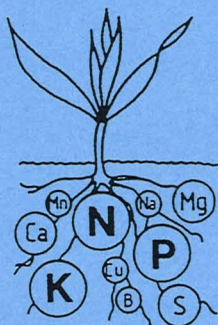




Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd

Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques

Börje Lindén, Käll Carlgren och Lennart Svensson



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 199
Report**

Uppsala 1998

ISSN 0348-3541

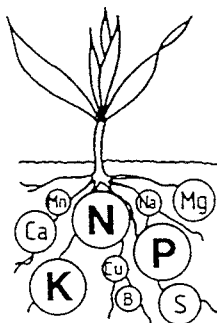
ISRN SLU-VNL-R-199-SE



Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd

Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques

Börje Lindén, Käll Carlgren och Lennart Svensson



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 199
Report**

Uppsala 1998
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-199-SE

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas tre fältförsök 1994-95 på en moig sandjord vid Mellby i södra Halland med studier av hur olika sätt att sprida svinflytgödsel påverkade skörden av stråsäd, grödornas kväveutnyttjande och kväveförlusterna. Undersökningarna finansierades av Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd.

Projektet genomfördes som ett samarbete mellan Jordbrukstekniska institutet (JTI) med agr. dr. Lennart Svensson som projektledare, Hushållningssällskapet i Halland, Institutet för vatten- och luftforskning (IVL) samt avdelningarna för vattenvårdslära och växtnäringslära, båda vid Institutionen för markvetenskap, SLU. JTI ansvarade för spridning av flytgödseln och för mätningar av ammoniakavdunstning. IVL genomförde mätningar av lustgasavgång och Avdelningen för vattenvårdslära bestämningar av utlakning av nitratkväve. Avdelningen för växtnäringslära hade tillsammans med hushållningssällskapet ansvar för skötseln av försöket. Vaxtnäringsavdelningen ansvarade även för provtagning och analys av jord- och växtmaterial samt statistiska beräkningar av skördeutfallet.

Alla medverkande vid de nämnda organisationerna tackas för gott samarbete. Det är författarnas förhoppning, att denna undersökning skall bidra till bästa möjliga utnyttjande av den resurs som flytgödsel är, med minimering av kväveförlusterna till luft och vatten.

Uppsala och Skara i maj 1998

Författarna

Författarna har följande adresser:

Börje Lindén: Avdelningen för mark-växter, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, SLU Box 234, 532 23 Skara

Käll Carlgren: Avdelningen för växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala

Lennart Svensson: Jordbrukstekniska institutet, Box 7033, 750 07 Uppsala

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sida
SAMMANFATTNING	6
INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	7
Försöksplan och försöksplats	7
Kärnskördar	12
Kväveupptagning i grödan	12
Mineralkväve i marken och utlakning av nitratkväve	13
RESULTAT OCH DISKUSSION	14
Skördar och kväveutbyte	14
Flytgödselns inverkan på kvävedynamiken i marken	19
SLUTSATSER	26
SUMMARY	28
LITTERATUR	30

SAMMANFATTNING

I tre ettåriga försök på moig sandjord vid Mellby i södra Halland undersöktes 1994-95 effekterna av olika sätt att sprida svinflytgödsel. I två av försöken (1994: försök 1 och 1995: försök 3) tillfördes gödseln under vårbruket före sådd av vårkorn, och i ett försök 1994-95 (försök 2) spreds gödsel under tidig höst före sådd av rågvete, som föregåtts av vårkorn. Följande fem metoder att tillföra flytgödseln studerades: öppen ytmyllning, täckt ytmyllning med återfyllning av slitsen med jord i samma arbetsoperation som spridningen (endast försök 1), bredspridning (endast försök 3), bandspridning på ytan följd av omedelbar nedharvning samt bandspridning utan nedharvning. Medelgivorna av $\text{NH}_4\text{-N}$ tillfört med flytgödseln uppgick till 93, 83 och 59 kg N/ha i försök 1, 2 resp. 3.

Tillförsel av svinflytgödsel under vårbruket före sådd av korn i försök 1 (1994) och försök 3 (1995) gav relativt goda skördeökningar. Skördeeffekten i försök 2 efter spridning av flytgödsel tidigt på hösten 1994 före sådd av rågvete blev dock mycket liten. Skördeskillnaderna mellan de olika spridningssätten var ganska små i alla tre försöken. Medan vårgödslingen gav ett merinnehåll av kväve i kärnskorde, i jämförelse med ogödslat led, motsvarande ca 30-50 % av de mängder ammoniumkväve som tillförts med flytgödseln, gav höstspridningen ett kväveutbyte på bara 0-6 %.

Vid provtagning av kornet i försök 1 vid avslutad kväveupptagning (gulmognad) 1994 fastställdes i de gödslade leden ett merupptag av kväve, som för hela grödan (beräknat inkl. rötterna) motsvarade en utnyttjandegrad på 62-76 % av $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehållet i flytgödseln. Täckt ytmyllning gav här bättre resultat än bandspridning med eller utan nedharvning av gödseln. Efter öppen ytmyllning av flytgödseln utan efterföljande nedharvning blev grödans kväveupptag och kväveutnyttjande dock sämst. N-utnyttjandegraden uppgick här till 62 %.

I försök 2 med höstspridning nitrifierades allt tillgängligt gödselammoniumkväve under hösten. Detta medverkade uppenbarligen till att utlakningen av nitratkväve under vinterperioden blev större efter höstspridningen i detta försök än efter vårspridningen i försök 1 (drygt 80 resp. drygt 50 kg N/ha).

Spridningen av flytgödsel på våren ökade emellertid också nitratkväveutlakningen under efterföljande vinterhalvår i jämförelse med kontrolleret utan flytgödsel. Förklaringen syntes vara, att flytgödseln gav upphov till ökad kväveminalisering under hösten.

I både försök 1 och 2 såddes rågvete den 20 sept. 1994. Grödan tog i bägge fallen endast upp ett tiotal kg N/ha fram till i början av november, då N-upptagningen kan anses ha varit avslutad. Rågvetet kunde inte eliminera den ökade kväveutlakningen varken efter vår- eller efter höstgödslingen. Genom höstmineraliseringen fanns det redan utan gödsling mer växttillgängligt kväve under hösten än rågvetet kunde utnyttja. Resultaten visar att höstspridning av flytgödsel är olämplig även till höstsåd under förhållanden som på försöksplatsen.

INLEDNING

Tillförsel av stallgödsel till odlade jordar medför kväveförluster till följd av ammoniakavdunstning, denitrifikation och kväveutlakning. Härtill kommer att en del av stallgödselns oorganiska kväveinnehåll (ammonium-N) kan immobiliseras i marken, varefter detta kväve så småningom remineraliseras. Dessa processer medför, att grödornas utnyttjande av stallgödselkvävet kan bli önskat litet. Exempelvis beräknade Jakobsson & Lindén (1992), på basis av vårsädesgrödors totala upptag av kväve från svinflytgödsel, en utnyttjandegrad på 25-48 % av det ammoniumkväve som tillfördes med gödseln vid spridning under vårbruket i försök på lerjord i Uppland. Nedharvning av nötfastgödsel vid vårbruket gav kväveutnyttjandegrader från -19 % (under förhållanden med nettoimmobilisering av kväve) till +22 % (vid nettomineralisering av kväve). I dessa fall kunde således ammoniumkvävet i stallgödseln i stor utsträckning inte utnyttjas av grödorna.

