullbordats fram till våren.

Skoby 2 1988/89

Skördar

Den största kärnskörd (4920 kg/ha, se tabell 11) uppnåddes efter spridning av svinflytgödsel sent på hösten med nedplöjning. I ogödslat led blev skörden 3710 kg/ha. Med höstspridningen av flytgödsel tillfördes 92 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha (tabell 2).

Ledet med bredspridning före harvning på våren fick störst kvävegiva, både som totalkväve (179 kg/ha) och som ammoniumkväve (126 kg/ha). Båda leden med släpplangspridning, och i synnerhet det med tillförsel i växande gröda, fick för liten ställgödselgiva. Ledet med släpplangspridning i samband med sådden erhöll 77 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha men släpplangspridning i kornets 10-15 cm stadium endast 48 kg/ha.

Näst högsta skörd (4660 kg/ha) erhöles ändå efter släpplangspridning vid vårbruket. Med bredspridning vid vårbruket blev skörden något mindre (4600 kg/ha). Med tanke på att släpplangspridningen i samband med vårbruket utfördes samtidigt med bredspridningen och med en betydligt mindre kvävegiva, erhöles betydligt bättre effekt av släpplangspridningen än av bredspridningen. Kärnskördens ökade 12 kg per kg $\text{NH}_4\text{-N}$ tillfört med flytgödseln vid släpplangspridningen, medan bredspridning bara ledde till en ökning på 7 kg per kg $\text{NH}_4\text{-N}$ (tabell 11).

Mycket god effekt av den tillförda mängden ammoniumkväve erhöles genom släpplangspridningen i 10-15 cm stadiet, där 60 % av detta kväve utnyttjades av grödan, räknat som merupptag av kväve i jämförelse med ogödslat (tabell 11). Detta kan jämföras med ledet med höstspridning, som gav högst skörd och där 55 % av tillfört $\text{NH}_4\text{-N}$ utnyttjades. Bredspridningen i 10-15 cm stadiet gav en utnyttjandegrad på 45 % och endast obetydligt större kärnskörd än släpplangspridning vid samma stadium hos grödan trots nästan dubbelt så stor kvävegiva.

Tabell 11. Flytgödselkvävet utnyttjandegrad och inverkan på kornskörden i fältförsök Skoby 2 1988/89

Table 11. Utilization of applied slurry nitrogen and its influence on the barley yield in the field trial Skoby 2 in 1988/89

Försöks- led Treat- ment	NH ₄ -N tillfört med flytgödsel NH ₄ -N app- lied with the slurry, kg N/ha	Utnyttjat flytgödselkväve (se tabell 2) Utilized slurry nitrogen (see Table 2)		Kärnskörd vid fullmognad, 15% vatten- halt Grain yield at maturity, 15% moist- ure, kg/ha	Ökning av kärnskörd (kg) per kg NH ₄ -N i flytgödseln Grain yield increase (kg) per kg NH ₄ -N in the slurry	Totalkväve i kärn- skörden vid full- mognad Total nitrogen in grain yield at maturity	
		kg N/ha	% av tillfört NH ₄ -N % of applied NH ₄ -N			% av ts	kg N/ha % of DM
A	-	-	-	3 710	-	1,65	61
B	92	51	55	4 920	13	2,06	101
C	126	33	26	4 600	7	1,83	84
D	77	19	25	4 660	12	1,68	78
E	85	38	45	4 160	5	1,93	80
F	48	29	60	4 030	7	2,03	82

A = Utan flytgödsel. Without slurry.

B = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före plöjning på hösten. Slurry applied with conventional spreader before ploughing in autumn.

C = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före harvning på våren. Slurry applied with conventional spreader before harrowing in spring.

D = Flytgödsel tillförd med släpslangspridare före harvning på våren. Slurry applied with band spreader before harrowing in spring.

E = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare i växande gröda (10-15 cm stadiet). Slurry applied with conventional spreader in growing crop (10-15 cm stage).

F = Flytgödsel tillförd med släpslangspridare i växande gröda (10-15 cm stadiet). Slurry applied with band spreader in growing crop (10-15 cm stage).

Försöket visar vidare att tidpunkten för tillförseln av flytgödsel i viss mån kan styra vad växten använder kvävet till. Efter de sena spridningarna, i detta fall i 10-15 cm stadiet, gick en större andel av kvävet till proteinuppbyggnad i kärnan än efter spridning i samband med vårbruket (tabell 12). Detta är i överensstämmelse med det kända faktum att sen spridning av kväve kan användas för att höja proteinhalten i kärnskorpen.

Kväveförhållanden i marken

Före flytgödselspridningen under senhösten 1988 fanns 38 kg mineralkväve per ha inom 0-90 cm djup, vilket är en ganska normal mängd med hänsyn till föregående gröda (korn) men mer än i försöket Skoby 1. Fram till vårprovtagningen den 4 april ökade förrådet till 47 kg som medeltal för de led som ej tillförts flytgödsel. Höstspridningen av flytgödsel, med vilken 154 kg totalkväve per ha (varav 92 kg $\text{NH}_4\text{-N}$) tillfördes (tabell 2), ledde till att förrådet av mineralkväve ökade till 121 kg per ha, alltså ett tillskott på 82 kg jämfört med 9 kg i de då ej gödslade leden (tabell 13). De 18 kg N per ha som med hänsyn till flytgödselns innehåll av $\text{NH}_4\text{-N}$ saknades i ledet med höstspridning vid vårprovtagningen kan antas delvis vara kväve som immobiliserats vid flytgödselns omsättning i marken. Förlusterna av gödselkväve till följd av nitrifikation och utlakning av bildat nitrat synes ha varit begränsade, då nitrats koncentrationstopp återfanns på 30-60 cm djup vid provtagningen den 4 april. Något nitrat kan dock tänkas ha denitrifierats och något kan ha transporterats ned under 90 cm djup, där det dock ej behöver ha helt gått förlorat för grödan.

Flytgödsel tillfördes med konventionell spridare och släpslangspridare före harvningen på våren och mängderna totalkväve i gödseln utgjorde 179 resp 109 kg N per ha, varav 126 resp 77 kg i form av $\text{NH}_4\text{-N}$ (tabell 2). Från aprilprovtagningen till provtagningen i 2-3-bladsstadiet (den 17 maj) ökade huvudsakligen genom gödningen mineralkvävemängderna från 47 till 137 kg per ha efter bredspridning och från 49 till 101 kg efter släpslangspridning. En stor del av kvävet var ännu i ammoniumform. Vid en jämförelse med ogödslat, där ett mineraliserings tillskott på 18 kg N per ha hade uppkommit sedan aprilprovtagningen, fattades i leden med bredspridning och släpslangspridning 57 resp 44 kg N per ha, vilket kan bero på ammoniakavdunstning efter spridningen samt kväveimmobilisering och denitrifikation. Efter höstspridning uppkom däremot ett mineraliserings tillskott på 9 kg N per ha, vilket dock var ca 10 kg mindre än i ogödslat.