Det är angeläget att förbättra grödornas utnyttjande av stallgödselkväve av både miljömässiga och ekonomiska skäl. Teknik som minskar ammoniakavdunstningen vid spridningen är en första förutsättning för bättre N-utnyttjande. I syfte att belysa inverkan av olika spridningssätt på kväveutnyttjande och -förluster genomfördes 1994-95 undersökningar med spridning av svinflytgödsel i tre försök på moig sandjord vid Mellby i södra Halland. I två av försöken (1994: försök 1 och 1995: försök 3) tillfördes gödseln under vårbruket före sådden av vårkorn, och i ett försök 1994-95 (försök 2) utfördes spridningen under tidig höst före sådd av rågvete, med vårkorn som föregående gröda (Svensson & Lindén, 1998; Weslien et al., under publicering). I försöken studerades olika sätt att tillföra flytgödseln: öppen ytmullning, täckt ytmullning med återfyllning av slitsen med jord i samma arbetsoperation som spridningen (endast försök 1), bredspridning (endast försök 3), bandspridning på ytan följd av omedelbar nedharvning samt bandspridning utan nedharvning, se tabell 1.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplan och försöksplats

I försök 1 spreds svinflytgödsel till vårkorn under vårbruket 1994, i försök 2 till rågvete i september 1994 och i försök 3 till vårkorn under vårbruket 1995 (tabell 1a-c). I försök 1 plöjdes marken i september, varefter rågvete såddes som "fånggröda" vid samma tidpunkt som i försök 2. Avsikten var att jämföra vår- och höstspridningarna av flytgödsel i försök 1 resp. 2 med avseende på inverkan på kväveutlakningen under det efterföljande vinterhalvåret. Syftet var också att belysa möjligheterna att motverka kväveutlakning efter stallgödselspridning genom en höstsådd gröda, godkänd som "grön mark" enligt bestämmelserna om höst- eller vinterbevuxen mark (Lantbruksstyrelsen, 1990).

Tabell 1a. Fältförsök vid Mellby i södra Halland med olika sätt att tillföra svinflytgödsel.

Försök 1: Spridning till vårkorn den 19 april 1994 i samband med vårbruket. Sådd: 23 april. Flytgödsel av olika ursprung användes (flytgödsel nr 1 i led B och C samt nr 2 i led D och E; se Weslien et al., under publicering)

Table 1a. Field experiment at Mellby in south-west Sweden with comparison of different techniques of applying pig slurry.

Exp. no. 1. Slurry applied to spring barley 19.04.94 at seedbed preparation. Sowing date: 23.04.94. Slurries of different origin were used (slurry no. 1 in treatments B and C and no. 2 in D and E; See Weslien et al., in press)

Led och behandling <i>Treatment</i>	Kväve tillfört med flytgöd- seln, N, kg/ha <i>Slurry nitrogen added, N, kg/ha</i>	
	NH ₄ -N <i>NH₄-N</i>	Tot-N <i>Tot N</i>
A Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	-	-
B Öppen ytmyllning <i>Trenching</i>	90	162
C Täckt ytmyllning <i>Shallow injection</i>	90	162
D Bandspridning på ytan och omedelbar nedharvning <i>Band spreading and immediate harrowing</i>	96	138
E Bandspridning på ytan, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	96	138

Tabell 1b. Fältförsök vid Mellby i södra Halland med olika sätt att tillföra svinflytgödsel.

Försök 2: Spridning den 13 september 1994 före sådd av rågvete. Sådd: 20 sept. Flytgödsel av olika ursprung användes (flytgödsel nr 3 i led B och D samt nr 4 i led E; se Weslien et al., under publicering)

Table 1b. Field experiment at Mellby in south-west Sweden with comparison of different techniques of applying pig slurry.

Exp. no. 2: Slurry applied 13.09.94 prior to sowing of triticale. Sowing date: 20.09.94. Slurries of different origin were used (slurry no. 3 in treatments B and D and no. 4 in E; See Weslien et al., in press)

Led och behandling <i>Treatment</i>		Kväve tillfört med flytgöd- seln, N, kg/ha <i>Slurry nitrogen added, N, kg/ha</i>	
		NH ₄ -N <i>NH₄-N</i>	Tot-N <i>Tot N</i>
A	Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	-	-
B	Öppen ytmyllning <i>Trenching</i>	83	100
C	Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	-	-
D	Bandspridning på ytan och omedelbar nedharvning <i>Band spreading and immediate harrowing</i>	83	100
E	Bandspridning på ytan, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	83	100

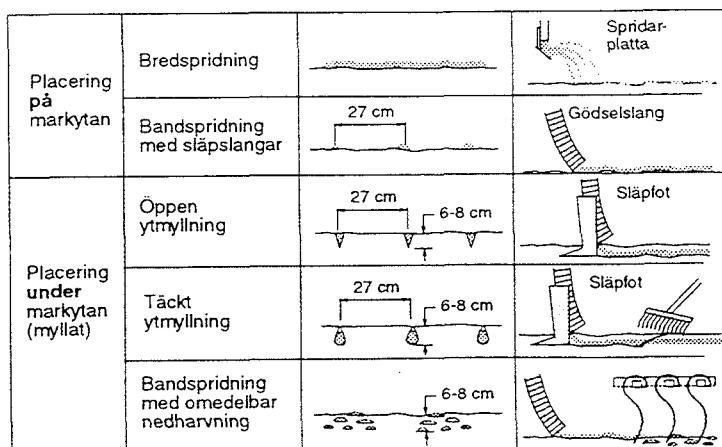
Tabell 1c. Fältförsök vid Mellby i södra Halland med olika sätt att tillföra svinflytgödsel.

Försök 3: Spridning till vårkorn den 21 april 1995 i samband med vårbruket. Sådd: 27 april

Table 1c. Field experiment at Mellby in south-west Sweden with comparison of different techniques of applying pig slurry.

Exp. no. 3: Slurry applied to spring barley 21.04.95 at seedbed preparation. Sowing date 27.04.95

Led och behandling Treatment	Kväve tillfört med flytgödseln, N, kg/ha Slurry nitrogen added, N kg/ha	
	NH ₄ -N NH ₄ -N	Tot-N Tot N
A Utan flytgödsel Without slurry	-	-
B Öppen ytmullning Trenching	63	89
C Bredspridning Broadcasting	57	79
D Bandspridning på ytan och omedelbar nedharvning Band spreading and immediate harrowing	57	80
E Bandspridning på ytan, utan nedharvning Band spreading, without harrowing	60	84



Figur 1. Spridningstekniker som användes i försöken.

Hämtat från: Teknik för lantbruket nr 65, Jordbrukstekniska institutet.

Figure no. 1. Techniques of slurry application used in the experiments.

From: Teknik för lantbruket nr 65, Swedish institute of Agricultural Engineering.

De använda spridningsteknikerna framgår av figur 1, och de led där dessa tillämpades anges i tabell 1a-c. Spridningen ägde rum med JTI:s försöksspridare, som har tre meters spridningsbredd och 27 cm avstånd mellan gödselutsläppen. Med bandspridning menas här spridning på markytan med släpslangteknik. Vid ytmyllning, som avser radmyllning med s.k. släpfoot, placerades gödseln på 6-8 cm djup. Vid öppen ytmyllning lämnades risten i marken öppen, medan den vid täckt ytmyllning täcktes över med jord i samma arbetsmoment. I försök 2 utelämnades ledet med täckt ytmyllning, och rutorna i fråga behandlades som kontrolleret utan flytgödseltillförsel. I försök 3 ersattes täckt ytmyllning med bredspridning.

Före sådden harvades marken tre gånger till 5 cm djup i alla tre försöken. Samma dag spreds sedan flytgödsel utom i försök 2 med höstspridning, där gödseln tillfördes dagen efter harvningen. I led D (tabell 1a-c) myllades flytgödseln genom harvning omedelbart efter bredspridningen. I led A (utan flytgödsel) samt led B, C och E låg marken obearbetad efter spridningstillfället och fram till sådden. Denna medförde dock en viss, grundare myllning av flytgödseln. Sådden i försök 1 ägde rum fyra dagar efter flytgödselspridningen, i försök 2 sju dagar efter och i försök 3 sex dagar efter denna. I alla tre försöken grundgödselades kontrolleret (A) med 18 kg fosfor och 63 kg kalium per ha i form av PK 8-25. I de båda försöken med vårspridning vältades marken efter sådden.

Försöken genomfördes med tre block och slumpmässig fördelning av rutorna i blocken. Försök 1 och 2 var placerade intill varandra på samma fält. Försök 3 lades "ovanpå" försök 1 och med samma rutfördelning. Det utgjorde därmed en direkt fortsättning på försök 1. Försöksresultaten i försök 3 avspeglar därför de samlade effekterna av 1994 och 1995 års flytgödselspridningar på våren. Det rågvete som såddes på hösten efter kornet i försök 1 plöjdes ned på våren nio dagar före spridningen av flytgödsel till försök 3.

Enhetliga markförhållanden rådde inom försöksområdet. Matjorden (0-20 cm) utgjordes av moig sand (ca 84 % sand och grovmo) med en mullhalt på 4,5 % (tabell 2). Alven ned till 100 cm djup innehöll 80-90 % sand och grovmo. Matjorden inom 0-20 cm djup hade följande markkemiska egenskaper (medeltal för de tre försöken): pH (H₂O) = 6,1, P-AL = 31 mg P per 100 g jord (P-AL-klass V) och K-AL = 9 mg K per 100 g jord (K-AL-klass III).

Tabell 2. Texturell sammansättning samt mullhalt (% av lufttorr jord) i matjord och alv. Generalprover skiktvis avseende alla tre försöken
Table 2. Soil texture and soil organic matter content (% of air dry soil) in top- and subsoil. Pooled layer-wise samples for all three experiments

Djup <i>Depth</i> (cm)	Ler <i>Clay</i> (<0.002 mm)	Mjåla och finmo <i>Silt and fine sand</i> (0.002-0.06 mm)	Grovmo och sand <i>Coarse sand</i> (0.6-2 mm)	Mullhalt <i>Org. matter</i> (%)
0-20	1,7	14,4	83,9	4,5
20-40	0,9	12,6	86,6	3,1
40-70	0,0	9,8	90,2	0,8
70-100	1,1	19,6	79,3	0,7

Kärnskördar

Avkastningen bestämdes rutvis i alla tre försöken genom tröskning av delparceller utanför de delområden som avsattes för studier av gasavgång och för provtagningar av jord och gröda (Weslien et al., under publicering). Vid tröskningen togs kärnprov ut i varje ruta, vilka sedan sammanfördes till ledvisa prov. Utöver vattenhalt och renhet vid skörden fastställdes innehållet av totalkväve, som i försök 1 bestämdes med reguljär Kjeldahl-analys (Kjeltec autoanalyser 1030 från Tecator). I försök 2 och 3, som skördades 1995, utfördes totalkväveanalyserna genom totalförbränning och reduktion till N_2 med en Leco CNS 2000 (Leco, S:t Joseph, Michigan, USA) och bestämning av N_2 i en värmekonduktivitetscell.

Kväveupptagning i grödan

I försök 1 provtogs allt ovanjordiskt växtmaterial av kornet i stadium DC 87 (Zadoks et al., 1974), dvs. vid gulmognad, då grödans kväveupptagning ansågs vara avslutad. I både försök 1 och 2 togs prov av rågvetet på senhösten, då tillväxten syntes ha avslutats. Provtagningarna vid dessa tillfällen skedde rutvis genom avklippning av grödan vid markytan inom fyra slumpmässigt fördelade, kvadratiska ytor om $0,25$ m². Växtmaterialet från dessa slogs ihop till rutvisa samlingsprov. I varje led provtogs på detta sätt en total yta av $3,00$ m². Proverna torkades och vägdes, varefter totalkväveinnehållet bestämdes genom reguljär Kjeldahl-analys (Kjeltec autoanalyser 1030 från Tecator). För kornet antogs kväveinnehållet i rötterna utgöra 25 % av grödans totala kväveinnehåll (jmf. Jansson, 1966; Hansson et al., 1987). För rågvetet i försök 1 och 2, som provtogs vid begynnande bestockning (stadium DC 22) i början av november, antogs att rötterna vid denna tidpunkt innehöll 40 % av det samlade kväveinnehållet (jmf. Simán & Jansson, 1977). I försök 3 gjordes av ekonomiska skäl

inga provtagningar av nämnda slag.

På basis av det beräknade kväveupptaget i hela grödan (inkl. rötter) gjordes i försök 1 beräkningar av gödselkvävet utnyttjandegrad (verkningsgrad) uttryckt som gödselkvävet del av grödans totala N-upptag i relation till gödselgivans $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehåll:

Efficiency of applied slurry nitrogen expressed as share of slurry N in the total crop uptake of nitrogen in relation to $\text{NH}_4\text{-N}$ added in slurry:

$$U = \frac{100(N_{\text{cg}} - N_{\infty})}{N_{\text{g}}}$$

där U = gödselkvävet utnyttjandegrad (%)
slurry nitrogen efficiency (%)

N_{cg} = totalkväve i grödan i gödslat led
total nitrogen in crop in manured treatment

N_{∞} = totalkväve i grödan i icke gödslat led (A)
total nitrogen in crop in unmanured treatment (A)

N_{g} = ammoniumkväve tillfört med flytgödseln
ammonium nitrogen applied in slurry

Mineralkväve i marken och utlakning av nitratkväve

I försök 1 och 2 bestämdes markprofilens innehåll av mineralkväve (ammonium- och nitrat-N) för att belysa grödornas kvävetillgång och -utnyttjande samt riskerna för kväveutlakningsförluster. Jordprover uttogs härvid rutvis till 100 cm djup med indelning i fyra skikt: 0-20, 20-40, 40-70 och 70-100 cm. Provtagningen i försök 1 ägde rum omedelbart före flytgödselspridningen på våren, vid gulgrodnad (stadium DC 87), tidigt på hösten före sådden av rågvetet och sent på hösten (samtidigt med provtagning av rågvetebrodden). I försök 2 uttogs jordprover omedelbart före flytgödselspridningen i september (före rågvetesådden) och på senhösten, vid båda tillfällena samtidigt som i försök 1. I försök 3 togs prover på motsvarande sätt endast före flytgödselspridningen på våren.

I matjorden togs 8 (i vissa fall 12) delprover per ruta med Trekanten-borr (Lindén, 1977) och i alven 6 delprover med Ultuna-borr (Lindén, 1979). Borrsticken slogs ihop till skiktvisa samlingsprov. Före sådden av rågvetet hösten 1994 i försök 1 och 2 uttogs prover med 8 borrstick per ruta i matjorden och 4 per ruta i alven.

I alla försöken uttogs vidare rutvisa jordprover i matjorden (0-5, 5-10 och 10-20 cm djup) tre dagar efter flytgödselspridningen för att belysa, hur gödningen inverkat på mängderna växttillgängligt kväve i jorden. För att härvid täcka förekommande variationer till följd av skillnader i koncentrationerna av

mineralkväve i och mellan gödselsträngarna provtogs djupet 0-10 cm genom nedslagning av plåtramar tvärs över gödselsträngarna på sex ställen i varje ruta. Ramarna hade de inre måtten 25 x 25 cm. I ramarna togs jordblock ut inom 0-5 och 5-10 cm djup. På djupet 10-20 cm togs med en fyrkantig borrh 4 delprover inuti var och en av ramarna. Borrhsticken placerades på bestämda men varierade avstånd från gödselsträngarna, också för att täcka förekommande variationer i N-mängderna i sidled ut från strängarna. Delproverna i vart och ett av de tre skikten blandades väl och slogs rutvis samman till skiktvisa samlingsprov.

Vid provtagning efter flytgödselspridningen togs inga prover på 20-100 cm djup. För att beräkna mineralkvävemängderna inom hela djupet 0-100 cm vid dessa tillfällen utnyttjades istället värdena från skikten 20-40, 40-70 och 70-100 cm djup vid jordprovtagningen omedelbart före spridningen, vilka adderades till värdena för 0-5, 5-10 och 10-20 cm djup efter spridningen. Det antogs att kvävehalterna inte ändrades under de få mellanliggande dagarna.