Där flytgödsel tillfördes i växande gröda (i 10-15 cm stadiet) gjordes inga bestämmningar av kväve i marken efter spridningen förrän vid gulgrodnad (den 4 augusti), då det i leden med konventionell spridare och släpslangspridare återstod 27 resp 26 kg mineralkväve per ha (0-90 cm djup) i jämförelse med 18 kg i ogödslat led. Efter bredspridning på hösten återfanns då 26 kg samt efter bredspridning och släpslangspridning vid vårbruket 27 resp 19 kg. Ökningen i ledet med höstsprid-

Tabell 12. Råprotein i kärnskörd av korn, Skoby 2

Table 12. Crude protein percentage of the grain yield of spring barley, Skoby 2

Försöksled <i>Treatment</i>	Proteinhalt, % <i>Protein level, %</i>
Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	10,3
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före plöjning på hösten <i>Slurry applied with conventional spreader before ploughing in autumn</i>	12,9
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före harvning på våren <i>Slurry applied with conventional spreader before harrowing in spring</i>	11,4
Flytgödsel tillförd med släpslangspridare före harvning på våren <i>Slurry applied with band spreader before harrowing in spring</i>	10,5
Flytgödsel tillförd med konventionell spridare i växande gröda (10-15 cm stadiet) <i>Slurry applied with conventional spreader in growing crop (10-15 cm stage)</i>	12,1
Flytgödsel tillförd med släpslangspridare i växande gröda (10-15 cm stadiet) <i>Slurry applied with band spreader in grow- ing crop (10-15 cm stage)</i>	12,7

Tabell 13. Kväve i mark och gröda i fältförsök Skoby 2 1988/89, kg N/ha

Table 13. Nitrogen in soil and crop in the field trial Skoby 2 in 1988/89, kg N/ha

Försöks- led Treat- ment	Mineralkväve (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm djup Mineral nitrogen (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm depth				Totalkvä- ve i grö- dan vid gulmogn. Total N in crop at yellow ripeness 4.8.89	Kvävemineralisering Nitrogen mineralization		Mineralkvä- ve vid 2-3- bladsst. som utnyttjats av grödan: Mineral nitro- gen at the 2-3-leaf stage utilized by the crop: NH ₄ -N + NO ₃ -N 0-90 cm djup 0-90 cm depth		
	Senhöst Late autumn 19.10.88	Tidig vår Early spring 4.4.89	2-3-blads- stadiet 2-3-leaf stage 17.5.89	Gulmog- nad Yellow ripeness 4.8.89		Från tidig vår till gul- mognad From early spring to yellow ripeness	Från 2-3- bladsst. till gulmogn. From 2-3- leaf stage to yellow ripeness		e	f=e+d-b
A		50	68	18	98	66	48	50		
B		121	130	26	149 (+51)	54 (-12)	45 (-3)	104		
C	38*	47	137	19	131 (+33)	-	13 (-35)	118		
D		49	101	19	117 (+19)	-	35 (-13)	82		
E		45	80	27	136 (+38)	-	-	-		
F		46	57	26	127 (+29)	-	-	-		

* Generalprov.

A = Utan flytgödsel. Without slurry.

B = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före plöjning på hösten. Slurry applied with conventional spreader before ploughing in autumn.

C = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare före harvning på våren. Slurry applied with conventional spreader before harrowing in spring.

D = Flytgödsel tillförd med släpplangspridare före harvning på våren. Slurry applied with band spreader before harrowing in spring.

E = Flytgödsel tillförd med konventionell spridare i växande gröda (10-15 cm stadiet). Slurry applied with conventional spreader in growing crop (10-15 cm stage).

F = Flytgödsel tillförd med släpplangspridare i växande gröda (10-15 cm stadiet). Slurry applied with band spreader in growing crop (10-15 cm stage).

ning jämfört med ogödslat kan tillskrivas outnyttjat $\text{NO}_3\text{-N}$, som vaskats ner i alven under föregående vinter. De större mineralkväveresterna efter tillförsel i växande gröda berodde på något mer outnyttjat kväve i matjorden än i övriga led.

I jämförelse med ogödslat led, där grödan fram till gulmognad tagit upp 98 kg jordkväve per ha (tabell 13), erhöles efter höstspredning, bred- och släpplangspredning vid vårbruket samt bred- och släpplangspredning vid grödans 10-15 cm stadium ett merupptag på i tur och ordning 51, 33, 19, 38 resp 29 kg N per ha. P g a varierande spridningsmängder är en jämförelse mellan ökningarna av kärnskorde per kg tillfört gödselammoniumkväve mer belysande vad gäller gödselkvävet effektivitet vid de olika spridningstillfällena. Dessa ökningarna av kärnskorde blev i de ovannämnda leden i tur och ordning 13, 7, 12, 5 och 7 kg (tabell 11). Höstspredningen blev sålunda lika effektiv som spridningen med släpplangspredare före harvningen på våren och bättre än dels spridning med konventionell spridare vid denna tidpunkt och dels tillförsel i växande gröda med båda spridningssätten.

Kväveförsörjningen i leden med höstspredning samt bred- och släpplangspredning vid vårbruket grundades huvudsakligen på mineralkväve tillgängligt i marken i 2-3-bladsstadiet (tabell 13), medan N-mineraliseringsstillskottet från denna tidpunkt och fram till gulmognad endast blev 45, 13 resp 35 kg N per ha jämfört med 48 kg i ogödslat. Vårspredningen av flytgödsel tycktes således medföra kväveimmobilisering. I leden med flytgödseltillförsel i växande gröda, bestämdes inte N-frigörelsen under denna period.

Vålsta 1 1987/88

Skördar

Störst kärnskörd (4240 kg/ha) erhöles där nötfastgödsel tillförts och plöjts ner på hösten, att jämföra med 3920 kg/ha efter vårvinterspredning och 3890 kg/ha efter vårspredning (tabell 14). I ogödslat led uppgick skörden till 3690 kg/ha. Denna jämförelsevis höga grundskörd berodde på stor tillgång på outnyttjat jordkväve (se nedan) och kan förklara de relativt små skördeökningarna av gödslingarna.

Tillförseln av kväve med fastgödseln var störst vid höstspredningen (218 kg total-N per ha), varav dock endast en mycket liten del (16 kg N/ha) i form av $\text{NH}_4\text{-N}$. Vid vårvinterspredningen tillfördes 172 kg total-N per ha och vid vårspredningen 137 kg innehållande 49 resp 28 kg $\text{NH}_4\text{-N}$.