Forskningsanslaget räckte inte till för rutvisa analyser av mineralkväve vid alla provtagningstidpunkter. Därför slogs borrhsticken ihop till ledvisa samlingsprov vid vissa tillfällen. Således kunde ingen fullständig och adekvat statistisk analys av mineralkvävestudierna göras. Av tabell 4, 5, 6 och 7 framgår när rutvis eller ledvis provtagning utfördes.

Alla jordprover djupfrysades och extraherades med 2 M KCl, varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes kolorimetriskt med en TRAACS 800. Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av aktuella vattenhalter och jordens volymvikter i de olika skikten.

Utlakningen av nitratkväve bestämdes av Avdelningen för vattenvårdslära med hjälp av s.k. sugceller (Djurhuus, 1990; Hansen, 1991), som placerats på 90 cm markdjup och med vilka markvattenprover togs ut (Weslien et al., under publicering).

RESULTAT OCH DISKUSSION

Skördar och kväveutbyte

Spridning av flytgödsel på våren till vårkorn

I försök 1 med spridning av flytgödsel till korn under vårbruket 1994 gav flytgödseln, med tillförsel av 90 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha i led B och C samt 96 kg i led D och E, kärnskördar motsvarande 4220-4670 kg/ha (tabell 3a). Den största avkastningen erhöles i led D med bandspridning och omedelbar nedharvning av gödseln. Skillnaderna i verkan mellan olika sätt att sprida flytgödsel var i övrigt ringa. Utan flytgödseltillförsel blev skörden 2350 kg/ha. Kärnskördarna i de

gödslade leden innehöll 54-61 kg totalkväve per ha, vilket var 27-34 kg mer än utan flytgödsel. Detta innebar kväveutbyten i kärnskördarna motsvarande 30-35 % av flytgödselns $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehåll, bäst efter bandspridning med omedelbar nedharvning. I försök 3, med flytgödselspridning till korn 1995 men med bredspridning i led C istället för täckt ytmyllning, medförde bredspridningen sämre avkastning (2570 kg/ha) än de andra spridningssätten (tabell 3c). Öppen ytmyllning gav den signifikant bästa skörden (3420 kg/ha). Skördarna blev i alla led visserligen betydligt mindre än 1994, men skördeökningarna i leden med flytgödsel var av samma storleksordning som 1994, beroende på extremt låg avkastning 1995 i ledet utan flytgödsel. Kärnskördarna 1995 innehöll i de gödslade leden 20-33 kg mer kväve per ha än i kontrolledet. Detta innebär att kväveinnehållet i kärnskördarna i de gödslade leden motsvarade 35-52 % utbyte av flytgödselns $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehåll, sämst efter bredspridningen och bäst efter öppen ytmyllning.

Spridning av flytgödsel tidigt på hösten till rågvete

I försök 2, med spridning av flytgödsel i september 1994 före sådden av rågvete, blev kärnskördarna 1995 små med endast en obetydlig ökning av avkastningen (i medeltal 300 kg kärna per ha) efter flytgödseltillförseln och utan signifikanta skillnader mellan de olika spridningssätten (tabell 3b). Flytgödselns del av kväveutbytet i kärnskördarna motsvarade endast några enstaka kg N/ha av det ammoniumkväve som tillförts med denna.

Tabell 3a. Kärnskördar, kärnans innehåll av totalkväve, kväve bortfört med kärnskördarna samt stråstyrka.
 Försök 1: Spridning av flytgödsel till vårkorn den 19 april 1994 i samband med vårbruket
 Table 3a. Grain yields, nitrogen in grain, nitrogen removed with the grain yield and straw strength.
 Experiment no 1: Slurry applied to spring barley 19.04.94 at seedbed preparation

Led och behandling <i>Treatment</i>	Kärnskörd, kg/ha <i>Grain Yield, kg/ha</i>	Totalkväve kärnan, % av ts <i>Nitrogen in grain, % of DM</i>	Kväve bortfört med skörden <i>Nitrogen removed by the crop</i>			Stråstyrka 0-100 <i>Straw strength 0-100</i>
			Ökning genom gödningen <i>Increase by manuring</i>			
			Kg/ha <i>Kg/ha</i>	Kg/ha <i>Kg/ha</i>	% av tillfört NH ₄ -N <i>% of applied NH₄-N</i>	
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	2350	1,35	27,0	-	-	94
B. Öppen radmyllning <i>Trenching</i>	4220	1,50	53,8	26,8	29,8	93
C. Täckt radmyllning <i>Shallow injection</i>	4310	1,55	56,8	29,8	33,1	90
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	4670	1,53	60,7	33,7	35,1	91
E. Bandspridning, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	4440	1,47	55,4	28,4	29,6	89
LSD, 95 %	334	-	-	-	-	10

Tabell 3b. Kärnskördar, kärnans innehåll av totalkväve, kväve bortfört med kärnskördarna samt stråstyrka.
 Försök 2: Spridning av flytgödsel den 13 september 1994 före sådd av rågvete den 20 september
 Table 3b. Grain yields, nitrogen in grain, nitrogen removed with the grain yield and straw strength.
 Experiment no. 2: Slurry applied 13.09.94 prior to sowing of triticale 27.09.94

Led och behandling <i>Treatment</i>	Kärnskörd, kg/ha <i>Grain yield, kg/ha</i>	Total-N i kärnan % av ts <i>Nitrogen in grain, % of DM</i>	Kväve bortfört med skörden <i>Nitrogen removed by the crop</i>				Stråstyrka 0-100 <i>Straw strength</i>
			Ökning genom gödslingen <i>Increase by manuring</i>				
			Kg/ha <i>Kg/ha</i>	Kg/ha <i>Kg/ha</i>	% av tillfört NH ₄ -N <i>% of applied NH₄-N</i>		
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	2040	1,31	22,7	-	-	100	
B. Öppen radmyllning <i>Trenching</i>	2590	1,21	26,6	5,2	6,3	100	
C. Utan flytgödsel (som A) <i>Without slurry (like in A)</i>	1990	1,18	20,0	-	-	100	
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	2260	1,20	23,1	1,7	2,0	100	
E. Bandspridning, ingen nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	2120	1,20	21,6	0,2	0,2	100	
LSD 95 %	624	-	-	-	-	-	

Tabell 3c. Kärnskördar, kärnans innehåll av totalkväve, kväve bortfört med kärnskördarna samt stråstyrka.
 Försök 3: Spridning av flytgödsel till vårkorn den 21 april 1995 i samband med vårbruket
 Table 3c. Grain yields, nitrogen in grain, nitrogen removed with the grain yield and straw strength.
 Experiment no. 3: Slurry applied to spring barley 21.04.95 at seedbed preparation

Led och behandling <i>Treatment</i>	Kärnskörd, kg/ha <i>Grain yield</i> kg/ha	Total-N i kärnan, % av ts <i>Nitrogen in grain,</i> % of DM	Kväve bortfört med skörden <i>Nitrogen removed by the crop</i>				Stråstyrka 0-100 <i>Straw strength</i>
			Ökning genom gödslingen <i>Increase by manuring</i>		% av tillfört NH ₄ -N % of applied NH ₄ -N		
			Kg/ha <i>Kg/ha</i>	Kg/ha <i>Kg/ha</i>			
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	700	1,37	8,2	-	-	100	
B. Öppen radmyllning <i>Trenching</i>	3420	1,41	41,0	32,8	51,8	93	
C. Bredspridning <i>Broadcasting</i>	2570	1,29	28,2	20,0	35,3	95	
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	2790	1,47	34,9	26,7	46,6	93	
E. Bandspridning, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	2880	1,35	33,0	24,8	41,5	93	
LSD, 95 %	528	-	-	-	-	6	

Flytgödselns inverkan på kvävedynamiken i marken

Spridning av flytgödsel på våren till vårkorn

I försök 1 med flytgödselspridning våren 1994 fanns före flytgödselspridningen i april i medeltal 61 kg mineralkväve per ha inom 0-100 cm markdjup (tabell 4). Med flytgödseln tillfördes i medeltal 93 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha (tabell 1). Vid provtagning den 22 april, dvs. tre dagar efter spridningen, fastställdes i flytgödselleden ökning av mineralkvävemängderna motsvarande 65-91 % av de $\text{NH}_4\text{-N}$ -mängder som tillförts med flytgödseln. Tillskottet var minst efter bandspridning av gödseln utan efterföljande nedharvning. Detta beror delvis på större ammoniakavdunstning i detta led än med de andra spridningssätten (Weslien et al., under publicering).