Den stallgödsel som spreds på hösten var väl brunnen och komposterad. Detta medverkade till att en mycket jämn spridning erhöles. Vid mätning i samband med spridningen visade sig variationskoefficienten för spridningsbredden på

Tabell 14. Fastgödselkvävet utnyttjandegrad och inverkan på kornskörden i fältförsök Vålsta 1 1987/88

Table 14. Utilization of nitrogen applied with FYM and its influence on the barley yield in the field trial Vålsta 1 in 1987/88

Försöks- led Treat- ment	NH ₄ -N tillfört med fastgödsel NH ₄ -N app- lied with the FYM, kg N/ha	Utnyttjat fastgödselkväve (se tabell 3) Utilized nitrogen in FYM (see Table 3)		Kärnskörd vid fullmognad, 15% vatten- halt Grain yield at maturity, 15% moist- ure, kg/ha	Ökning av kärnskörd (kg) per kg NH ₄ -N i fastgödseln Grain yield increase (kg) per kg NH ₄ -N in the FYM	Totalkväve i kärn- skörden vid full- mognad Total nitrogen in grain yield at maturity	
		kg N/ha	% av tillfört NH ₄ -N % of applied NH ₄ -N			% av ts	kg N/ha % of DM
A	-	-	-	3 690	-	1,76	55
B	16	30*	188*	4 240	34	1,75	63
C	49	1	2	3 920	5	1,77	59
D	28	11	39	3 890	7	1,79	59

* Vål brunnen fastgödsel.

A = Utan fastgödsel. *Without manure.*

B = Fastgödsel före plöjning på hösten. *Manure applied before ploughing in autumn.*

C = Fastgödsel under vårvintern. *Manure applied in late winter.*

D = Fastgödsel före harvning på våren. *Manure applied before harrowing in spring.*

stallgödselspridaren vara 12 %, vilket är mycket bra för faststallgödselspridare. Denna väl omsatta gödsel gav under växtsäsongen ett nettomineraliseringsstillskott av kväve motsvarande 24 kg N/ha (se nedan). Detta var tydligt, då gödslingen gav ett merupptag av kväve på 30 kg/ha i jämförelse med ogödslat, medan den tillförda mängden ammoniumkväve bara utgjorde 16 kg/ha (tabell 14 och 15). Detta betyder att även en del av det organiskt bundna stallgödselkvävet kommit grödan till godo.

Grödan i ledet med spridning i samband med vårbruket gav redan vid uppkomsten och även senare, i 2-nodsstadiet, intryck av att vara glesare och ojämnare än i övriga led. Strax före skördetröskningen kunde inga stora skillnader i grödans utveckling ses mellan höstspridning och gårdens gödsling, 400 kg NP 26.6 per ha, på omkringliggande delar av fältet. Övriga led hade något mindre välmatade ax och beståndet i ogödslat var dessutom något glesare.

Kväveförhållanden i marken

Generalprov på mineralkväve i marken (0-90 cm djup) före fastgödselspridningen på hösten 1987 gav ett mycket högt värde, 107 kg N/ha (tabell 15), som kan bero på den relativt höga mullhalten och stor tillförsel av stallgödsel genom åren. Detta ledde till att stallgödselspridningen var av mindre avgörande betydelse för tillväxten och skördens storlek än i försöket Skoby 1, även om mängden vid provtagningen tidigt på våren därefter (den 13 april) hade sjunkit till 80 kg som genomsnitt för ogödslat och spridning vid vårbruket, där gödsel ännu ej hade spridits. I ledet där det med fastgödseln tillfördes 218 kg totalkväve per ha under hösten, varav 16 kg i ammoniumform (tabell 3), erhöles trots tillskottet av gödselkväve bara 77 kg mineralkväve per ha vid aprilprovtagningen. I de förluster som här uppkommit under vintern synes dock andelen gödsel-NH₄-N ha varit mindre än mängden jordkväve.

Där fastgödsel spreds den 29 februari, tillfördes som nämnts 172 kg total-N/ha, varav 49 kg NH₄-N (tabell 3). Vid provtagningen den 13 april fastställdes 111 kg mineral-N/ha, vilket är 30 kg N/ha mer än genomsnittet för ogödslat och spridning vid vårbruket (tabell 15). Ökningen hänförs sig främst till skiktet 0-30 cm, där tillfört NH₄-N ännu bara delvis nitrifierats. De närmare 20 kg gödsel-NH₄-N per ha som ej återfanns som mineral-N i jorden kan ha förlorats genom ammoniakavdunstning, immobiliserats och kanske i viss mån även denitrifierats.

Vid vårbruket tillfördes som nämnts med fastgödseln före harvningen 137 kg total-N/ha, varav 28 kg NH₄-N (tabell 3). Trots detta minskade mängden mineral-N i marken från 91 kg N per ha vid provtagningen den 13 april till 86 kg i grödans 2-3-bladsstadium (den 17 maj), se tabell 15. Ammoniakavdunstning från den ytligt i marken inbrukade, halmrika fastgödseln och kväveimmobilisering i samband med nedbrytningen av denna i marken synes vara de främsta orsakerna.

Tabell 15. Kväve i mark och gröda i fältförsök Vålsta 1 1987/88, kg N/ha

Table 15. Nitrogen in soil and crop in the field trial Vålsta 1 in 1987/88, kg N/ha

Försöks- led Treat- ment	Mineralkväve (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm djup Mineral nitrogen (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm depth		2-3-blads- stadiet 2-3-leaf stage	Gulmog- nad Yellow ripeness	Totalkvä- ve i grö- dan vid Total N in crop at yellow ripeness	Kväveminalisering Nitrogen mineralization		Mineralkvä- ve vid 2-3- bladsst. som utnyttjats av grödan: Mineral nitro- gen at the 2-3-leaf stage utilized by the crop: NH ₄ -N + NO ₃ -N 0-90 cm djup 0-90 cm depth
	Senhöst Late autumn 9.10.87	Tidig vår Early spring 8.4.88				Från tidig vår till gul- mognad From early spring to yellow ripeness	Från 2-3- bladsst. till gulmogn. From 2-3- leaf stage to yellow ripeness	
A		72	97	20	134	82	57	77
B	} 107*	77	89	19	164 (+30)	106 (+24)	94 (+37)	70
C		111	114	20	135 (+1)	44 (-38)	41 (-16)	94
D		91	86	22	145 (+11)	-	81 (+24)	64

* Generalprov.