Vid provtagning under kornets gulmognadsstadium (den 27 juli), då grödans kväueupptagning kan anses vara avslutad, återstod outnyttjade mineralkvävemängder inom 0-100 cm djup motsvarande 59-65 kg N/ha i de flytgödslade leden och 60 kg i kontrollerdet. Då avrinning i dräneringsrören inte förekom på försöksfältet under perioden maj-augusti, torde ingen utlakning av flytgödselkväve ha förekommit under växtsäsongen. Utlakning av gödselkväve synes således inte ha bidragit till de små skillnaderna i jämförelse med kontrollerdet.

Dessa skillnader tyder därför på att det nämnda gödselkväve som fanns i marken tre dagar efter spridningen utnyttjats förhållandevis väl av grödan, även om ökad kväueimmobilisering (Olsson, 1985) och denitrifikation (Maag, 1989; Paul & Beauchamp, 1989) kan ha uppkommit genom flytgödseltillförslin. I de gödslade leden, där i medeltal 93 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha tillfördes, fastställdes sålunda merupptag av kväve på 56-68 kg N/ha i jämförelse med kontrollerdet (tabell 4). Ökningarna av grödans kväueinnehåll motsvarade en utnyttjandegrad på 68-76 % med avseende på flytgödselns $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehåll. Det gällde dock inte efter öppen ytmyllning av flytgödseln, där grödans kväueupptag och kväueutnyttjandegraden (62 %) blev sämst, liksom även kärnskördens storlek (jfr tabell 3a).

Flytgödselammoniumkvävet verkningsgrad var oavsett spridningsteknik förhållandevis god, vilket framgår av jämförelser med andra undersökningar med flytgödselspridning. Exempelvis erhöles ca 50 % verkningsgrad för ammoniumkvävet i svinflytgödsel tillförd genom bandspridning (släpplangspridning) under vårbruket före sådd av vårsäd i ett långliggande försök beläget vid Mellby (Lindén et al., 1993a). Gödseln myllades här ned med tallriksredskap samma dag som spridningen utfördes. Vid tillförel av svinflytgödsel under vårbruket, före sådd av korn, i undersökningar av Jakobsson & Lindén (1992) på lerjord i Uppland gav bredspridning och efterföljande nedharvning samma dag 26-48 % utnyttjandegrad för $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehållet i gödseln. Släpplangspridning med nedharvning samma dag gav liknande verkningsgrad.

Flytgödselkvävet verkningsgrad kan även jämföras med kväueutnyttjandegraden efter spridning av handelsgödselkväve till vårsäd. Sålunda beräknades

utnyttjandet av handelsgödselkväve vid odling av vårsäd på moig sandjord vid Mellby 1989-91 uppgå till 74 % (Lindén et al., 1993a) och till ca 70 % efter gödsling till vårsäd och våroljeväxter på lerjord vid Lanna i Västergötland (Lindén et al., 1993b). Resultaten från det här utförda försöket vid Mellby 1994 med korn visade således en kväveutnyttjandegrad för flytgödseln som var lika stor som för handelsgödselkvävet i de båda refererade undersökningarna.

Genom kvävemineralisering tilltog mineralkväveförråden i marken från kornets gulmognadsstadium fram till provtagningen den 12 september. I ledet utan flytgödsel fanns då 76 kg N/ha och i de gödslade leden 85-93 kg. Fram till provtagningen den 7 november minskade dock mineralkväveförråden, uppenbarligen genom utlakning sedan avrinningen kommit igång i september. Vid den senare tidpunkten återfanns 69-79 kg mineralkväve per ha i de gödslade leden och 56 kg i kontrollerdet.

Ökningarna av mineralkvävemängderna från gulmognad till provtagningen i september blev störst i leden med flytgödsel, vilket också gäller nitratkväveutlakningen (tabell 4). Tillskotten av mineralkväve i dessa led tyder på större höstminalisering av kväve där än i ledet utan flytgödsel. Då någon utlakning inte förekom under sommaren, antyder resultaten också, att höstminaliseringen i flytgödselleden inverkade på N-utlakningens omfattning, som mättes under tiden från flytgödselspridningen (19 april 1994) fram till den 18 april 1995 (Weslien et al., under publicering). Den samlade nitratkväveutlakningen under denna period utgjorde i medeltal 54 kg N/ha i leden med flytgödsel och 37 kg i kontrollerdet.

Det rågvete som såddes efter kornet den 20 september kom upp omkring den 29 september. Fram till i början av november, då rågvetet börjat bestocka sig, hade detta tagit upp 8-9 kg N/ha (tabell 4). Rågvetet förmådde således inte att ta tillvara kvävet i marken i så pass stor utsträckning, att risken för kväveutlakning påtagligt minskades.

I försök 3 med tillförsel av flytgödsel våren 1995 fanns det den 18 april, dvs. tre dagar före spridningen av gödseln, omkring 30 kg mineralkväve per ha inom 0-100 cm markdjup (tabell 5). Med flytgödseln tillfördes 57-63 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha (tabell 1). Fem dagar efter spridningen fastställdes öknings av mineralkvävemängderna (i jämförelse med kontrollerdet) motsvarande 63-89 % av de ammoniummängder som tillförts med flytgödseln. Sämst blev resultaten i led E med bandspridning utan nedharvning av gödseln efter spridningen, där tillskottet endast motsvarade 63 % av mängden tillfört $\text{NH}_4\text{-N}$, och i led C med bredspridning, där ökningen svarade till 74 % av ammoniumkvävet i gödseln. Utöver ammoniakavdunstning kan denitrifikation av jordeget nitratkväve och kväveimmobilisering förklara att kväve försvunnit.

Vid provtagningen i flytgödselleden efter spridningen fanns inom 0-5 cm djup 58-81 % av allt det mineralkväve som då fastställdes i matjorden (0-20 cm), se tabell 5. Detta innebär, att det ammoniumkväve som tillförts med flytgödseln bara obetydligt rört sig nedåt i matjorden. Endast i ledet med öppen ytmullning hade något gödsel- $\text{NH}_4\text{-N}$ förflyttat sig ned till skiktet 5-10 cm. Av allt mineralkväve inom 0-20 cm djup utgjordes 80-85 % av ammoniumkväve i leden med flytgödsel, medan såväl den absoluta mängden som andelen därav var

Tabell 4. Försök nr 1 med flytgödselspridning den 19 april före sådd av vårkorn den 23 april 1994. Kväve (kg N/ha) i mark och gröda. Den 20 september såddes rågvete efter kornet. Siffror inom parentes avser ökning i jämförelse med led A (utan flytgödsel)
 Table 4. Experiment no. 1 with application of slurry 19.04.94 prior to sowing of spring barley 23.04.94. Nitrogen (kg N/ha) in crop and soil. Triticale was sown after spring barley 20.09.94. Figures within brackets refer to increases in nitrogen content compared with treatment A (without slurry)

Led och behandling Treatment	Mineralkväve, 0-100 cm djup Mineral-N in soil, 0-100 cm					Kornets kväveupptag till gulmognad N-uptake until yellow ripen. 27/7	Gödselkvävet utnyttjandegrad, % av tillfört gödsel-NH ₄ -N*	Utlakning av nitratkväve* Leaching of nitrate nitrogen*	Totalkväve i rågvete på senhösten, 7/11 Total N in triticale in late autumn, 07.11.94	
	Före spridning ^a	Efter spridning ^b	Vid gulmognad ^c	Före sådd av rågvete ^d	På senhösten ^c				I ovanjordiska växtdelar In above-ground plant parts	Beräknat för hela grödan Calculated for the whole crop
	Before application 18/4	After application 22/4	At yellow ripeness 27/7	Before sowing of triticale 12/9	In late autumn ^c 7/11					
A. Utan flytgödsel Without slurry	61	65e	60	76	56e	66**	-	37	5,3	9
B. Öppen radmyllning Trenching	61	147f (+82)	62	93	71fg	122 (+56)	62	47	5,2	9
C. Täckt radmyllning Shallow injection	61	140f (+75)	65	87	79g	134 (+68)	76	51	4,8	8
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning Band spreading, immediate harrow.	61	136f (+71)	64	91	69f	131 (+65)	68	62	5,5	9
E. Bandspridning, utan nedharvning Band spreading, without harrowing	61	127f (+62)	59	85	75fg	133 (+67)	70	55	5,1	9

*) Avser perioden 19.04.94 - 18.04.95. Källa: Svensson & Lindén, 1998; Weslien et al. (under publicering).
 Refers to the period 19.04.94 - 18.04.95. From Svensson & Lindén, 1998; Weslien et al. (in press).

* *) Härav kan 61 kg N/ha beräknas ha nettomineraliserats under tiden 22/4 - 27/7 (beräkningsmetod: se Lindén et al., 1992).
 61 kg N/ha was calculated as being mineralized during the period 22.04.94 - 27.07.94 (for method of calculation see Lindén et al. 1992).

a) Blockvis analys. Block-wise analysis.

b) Rutvis analys i matjorden (0-20 cm). Värdet för 20-100 cm från den 18/4 1994. Plot-wise analysis in top soil. Figures for the 20-100 cm soil layer from 18.04.94.

c) Rutvis analys. Plot-wise analysis.

d) Ledvis analys. Treatment-wise analysis.

Gemena bokstäver (Duncan-analys): Siffrvärden kolumnvis åtföljda av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt.
 Lower-case letters (Duncan analysis): Figures column-wise followed by the same letter are not statistically different.

Tabell 5. Försök 3. Mineralkväve i marken före och efter flytgödselspridningen den 21 april samt utlakning av nitratkväve 21 april 1995 - 31 december 1995
 Table 5. Experiment no. 3. Soil mineral N before and after slurry application 21.04.95 and leaching of nitrate during the period 21.04.95 - 31.12.95

Led och behandling <i>Treatment</i>	Mineralkväve, kg N/ha <i>Mineral N, kg/ha</i>				Fördelning i matjorden (0-20cm) ^c den 26/4 (efter spridningen) <i>Distribution in the topsoil (0-20 cm)^c 26.04 (after slurry application)</i>			Utlakning av NO ₃ -N,* kg/ha <i>Leaching of NO₃-N,* kg/ha</i>
	Före spridning ^a 18/4 0-100 cm <i>Prior to slurry application^a 18.04 0-100 cm</i>	Efter spridning ^b 26/4 0-100 cm <i>After slurry application^b 26.04 0-100 cm</i>	0-5 cm () = % av mängden inom 0-20 cm () = % of the amount with- in 0-20 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-20 cm: Andel NH ₄ -N, % % NH ₄ -N 0-20 cm		
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	34	40	4 (32)	3	6	41	2,0	
B. Öppen ytmyllning <i>Trenching</i>	31	92	39 (58)	18	11	84	4,7	
C. Bredspridning <i>Broadcasting</i>	29	82	48 (81)	3	8	85	2,4	
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	30	91	55 (80)	5	9	84	2,5	
E. Bandspridning, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	32	78	39 (74)	4	10	80	3,7	

*) Avser perioden 21.04.95-31.12.95. Källa: Svensson & Lindén 1998; Westlien et al. (under publicering).

Refers to the period 21.04.95 - 31.12.95. From Svensson & Lindén 1998; Westlien et al. (in press).

a) Ledvis analys. *Treatment-wise analysis.*

b) Rutvis analys i matjorden (0-20 cm). Värden för 20-100 cm från den 18/4 (ledvis analys).

Plot-wise analysis in topsoil (0-20 cm). Figures for the 20 - 100 cm soil layer from 18.04.95 (treatment-wise analysis).

c) Rutvis analys. *Plot-wise analysis.*

betydligt mindre i ledet utan flytgödsel. Vad gäller djupfördelning och andel $\text{NH}_4\text{-N}$ i matjorden erhöles liknande resultat i försök 1 och 2 (vår- resp. höstspridning 1994), varför dessa resultat ej återges här.

Av kostnadsskäl genomfördes inga mineralkväveprovtagningar vid gultmognad och under hösten i försök 3 och ej heller någon provtagning av grödan vid gultmognad, vilket skedde i försök 1. Kväveutbytet i kärnskördarna (tabell 3c) tydde emellertid på att vårspridningen gav något bättre verkningsgrad för kvävet än i försök 1. Nitratkväveutlakningen under perioden 21.04.95-31.12.95 (Weslien et al., under publicering) blev visserligen något större i leden med flytgödsel (tabell 5), men p.g.a. torr höst 1995 blev de absoluta mängderna utlakat kväve mycket små i jämförelse med normalförhållanden (Torstensson et al., 1992; Lindén et al., 1993a).

Spridning av flytgödsel tidigt på hösten till rågvete

I försök 2 med spridning av flytgödsel den 13 september 1994 före sådden av rågvete (den 20 september) fanns 65-74 kg mineralkväve per ha inom 0-100 cm markdjup (tabell 6). Med flytgödseln tillfördes 83 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha (tabell 1b). Vid provtagning tre dagar efter spridningen fastställdes i ledet med bandspridning och omedelbar nedharvning av gödseln en ökning av mineralkväveförrådet med 86 kg N/ha, dvs. en ökning i samma storleksordning som för $\text{NH}_4\text{-N}$ -givan. I detta led konstaterades också mindre ammoniakförluster än i de andra flytgödselleden (Weslien et al., under publicering). Efter bandspridning utan efterföljande nedharvning blev ökningen av mängden mineralkväve genom gödningen betydligt mindre. Det saknades här kväve motsvarande 26 kg N/ha av den tillförda mängden gödsel- $\text{NH}_4\text{-N}$. I ledet med öppen ytmullning fattades på motsvarande vis 13 kg N/ha. De gödselkvävemängder som i dessa led inte kunde återfinnas i jorden avspeglar också de uppmätta ammoniakavdunstningsförlusterna, med de största förlusterna efter bandspridning utan efterföljande nedharvning (Weslien et al., under publicering).

Fram till provtagningen den 7 november minskade mineralkväveförråden i alla led. Minskningarna blev betydligt större än rågvetets kväveupptag under motsvarande tid. Detta uppgick till 7-15 kg N/ha (tabell 6). Vid provtagningen hade grödan nått fram till stadium DC 22 (begynnande bestockning).