A = Utan fastgödsel. *Without manure.*

B = Fastgödsel före plöjning på hösten. *Manure applied before ploughing in autumn.*

C = Fastgödsel under vintervintern. *Manure applied in late winter.*

D = Fastgödsel före harvning på våren. *Manure applied before harrowing in spring.*

I övriga led blev det under denna tid nettomineraliseringstillskott av kväve, mest i ogödslat led, där mineral-N-förrådet ökat med 25 kg/ha sedan aprilprovtagningen. I leden med spridning på hösten och vårvintern uppgick tillskotten bara till 12 resp 3 kg, vilket tyder på kväveimmobilisering. Ju senare fastgödselspridningen ägde rum under perioden höst-vårbruk desto kraftigare synes således immobiliseringen under våren ha blivit. Förhållandet mellan halten av kol och kväve, den s k kol-kväve-kvoten har stor betydelse för immobiliseringen. Vid nedbrytningen av den stora halmmängden som tillfördes med stallgödselspridningen på våren borde markmikroorganismerna ha behövt det mesta av det tillgängliga kvävet i markens ytskikt där halmen inbrukats p g a halmens höga kol-kväve-kvot.

Grödan i ogödslat led hade fram till provtagningen vid gulmognad tagit upp 134 kg N/ha. I de höst-, vårvinter- samt vårgödslade leden uppgick merupptaget av kväve till 30, 1 resp 11 kg N/ha (tabell 15). Ökningen av kärnskorde per kg tillfört $\text{NH}_4\text{-N}$ i fastgödseln utgjorde i tur och ordning 34, 5 och 7 kg (tabell 14). Båda parametrarna tillsammans med kärnskorde tyder således på att fastgödselspridningen på hösten givit den bästa kvävegödslingseffekten.

Vid provtagningen i gulmognadsstadiet (den 5 augusti) återstod 20 kg mineral-N/ha ned till 90 cm djup i ogödslat led (tabell 15). Praktiskt taget samma mängd erhöles i alla gödslade led. Kväveutnyttjandet ned till 90 cm djup blev således mycket gott.

Grödans kväveupptag grundade sig i hög grad på stora mineralkväveförråd i marken vid uppkomsten, vilket framgår av provtagningarna i 2-3-bladsstadiet (tabell 15). Kvävemineraliseringstillskottet från denna tid till gulmognad uppgick till 57 kg N/ha i ogödslat. Utöver denna N-frigörelse erhöles ett tillskott på 37 kg genom höstgödslingen och 24 kg efter spridning vid vårbruket medan det blev en nettoimmobilisering på 16 kg N/ha efter vårvinterspridning.

Vålsta 2 1988/89

Skördar

I ogödslat led blev kärnskorde 2920 kg/ha (tabell 16), bl a beroende på relativt liten tillgång på utnyttjbart jordkväve (se nedan). Störst kärnskörd (3600 kg/ha) erhöles efter sen höstspridning av fastgödsel med nedplöjning (tabell 15). Där- emot uppkom skördesänkningar efter vårspridningen av fastgödsel som endast gav en skörd på 2670 kg/ha. Vårvinterspridning på tjälen slopades av väderbe- tingade orsaker.

Ökningen av kärnskoroden per kg $\text{NH}_4\text{-N}$ tillfört med fastgödseln utgjorde 26 kg i ledet med höstspredning, medan en minskning på 12 kg i jämförelse med ogödslat erhöles efter vårspridningen (tabell 16).

Den låga skörden och det ringa gödselkväveutnyttjandet efter spridningen av fastgödsel i samband med vårbruket har flera orsaker. Den stallgödsel som spreds var inte komposterad och hade besvärlig struktur med mycket långhalm. Detta ledde till svårigheter med spridningen, som blev ojämn. Vid vårbruket, som blev tämligen sent (ca en månad efter Skoby 2), uppkom också svårigheter p g a nederbörd, kompakt matjord och tät alv. Packningsskador uppstod. Slutresultatet blev en mycket ojämn såbädd och uppkomst. Även efter nedbrukningen av fastgödseln syntes halm och stallgödselkorpor på markytan.

Förutom ammoniakavdunstning, uppkom efter spridning vid vårbruket med all säkerhet immobilisering av stallgödselkväve under växtsäsongens tidigare del, då kornet hade mycket ljusgrön färg och såg ut att lida starkt av kvävebrist. Immobilisering är trolig även genom att mikroorganismerna i marken måste ha behövt ett kvävetillskott för att bryta ner den stora halmmängden i stallgödseln. Dessutom är ojämn förekomst av kväve i marken trolig p g a ojämnheterna och svårigheterna vid stallgödselspridningen.

Råproteinhalten i kärnskoroden framgår av tabell 17. Att döma av kärnskoroden och råproteinhalten efter vårspridning av fastgödsel immobiliserades kväve under den tidigare delen av växtsäsongen, varefter en remineraliseringsfas kan ha uppkommit, då proteinbildningen i kärnan ägde rum. Detta kan förklara att det under växtsäsongen som helhet ej kunnat fastställas minskad nettomineralisering av kväve (se tabell 18 och nedan). I ledet med höstspredning, där störst skörd erhöles, räckte kvävet uppenbarligen för att öka avkastningen men inte för att höja proteinhalten.

Kväveförhållanden i marken

Före spridningen av fastgödseln på hösten 1988 fanns 29 kg mineral-N/ha inom 0-90 cm djup (tabell 18). Fram till vårprovtagningen den 4 april ökade förrådet till 47 kg som genomsnitt där fastgödseln ännu ej tillförts. Kvävemineraliserings-tillskottet under denna tid synes således ha varit större än förekommande förluster. Där det med fastgödselspridningen på hösten tillfördes 103 kg total-N/ha, varav 25 kg $\text{NH}_4\text{-N}$, fanns vid provtagningen den 4 april 51 kg mineral-N/ha. Det tillförda ammoniumkvävet kunde således bara delvis återfinnas som mineral-N vid denna provtagning. Nedtransporten av mineral-N djupare ned i alven fram till våren synes dock ha varit obetydlig, varför immobilisering av kväve vid gödselns nedbrytning i marken samt denitrifikation torde vara viktigare orsaker.

Tabell 16. Fastgödselkvävet utnyttjandegrad och inverkan på kornskörden i fältförsök Vålsta 2 1988/89

Table 16. Utilization of nitrogen applied with FYM and its influence on the barley yield in the field trial Vålsta 2 in 1988/89

Försöks- led Treatment	NH ₄ -N tillfört med fastgödsel NH ₄ -N applied with the FYM, kg N/ha	Utnyttjat fastgödselkväve (se tabell 4) Utilized nitrogen in FYM (see Table 4)		Kärnskörd vid fullmognad, 15% vatten- halt Grain yield at maturity, 15% moist- ure, kg/ha	Ökning av kärnskörd (kg) per kg NH ₄ -N i fastgödseln Grain yield increase (kg) per kg NH ₄ -N in the FYM	Totalkväve i kärn- skörden vid full- mognad Total nitrogen in grain yield at maturity	
		kg N/ha	% av tillfört NH ₄ -N % of applied NH ₄ -N			% av ts % of DM	kg N/ha
A	-	-	-	2 920	-	1,61	47
B	25	8	32	3 600	26	1,60	58
D	21	-4	-19	2 670	-12	1,66	44

* Vål brunnen fastgödsel.

A = Utan fastgödsel. *Without manure.*

B = Fastgödsel före plöjning på hösten. *Manure applied before ploughing in autumn.*

D = Fastgödsel före harvning på våren. *Manure applied before harrowing in spring.*

Tabell 17. Råproteinhalt i kärnskörd av korn, Vålsta 2

Table 17. Crude protein percentage of the grain yield of spring barley, Vålsta 2

Försöksled Treatment	Proteinhalt, % Protein level, %
Utan fastgödsel <i>Without manure</i>	10,1
Fastgödsel före plöjning på hösten <i>Manure applied before ploughing in autumn</i>	10,0
Fastgödsel före harvning på våren <i>Manure applied before harrowing in spring</i>	10,4

Tabell 18. Kväve i mark och gröda i fältförsök Vålsta 2 1988/89, kg N/ha

Table 18. Nitrogen in soil and crop in the field trial Vålsta 2 1988/89, kg N/ha

Försöks- led Treat- ment	Mineralkväve (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm djup Mineral nitrogen (NH ₄ -N + NO ₃ -N), 0-90 cm depth				Totalkvä- ve i grö- dan vid gulmogn. Total N in crop at yellow ripeness 11.8.88	Kvävemineralsering Nitrogen mineralization		Mineralkvä- ve vid 2-3- bladsst. som utnyttjats av grödan: Mineral nitro- gen at the 2-3-leaf stage utilized by the crop: NH ₄ -N + NO ₃ -N 0-90 cm djup 0-90 cm depth
	Senhöst Late 18.10.88	Tidig vår Early 4.4.89	2-3-blads- stadiet 2-3-leaf stage 22.5.89	Gulmog- nad Yellow ripeness 11.8.89		Från tidig vår till gul- mognad From early spring to yellow ripeness	Från 2-3- bladsst. till gulmogn. From 2-3- leaf stage to yellow ripeness	
A	29*	49	68	25	91	67	48	43
B		51	66	25	99 (+8)	73 (+6)	58 (+10)	41
D		45	62	25	87 (-4)	-	50 (+2)	37

* Generalprov.

A = Utan fastgödsel. *Without manure.*

B = Fastgödsel före plöjning på hösten. *Manure applied before ploughing in autumn.*

D = Fastgödsel före harvning på våren. *Manure applied before harrowing in spring.*

Där fastgödsel spreds före harvningen på våren, med ett innehåll av 85 kg total-N/ha, varav 21 kg $\text{NH}_4\text{-N}$, fastställdes 62 kg mineral-N vid provtagningen i 2-3-bladsstadiet (den 22 maj). Detta innebär en ökning med 17 kg N/ha sedan provtagningen den 4 april. I ogödslat led och efter höstspredning blev tillskottet 19 resp 15 kg N/ha. Således tycks det med fastgödseln tillförda ammoniumkvävet ha försvunnit. Orsakerna torde främst vara kväveimmobilisering (se ovan) och ammoniakavdunstning, den senare uppkommen genom ofullständig inarbetning av gödseln i marken.

Vid provtagningen i gulmognadsstadiet (den 11 augusti) återfanns i alla tre leden 25 kg mineral-N/ha inom 0-90 cm djup, med obetydliga nitratmängder i alvskikten. Grödorna utnyttjade i stort sett 40 kg av de mängder mineral-N som fanns i 2-3-bladsstadiet (tabell 18). Kvävemineraliseringen från denna tidpunkt till provtagningen vid gulmognad (den 11 augusti) uppgick till 48 kg N per ha i ogödslat och lika mycket efter vårspridning (tabell 18). Vårspridningen tycktes som ovan diskuterats alltså inte ha gett upphov till kväveimmobilisering under växtsäsongen som helhet. Förutom ett immobiliseringsskede under den tidigare delen av växtsäsongen och en efterföljande nettomineraliseringsfas kan detta bero på den ofullständiga inarbetningen av fastgödseln i marken och att nedbrytningen av den halmrika gödseln därigenom nedsatts.

I ledet med höstspredning frigjordes från 2-3-bladsstadiet till gulmognad 58 kg N/ha, alltså ett tillskott på 10 kg N/ha i jämförelse med kontrolleret. Grödans N-upptag fram till gulmognad blev här 99 kg N per ha mot 91 och 87 kg i ogödslat resp efter vårspridning. Även när det gällde kärnskorde per kg $\text{NH}_4\text{-N}$ tillfört med fastgödseln gav höstspredningen bäst effekt (se ovan).

DISKUSSION

Inverkan på kvävetillgången av olika spridningstidpunkter

I tre av de fyra försöken (Skoby 2 samt Vålsta 1 och 2) gav spridning av stallgödsel på senhösten högst skörd. Härtill erhöles den bästa gödslingseffektiviteten mätt som ökning av kärnskorde per kg tillfört stallgödselammoniumkväve. Bestämningarna av mineralkväveförråden tidigt på våren tyder på att det från stallgödseln härstammande oorganiska kvävet huvudsakligen ej transporterats ned under provtagningsdjupet 90 cm. Emellertid uppkom tydliga förluster av stallgödselammoniumkväve från höstspredningen till våren därefter, vilka ej endast torde bero på utlakning utan även på kväveimmobilisering och denitrifikation. Dessa förluster av växttillgängligt kväve synes dock ha kompenserats genom ökad N-mineralisering under den efterföljande växtsäsongen i båda försöken på Vålsta, där nöfastgödsel tillfördes. I Skoby-försöken, med spridning av svinflytgödsel, blev N-frigörelsen under växtsäsongen i det närmaste lika stor efter höstspredning som utan gödseltillförelse.