Rågvetets kväveupptag under hösten blev uppenbarligen för litet för att kunna motverka den ökade nitratkväveutlakning som uppstått till följd av gödningen (tabell 6). Utlakningen, som uppmättes under perioden 13 september 1994 - 2 maj 1995, uppgick till 80-88 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ per ha i de gödslade leden jämfört med 50 kg utan flytgödsel. Höstspridningen medförde också betydligt större utlakningsförluster än vårspridningen (jmf. tabell 4), inte bara i absoluta värden utan även i procent av de tillförda $\text{NH}_4\text{-N}$ -mängderna (Weslien et al., under publicering). Den större risken för N-utlakning som finns efter höstspridning bekräftas av undersökningar 1983-88 i ett långliggande försök med vårsådda grödor på samma fält (Torstensson et al., 1992). Spridning på hösten av svinflytgödsel, med ett innehåll av i medeltal 66 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha och i kombination med en halverad giva handelsgödselkväve (49 kg N/ha) på våren, medförde här en årlig nitratkväveutlakning motsvarande i medeltal 63 kg N per

Tabell 6. Kväve (kg N/ha) i mark och gröda i försök 2 med flytgödselspridning den 13 september före sådd av rågvete den 20 september 1994
 Table 6. Nitrogen (kg N/ha) in crop and soil before sowing of triticale 20.09.94. Slurry applied 13.09.94

Led och behandling <i>Treatment</i>	Mineralkväve, 0 - 100 cm djup <i>Mineral N in soil, 0 - 100 cm depth</i>			Utlakning av nitrat- kväve * <i>Leaching of nitrate-N *</i>	Tot-N i rågvete på senhösten, 7/11 <i>Tot N in triticale in late autumn, 07.11.95</i>	
	Före spridning ^a 12/9 <i>Prior to application^a 12.09</i>	Efter spridning ^b 16/9 <i>After application^b 16.09</i>	På senhö- sten ^c 7/11 <i>In late autumn^c 07.11</i>		I ovan- jordiska växtdelar <i>In above- ground plant 4parts</i>	Beräknat för hela grödan <i>Calculated for the whole crop</i>
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	72	78 ^a	54 ^a	50 * *	9,2	15
B. Öppen ytmullning <i>Trenching</i>	71	148 ^b (+70)	114 ^b	88	6,7	11
C. Utan flytgödsel (som A) <i>Without slurry (like in A)</i>	-	-	60 ^a	-	4,2	7
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	74	164 ^b (+86)	105 ^b	85	6,9	11
E. Bandspridning, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	65	135 ^b (+57)	111 ^b	80	7,3	12

*) Avser perioden 13.09.94 - 02.05.95. Källa: Svensson & Lindén, 1998; Weslien et al. (under publicering).
Refers to the period 13.09.94 - 02.05.95. From Weslien et al. (in press).

* *) Medeltal för led A och C.
Mean for treatments A and C.

a) Ledvis analys

Treatment-wise analysis.

b) Rutvis analys i matjorden (0 - 20 cm). Värdet för 20-100 cm från den 12/9.

Plot-wise analysis in topsoil (0 - 20 cm). Figures 20 - 100 cm from 12.09.94.

c) Rutvis analys.

Plot-wise analysis.

Gemena bokstäver (Duncan-analys): Siffervärdet kolumnvis åtföljda av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt.
Lower-case letters (Duncan-analysis): Figures column-wise followed by the same letter are not statistically different.

Tabell 7. Försök 2 med höstspridning av flytgödsel till rågvete: fördelning mellan ammonium- och nitratkväve i marken (0-100 cm djup, kg N/ha) tre dagar efter flytgödselspridningen (provtagning 12 september 1994) och på senhösten därefter (provtagning 7 november 1994). Summorna av ammonium- och nitrat-N framgår av tabell 6

Table 7. Experiment no. 2: Autumn application of slurry to triticale. Distribution of ammonium- and nitrate-N in soil (0 - 100 cm, kg N/ha) three days after application of slurry (soil sampling 12.09.94) and in late autumn (sampling 07.11.94). Totals of ammonium- and nitrate-N are shown in Table 6

Led och behandling <i>Treatment</i>	Tre dagar efter spridning <i>Three days after slurry application</i>		På senhösten <i>In late autumn</i>	
	NH ₄ -N ^a <i>NH₄-N^a</i>	NO ₃ -N ^a <i>NO₃-N^a</i>	NH ₄ -N ^b <i>NH₄-N^b</i>	NO ₃ -N ^b <i>NO₃-N^b</i>
A. Utan flytgödsel <i>Without slurry</i>	14	65	8	46
B. Öppen ytmyllning <i>Trenching</i>	84	64	8	105
C. Utan flytgödsel (som A) <i>Without slurry (as in A)</i>	-	-	6	54
D. Bandspridning, omedelbar nedharvning <i>Band spreading, immediate harrow.</i>	95	70	8	97
E. Bandspridning, utan nedharvning <i>Band spreading, without harrowing</i>	74	61	7	104

^{a)} Rutvis analys i matjorden (0-20 cm). Värdet för 20-100 cm utförda som ledvis analys.

Plot-wise analysis in the topsoil (0 - 20 cm). Figures from 20 - 100 cm soil layer are from treatment-wise analyses.

^{b)} Rutvis analys.

Plot-wise analysis.

ha jämfört med ca 42 kg/ha efter vårspridning och 44 kg/ha efter tillförsel avenbart handelsgödselkväve i normala mängder (i medeltal 94 kg N/ha) på våren.

Under hösten efter spridningen försvann uppenbarligen allt tillfört gödsel-NH₄-N (tabell 7), troligtvis genom nitrifiering. Medan det tre dagar efter tillförseln av flytgödseln fanns 74-95 kg ammoniumkväve inom 0-100 cm markdjup - det allra mesta i matjorden - i flytgödselleden, jämfört med 14 kg i kontrollerdet, återstod det vid provtagningen den 7 november i alla led bara 6-8 kg. Istället hade nitratmängderna ökat, dock ej i den grad att tillskotten motsvarade de ursprungliga NH₄-N-mängderna.

SLUTSATSER

Tillförsel av svinflytgödsel under vårbruket före sådd av korn i försök 1 (1994) och försök 3 (1995) gav relativt goda skördeökningar. I försök 1 medförde en flytgödselgiva, motsvarande i medeltal 93 kg NH₄-N per ha, merskördar på i genomsnitt drygt 2000 kg kärna per ha. I försök 3, där i genomsnitt 60 kg NH₄-N per ha tillfördes med flytgödseln, blev medelökningen av kärnskördan drygt 2200 kg/ha. Skördeskillnaderna mellan de olika spridningssätten var emellertid ganska små i båda försöken.

Skördeökningen i försök 2 under året efter spridning av flytgödsel tidigt på hösten 1994 före sådd av rågvete blev mycket liten och uppgick i medeltal till 300 kg kärna per ha. Även i detta försök medförde de olika spridningsteknikerna endast smärre skillnader i skördarna. Medan vårgödslingen gav ett merinnehåll av kväve i kärnskördan, i jämförelse med ogödslad led, motsvarande ca 30-50 % av de mängder ammoniumkväve som tillförts med flytgödseln, gav höstspridningen ett kväveutbyte på bara 0-6 %.

Härtill blev utlakningen av nitratkväve under hösten och vintern 1994/95 större i försök 2 efter höstspridningen än efter vårspridningen i försök 1 (drygt 80 resp. drygt 50 kg N/ha). Även om ammoniumjonen var svårörlig i jorden, förhindrades uppenbarligen inte utlakningen av kväve härstammande från flytgödseln, emedan allt gödselammoniumkväve nitrifierades under hösten.

Spridningen av flytgödsel på våren ökade också nitratkväveutlakningen under efterföljande vinterhalvår i jämförelse med kontrollerdet utan flytgödsel. Detta syntes emellertid inte bero på tilltagande mängder utnyttjat kväve i markprofilen, i form av mineralkväve vid avslutad N-upptagning under sensommaren (vid gulmognad). Snarare tycktes det växttillgängliga gödselkvävet ha utnyttjats förhållandevis väl av grödan. Förklaringen till utlakningsökningen torde istället vara, att flytgödseln gav upphov till ökad kväve mineralisering under hösten (jmf. Lindén et al., 1993a och 1994). Detta framgår av att ökningen av mineralkvävemängderna efter gulmognad var större i de gödslade leden än i kontrollerdet.