Vårvinterspridningen kunde endast genomföras i försöken år 1987/88, Skoby 1 och Vålsta 1. På Skoby erhöles bäst skörd i detta led, medan det på Vålsta blev sämre avkastning och stallgödselkväveutnyttjande än efter höstspridning. I båda försöken försvann stallgödselammoniumkväve från vårvinterspridningen och fram under våren, vilket kan tyda på såväl ammoniakavdunstning som N-immobilisering och denitrifikation. Kvävefastläggningen synes ha fortsatt under växtsäsongen och som följd härav blev tillskottet av mineraliserat kväve, som kunde utnyttjas av grödan, mindre än i det ogödslade ledet. Skördeökningarna och merupptaget av kväve i jämförelse med ogödslat betingades därför enbart av tillgängligt gödselammoniumkväve.

Spridning i samband med vårbruket med konventionella gödselspridare gav inte högsta skörd i något av försöken och ledde endast i Skoby 1 till bästa utnyttjande av tillfört stallgödselammoniumkväve jämfört med övriga gödslade led. I Vålsta 2 blev både avkastning och kvävetillgång sämre än i ogödslat led. Orsakerna torde främst vara ammoniakförluster efter spridningen, kväveimmobilisering och viss denitrifikation. Växttillgängligt kväve synes ha försvunnit på dessa sätt i alla fyra försöken från spridningen på våren till provtagningen i kornets 2-3-bladsstadium. I försöket Skoby 2 fastställdes fortsatt kväveimmobilisering och därmed mindre tillgång på mineraliserat kväve än i kontrolledet från detta stadium till kväveupptagningens avslutning (vid gulmognad). I Vålsta 2 uppmättes samma kvävefrigörelse efter vårspridning som i det ej gödslade ledet. I försöken Skoby 1 och Vålsta 1 erhöles emellertid ett kvävemineraliseringstillskott under denna period i jämförelse med ogödslat.

I dessa försök synes det emellertid ha varit så, att ju senare under perioden från senhösten till vårbruket stallgödsel tillfördes, desto mindre blev nettomineraliseringen under den efterföljande växtsäsongen eller en tidigare del av denna. Detta förklaras som nämnts av att det efter spridningen torde ha uppkommit en kväveimmobiliseringsfas i samband med omsättningen av gödselns organiska substans i marken. Särskilt efter vårvinter- och vårspridningarna kan denna fastläggning ha fortgått långt in på växtsäsongen eller rent av under hela denna. Efter höstspridningarna torde en del av omsättningen ha ägt rum under vinterhalvåret fram till tidig vår, varefter ett remineraliserings- och nettomineraliseringskedje inträtt, som åtminstone omfattat tiden efter grödans uppkomst på våren. Detta ledde sedan till att kvävemineraliseringstillskottet från uppkomst till gulmognad blev större efter höstspridning än i ogödslat, vilket gäller Vålsta 1 och 2, eller lika stort som i detta led, såsom i Skoby 1 och 2. Detta N-tillskott blev särskilt stort i försöket Vålsta 1, där väl brunnen fastgödsel tillförts.

Dessa förlopp synes dock motsägas av resultaten från spridningen i samband med vårbruket i försöken Skoby 1 och Vålsta 1, där N-mineraliseringstillskott erhöles från uppkomst till gulmognad i jämförelse med det ej gödslade. Även försöket Vålsta 2 med i stort sett samma N-frigörelse efter vårspridningen som i kontrolledet kan räknas hit. Det är emellertid möjligt, att ett N-immobiliserings-

skede under en tidigare del av växtsäsongen efterträts av en remineraliseringsfas under dess senare del med ökad N-leverans som följd (jfr Olsson, 1985), vilket i försöket Vålsta 2 yttrade sig som ökad proteinhalt i kärnan. När det gäller båda försöken med fastgödsel (Vålsta 1 och 2), kan den ofullständiga inarbetningen av gödseln i marken vid harvningen vara ytterligare en förklaring, speciellt i Vålsta 2 där uppenbara problem erhöles med inarbetningen. I ytskiktet, som tidvis var uttorkat, kan härigenom nedbrytningen av gödseln och medföljande halm ha hämmats, så att även N-immobiliserings- och mineraliseringsprocesserna fortgått ungefär som i ogödslet. Det är möjligt att liknande förlopp även ägde rum i försöket Skoby 1 med flytgödselspridning, särskilt som våren och försommaren var nederbördsfattiga år 1988.

Det gödsel- och jordkväve som fanns tillgängligt i marken i 2-3-bladsstadiet synes genomgående ha utnyttjats väl av grödorna, vilket framgår av markprofilprovtagningarna till 90 cm djup vid gulmognad. Generellt återstod lika lite mineralkväve i de stallgödslade leden som i ogödslet. Ett undantag var dock Skoby 2, där det i vissa led återfanns ca 10 kg mineralkväve per ha mer. Detta gäller bl a ledet med höstspredning, där nitratkväve som transporterats ned i alven under vintern uppenbarligen blev något sämre utnyttjat av kornet. Däremot är det möjligt att en höstgröda med dess på våren betydligt bättre utvecklade rotsystem på våren hade klarat av att utnyttja denna kvävemängd. I Vålsta 1, där det fanns ovanligt mycket mineralkväve i matjord och alv tidigt på våren även i de då ogödslade leden, blev N-utnyttjandet i alven ändå gott. Detta beror uppenbarligen på att grödornas rötter nått djupt ned i alven på dessa lerjordar. Resultaten tyder även på att ammoniumkväve i stallgödsel, som tillförts under hösten, efter nitrifiering och viss nedtransport i marken väl kunnat tas tillvara av grödorna under den efterföljande växtsäsongen.

Verkan av svinflytgödsel

När det gäller val av bästa spridningstidpunkt för flytgödsel gav inte undersökningen lika entydigt svar som försöken med nötfastgödsel. Första året (Skoby 1, 1987/88) medförde spridning i samband med vårbruket bästa skördestegrande effekt per kg tillfört gödselammoniumkväve tätt följd av vårvinterspredningen. Året därpå (Skoby 2, 1988/89) blev utfallet av spridningen vid vårbruket ej så gott. Tyvärr kunde vårvinterspredning ej upprepas i detta försök. Där erhöles högst skörd efter sen höstspredning med nedplöjning. Året innan blev skörden här lägst bland de led som tillförts flytgödsel.

Av försöken Skoby 1 och 2 framgår, att spridning av flytgödsel kunde ske på senhösten utan påtagligare kväveförluster under de väder- och jordförhållanden som rådde, men att misslyckanden också kan uppkomma under liknande betingelser. Till skillnad från fastgödsel föreligger större delen av totalkvävet i ammoniumform, som vid plusgrader omvandlas till nitrat med risk för utlaknings- och

denitrifikationsförluster. Allt stallgödselammoniumkväve syntes vara försvunnit vid provtagningarna tidigt på våren, vilket förutom N-immobilisering och möjligen ammoniakavdunstning tyder på fullständig nitrifikation från spridning till tidig vår.

Tillförsel av flytgödsel med släpslangspridare i Skoby 2 gav uppenbarligen bättre gödslings effekt än bredspridning med konventionell spridare vid samma tidpunkter (i vårbruket och kornets 10-15 cm stadium). Praktiskt taget samma skörd och kväveupptagning erhöles efter en och samma spridningstidpunkt men med betydligt mindre kväveinsats vad gäller släpslangspridningen.

Verkan av nötfastgödsel

Av försöken Vålsta 1 och 2 framgår, att under de två år som dessa pågick (1987/88 resp 1988/89) var senhösten från avkastningssynpunkt det bästa alternativet för spridning av nötfastgödsel, med efterföljande nedplöjning. **Störst kornskörd och bäst skördestegrande effekt per kg tillfört stallgödselammoniumkväve erhöles efter höstspridningarna trots att de båda vinterhalvåren var onormalt milda och tjäle i marken till större delen saknades samt att nederbörden det ena vinterhalvåret var högre än normalt. Resultaten tyder på att sådan höstspridning är möjlig utan nämnvärt ökat kväveläckage under här rådande väder- och jordartsförhållanden.** Jordarna kan anses vara vanligt förekommande inom det mellansvenska lerjordsområdet. Med hänsyn till väderförhållandena under försöksåren bör slutsatserna även gälla för motsvarande jordarter i södra Sverige.

Det oorganiska gödselkväve som ej immobiliserades eller denitrifierades utlakades troligen knappast alls under vintern utan fanns tillgängligt för växterna på våren. Då stallgödselns organiska del dessutom delvis omsattes av markmikroorganismerna, frigjordes också en del organiskt kväve under den efterföljande växtsäsongen.

Att spridning av fastgödsel på våren gav sämre skörd och skördestegrande effekt per kg tillfört gödselammoniumkväve än höstspridning torde delvis bero på kväveimmobilisering under kortare eller längre tid efter spridningen samt på gasformiga ammoniakförluster och reducerat plantantal. Fastgödseln blev i båda försöken ofullständigt nedbrukad, vilket även medförde att det från gödseln härstammande kvävet blev ytligt beläget (inom 0-5 cm djup) och därmed tidvis låg i uttorkad jord, vilket då kan ha försämrat N-upptagningen. I försöket Vålsta 2 förvärrades som nämnts dessutom situationen genom packningsskador vid spridningen, vilket också försvårade nedharvningen av gödseln. Resultatet blev en dålig såbbädd med ojämn uppkomst och lägre skörd än i det ogödslade ledet.

Val av spridningstidpunkt och gödslingsstrategi

Då höstspridning kan ge försämrade effekter när det gäller både avkastning och kväveförluster och spridning i samband med vårbruket också har nackdelar såsom har belysts, bör spridning under vårvintern, exempelvis på morgontjäle, vara ett intressant alternativ på lerjordar. Dessa bör dock vara plana. Fördelarna är dels att packningsskadorna reduceras och dels att den låga temperaturen motverkar ammoniakavdunstning. Genom god fuktighet får ammoniumjonerna i gödseln god kontakt med markpartiklarna och binds i form av adsorberade ammoniumjoner. Marken bör dock ej vara istäckt, då detta hindrar ammoniumjonerna från att få kontakt med jordpartiklarna och ammoniakavgången ökar betydligt (Sommer & Christensen, 1989). Dessutom ökas risken för förluster genom ytavrinning. Stallgödsel ska aldrig spridas på frusen gröda, då risken är betydlig för skador på grödan.

Man får räkna med kväveimmobilisering, åtminstone under växtsäsongens tidigare delar, efter spridning av fast- och flytgödsel inte bara i samband med vårbruket utan även efter vårvinterspridning. Detta kan leda till kvävebrist. För att motverka detta kan det vara klokt att tillföra handelsgödselkväve som en startgiva i samband med sådden (Steineck & Jakobsson, 1990). Detta gäller i hög grad efter spridning av fastgödsel, speciellt från nötkreatur, eftersom andelen organiskt kväve är stor. Endast en mindre del är i form av ammoniumkväve, som direkt kan utnyttjas av grödan. Ett undantag från detta kan möjligen vara väl brunnen fastgödsel spridd i stora mängder, vilket dock är olämpligt av andra orsaker. För att få störst nytta av stallgödseln bör den fördelas efter dess innehåll av fosfor och sedan kompletteras med handelsgödselkväve (Steineck & Jakobsson, 1990; Steineck et al., 1991).

En aspekt som inte belystes i denna undersökning är betydelsen av en startgiva handelsgödselkväve som sedan kompletteras med släpplangspridning av flytgödsel i grödans 10-15 cm stadium. Vid flytgödseltillförsel så pass sent har det i praktiken befunnits vara av stort värde att sprida handelsgödselkväve vid sådden för att grödans tillväxt snabbt skall komma igång och för att kväve ska finnas tillgängligt för beståndsuppbyggnaden. Sådana sena flytgödselgivor kan tillföras ända fram till tiden strax före axgången, vilket i praktiken dock knappast är aktuellt. Ju senare flytgödseln sprids, desto större proteinhöjande effekt på kärnskörden fås men också desto större körskador. I undersökningar redovisade av Rodhe & Salomon (1992) blev dock de körskador, som orsakades av motsvarande körningar i grödans 10-15 cm stadium, mindre än 2 %.

Vanligast är att hela kvävegivan ges tidigt, i samband med sådden vad gäller vårsäd. Då föreligger dock stor osäkerhet i uppskattningar av skördens storlek och därav betingat kvävebehov. Detta talar för ett system med delgiva bestående av handelsgödselkväve vid sådden och efterföljande tillförsel av flytgödsel med släpplangspridare i växande gröda. Även om det inte är lätt att kompletterings-

gödsla med handelsgödselkväve i östra Mellansverige, där försommartorka är vanlig, tyder de redovisade resultaten på att släpslangtekniken kan ge mycket bra verkan vid sen spridning.

Andra fördelar med släpslangspridning är att spridningssäsongen förlängs och gödseln då kan köras ut under den något lugnare perioden efter vårbruket. Det kan härigenom bli lättare att hinna fördela gödseln i behovsanpassade mindre givor över en större del av arealen. Nedsmutsningen av grödan blir minimal då gödseln sprids på markytan, samtidigt som luktproblemen är betydligt mindre än vid konventionell bredspridning av flytgödsel.

SUMMARY

- * Four annual field experiments (series L3-0076) were conducted during the years 1987-88 and 1988-89. They were situated in Skepptuna in the county of Stockholm. Barley was grown in all experiments.
- * Both years, one field trial was carried out on a pig-farm with slurry and one on a dairy-farm with solid manure.
- * During 1987/88 the design of the trials comprised four treatments with different manure application dates on both farms: without manure, manure applied before ploughing in the late autumn, manure applied on frozen ground in late winter, and manure applied before harrowing in spring.
- * During 1988/89 it was not possible to apply manure on frozen ground in late winter as the winter was extremely mild. The design of the trial on the dairy-farm with solid manure had to be changed to comprise three treatments: without manure, manure applied before ploughing in the late autumn and manure applied before harrowing in the spring.
- * On the pig-farm with slurry the design during 1988/89 was changed to consist of six treatments: without slurry, slurry applied before ploughing in the autumn with a conventional spreader, slurry applied before harrowing in the spring with a conventional spreader, slurry applied before harrowing in the spring with a bandspreader, slurry applied in the growing crop (10-15 cm stage) with a conventional spreader and slurry spread in the growing crop (10-15 cm stage) with a bandspreader.
- * Mineral nitrogen in 0-90 cm soil profile was determined in autumn, in early spring, at crop emergence and at the time of yellow ripeness of the crop. Kjeldahl-nitrogen analyses were carried out on the above-ground parts of the barley at yellow ripeness for determination of the crop uptake of nitrogen.

- * **Cattle solid manure:** The highest yield and best nitrogen effect was obtained after applying manure late in autumn before ploughing. After application of manure in spring before harrowing, problems arrived with an uneven seedbed and immobilization of nitrogen. Also following application in late winter, nitrogen immobilization occurred in spring and during the growing season.
- * **Pig slurry:** During the first year, the best nitrogen effect was found after spring application before harrowing, followed by application on frozen ground in late winter. During the second year, the best nitrogen effect was found when slurry was applied with a bandspreader in the growing crop at the 10-15 cm stage. The second best nitrogen effect during this year was achieved after application in late autumn. The highest yield was obtained after application of slurry late in autumn before ploughing, but a considerable increase in yield was obtained also during the second year after application before harrowing in the spring. A considerably less amount of nitrogen was applied with the bandspreader. After late winter and spring applications, nitrogen immobilization occurred at least during part of the growing season, but in the first year this phase was followed by increased nitrogen mineralization.
- * Bandspreading in the 10-15 cm stage of the crop gave a higher grain protein percentage. This indicates that late applications of slurry can be used to increase the protein level of the crop.
- * **Despite the fact that both winters were unusually mild and the ground was not frozen as usual, the good effects obtained by the autumn applications in the field trials with solid manure indicate that it is possible to apply solid manure late at autumn before ploughing on clay soils in central Sweden without increasing leakage of nitrogen significantly.**
- * With pig slurry, application in the spring is a safer time with regard to minimum nitrogen leakage as a greater amount of nitrogen occurs in the form of ammonium than in solid manure. Ammonium was shown to be easily transformed to nitrate during the winter period after autumn application, thus increasing the risk of nitrogen losses. In solid manure a greater portion of nitrogen occurs in organic form and is not susceptible to leakage.

LITTERATUR

- Baadsgaard, A. 1987. Svinegylle til vintersaed i vaekstperioden. Tidsskrift for Planteavl 91, 223-227.
- Blomquist, J. & Gudmundsson, E. 1988. Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 173, 1-101.
- Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring, hushållning - miljö. Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 41, 1-69.
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler, 26, 199-215.
- Gustafson, A. 1982. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. SLU, Ekohydrologi 11, 19-27.
- Gustafson, A. 1987. Water discharge and leaching of nitrate. SLU, Ekohydrologi 22, 1-82.
- Jansson, S.L. 1966. Vart tar gödselkvävet vägen? Växtnäringsnytt 22 (3), 13-25.
- Lindén, B. 1987. Reasons for variations in optimum demand of fertilizer nitrogen in sugar beet production. Assessment of Nitrogen Fertilizer Requirement Proceedings of the Third Meeting of the NW European Study Group for the Assessment of Nitrogen Fertilizer Requirement, Tune, Danmark, den 23-26 juni 1987. Ed. N.E. Nielsen, Dept. of Soil and Water and Plant Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University, Köpenhamn, 72-87.
- Maag, M. 1989. Denitrification losses from soil receiving pig slurry or fertilizer. Nitrogen in organic wastes applied to soils. Ed. Hansen, J.A. & Henriksen, K., Academic Press, 235-246.
- Olsson, P.-I. 1985. Stallgödselkvävet växttillgänglighet. Försöksverksamheten i sockerbetor 1984. Sockernärings samarbetskommitté 1985, 91-112.
- Olsson, R. 1986. Flytgödselns inverkan på kväveminaliseringen och sockerbetornas kväveupptagning. Försöksverksamheten i sockerbetor 1985. Sockernärings samarbetskommitté 1986, 44-54.

Paul, J.W. & Beauchamp, E.G. 1989. Biochemical changes in soil beneath a dairy cattle slurry layer: The effect of volatile fatty acid oxidation on denitrification and soil pH. Nitrogen in organic wastes applied to soils. Ed. Hansen, J.A. & Henriksen, K., Academic Press, 261 - 270.

Rodhe, L. & Salomon, E. 1992. Spridning av flytgödsel i stråsåd. JTI-rapport 139, 1-77.

Sommer, S. & Christensen, B. 1989. Fordampning av ammoniak fra svingylle udbragt på jordoverfladen. Tidsskrift for planteavl 93,307-321.

Steineck, S. & Jakobsson, C. 1990. Ta vara på stallgödseln! Låt inte värdefull resurs bli miljöproblem. Lantbruksstyrelsens lantbruksinformation, nr 2, 1-16.

Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 43, 1-91.

Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. & Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringens utlakning på en grovmojord med handels- och stallgödselade odlingsystem i södra Halland. SLU, Ekohydrologi 28, 1-24.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- | | | |
|-----|------|--|
| 176 | 1989 | Lennart Mattsson: Fastliggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken.
Soil mineral nitrogen determination in long term experiment. |
| 177 | 1989 | Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kempainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans.
Manure spreading - Plant nutrient balance. |
| 178 | 1990 | Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering.
Computer aided fertilizer planning. |
| 179 | 1990 | Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord.
A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil. |
| 180 | 1991 | Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtillförsel på mark och gröda.
Effects of annual straw application on soils and crops. |
| 181 | 1991 | Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel
Nitrification inhibitors - slurry. |
| 182 | 1991 | Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops. |
| 183 | 1991 | Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024. |

- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.
- 185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.
- 186 1992 Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden.
- 187 1992 Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to AL/standard and AL/ICP.
- 188 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad.
Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.
- 189 1992 Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurhållning.
Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.
- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringslära
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-671249, 671255