I båda försöken såddes rågvete den 20 september 1994. Denna gröda tog i bägge fallen endast upp ett tiotal kg N/ha fram till i början av november, då kväveupptagningen kan anses vara avslutad. Det är uppenbart att rågvetet inte

kunde eliminera den ökade kväveutlakningen varken efter vår- eller efter höstgödslingen. Eftersom rågvetets N-upptag i kontrolleret inte var mindre än i de gödslade leden, och då marken därtill innehöll så mycket som drygt 50 kg mineralkväve per ha (0-100 cm djup) på senhösten, när grödan provtogs, var det uppenbart att det redan utan gödsling fanns mer växttillgängligt kväve i marken under hösten än rågvetet kunde utnyttja. Spridning av stallgödsel på hösten till höstväxande grödor är visserligen tillåten enligt reglerna för grön mark (Lantbruksstyrelsen, 1990). Under de förhållanden som rådde på försöksplatsen innebar emellertid sådan spridning dålig växtnäringshushållning, med ökad N-utlakning under vinterhalvåret och sämre skörd under växtsäsongen därefter som följd. Även resultat redovisade av Torstensson et al. (1995) tyder på att höstsädens förmåga att ta upp kväve på hösten och därmed begränsa N-utlakningen vanligen är otillräcklig.

Vid provtagning av kornet i försök 1 vid avslutad kväveupptagning (gulmognad) 1994 fastställdes i de gödslade leden ett merupptag av kväve motsvarande en utnyttjandegrad på 62-76 % av $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehållet. Täckt ytmyllning gav här bättre resultat än bandspridning med eller utan nedharvning av gödseln. Efter öppen ytmyllning av flytgödseln blev grödans kväveupptag och kväveutnyttjande dock sämst, liksom även kärnskoroden (jmf. tabell 3). Kväveutnyttjandegraden uppgick här till 62 %.

Flytgödselammoniumkvävetts verkningsgrad var oavsett spridningsteknik förhållandevis god, vilket framgår av jämförelser med andra undersökningar med flytgödselspridning (Jakobsson & Lindén, 1992; Lindén et al., 1993a). Kväveutnyttjandegraden var därtill lika stor som den som fastställts för handelsgödselkväve i andra undersökningar (Lindén et al., 1993a och b).

SUMMARY

In the years 1994-95 crop yields, nitrogen utilization by crops and risks of nitrogen leaching after application of pig slurry with different techniques were examined in three field trials, each of one year duration.

In two of the trials (trial no. 1 in 1994 and trial no. 3 in 1995) the slurry was applied before sowing of spring barley and in the third trial (no. 2 in 1994-95) the slurry was spread in the autumn prior to sowing of triticale, where the preceding crop was spring barley.

The slurry application techniques were as follows:

- 1) trenching
- 2) shallow injection with immediate refill of soil in the slurry slit (trial no. 1),
- 3) broadcasting (trial no. 3)
- 4) band spreading and immediate harrowing
- 5) banded spreading without harrowing.

The soil nitrogen supply and the risks of nitrate leaching were estimated by determining mineral nitrogen within the 90 cm soil layer at different times. Further, the actual nitrate leaching caused by the slurry application was studied using ceramic cells by which soil water samples were extracted from the soil.

Application of pig slurry before sowing spring barley resulted in relatively high yield increases. Application of pig slurry corresponding to, on average, 93 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per hectare was accompanied by an average yield increase of more than 2000 kg ha^{-1} . In experiment no. 3, where, on average, 60 kg ha^{-1} $\text{NH}_4\text{-N}$ was applied with the slurry, the mean yield increase amounted to ca. 2200 kg ha^{-1} . However, the differences in yield between application techniques were small in both experiments.

The yield increases in trial no. 2, after slurry application in autumn 1994 prior to sowing of triticale, were small, amounting to on average 300 kg ha^{-1} of grain. Also in this trial, yield differences between the application techniques were small.

Whereas the nitrogen recoveries in grain following spring application were 30-50 % of applied $\text{NH}_4\text{-N}$, autumn application only resulted in 0-6 % nitrogen recovery (nitrogen in grain in slurry treatments compared with grain nitrogen contents in the unfertilized treatment)

Moreover, the nitrate nitrogen leaching which followed autumn slurry application in trial no. 2 was greater than in trial no. 1 after spring application, more than 80 versus 50 kg nitrogen per hectare. The fact that the ammonium ion is only little mobile in soil did not prevent leaching of slurry nitrogen, as all ammonium nitrogen remaining from the pig slurry was nitrified in the autumn.

Spring application also increased nitrate leaching during the following winter compared with the leaching in the treatment without application of slurry. This seemed due, not to large amounts of unused nitrogen when crop uptake of nitrogen ceased (at yellow ripeness), but to the fact that the pig slurry caused

increased nitrogen mineralization during the autumn. This was proved by the fact that increases in soil mineral nitrogen after yellow ripeness were greater in manured treatments than in plots without added slurry.

In both trials in 1994 triticale was sown in autumn. The nitrogen uptake of this crop in the autumn was only around 10 kg ha^{-1} until the beginning of November, when the crop nitrogen uptake was considered to have ceased. Apparently the triticale sprout was not able to prevent increased leaching either after spring, or after autumn manuring.

Also in the treatment without application of slurry, there was more mineral nitrogen present in the soil than the crop could utilize during the autumn. This was proved by the fact that even in the unmanured plots as much as 50 kg ha^{-1} mineral nitrogen within the 100 cm soil layer remained, and that the nitrogen uptake by the triticale in the unmanured plots was not less than in the manured ones. However, in Sweden application of slurry in autumn to autumn-growing crops is allowed according to the rules of green cover crops (The National Board of Agriculture 1990). In situations similar to the conditions prevailing at the experimental site, autumn application implied poor economy of crop nutrients causing increased N-leaching during the winter and lower yields during the following growing season. This was verified by Torstensson et al. (1995) who found that the ability of winter cereals to take up mineral nitrogen in autumn was small.

In the spring barley crop of trial no. 1, sampling at yellow ripeness revealed that the efficiency of applied slurry nitrogen corresponded to 62-76 % of the $\text{NH}_4\text{-N}$ content of the slurry. Shallow injection was more efficient than band spreading with or without harrowing. After trenching the N-uptake by the crop was less than in other treatments, as also the grain yield. Here the nitrogen efficiency was 62 %.

The efficiency of the slurry ammonium nitrogen utilization was comparatively great irrespective of the type of application technique. This was verified by comparison with results of other slurry application experiments. Moreover, the slurry nitrogen efficiencies in the field experiments at Mellby were as great as those reported from field experiments concerning commercial nitrogen fertilizers.

LITTERATUR

- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugekopper og ekstraheret fra jordprøver. Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. 2101, Tidsskrift for Planteavl 94, 487-495.
- Hansen, E. M., 1991. Sammenligning af keramiske sugekopper og lysimetre med hensyn til udtagning af jordvæske til bestemmelse af NO₃-N-koncentration. Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. 2119, Tidsskrift for Planteavl 95, 51-63.
- Hansson, A.-C., Pettersson, R. & Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. Z. Acker Pflanzenb. 158, 163-171.
- Jansson, S.L. 1966. Vart tar handelsgödselkvävet vägen? Växtnäringsnytt 22, 3:1-9.
- Jakobsson, C. & Lindén, B. 1992. Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 190, 39 s.
- Lantbruksstyrelsen (Jordbruksverket) 1990. Grön mark. Utvidgad höst- och vinterbevuxen mark. Lantbruksstyrelsens rapport 1990:3, 50 s.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 112.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport nr 120.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaard, K. & Kjellerup, V. 1992. Nitrogen mineralization during the growing season. I. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22: 3-12.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. och Ekre, E. 1993a. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödselade odlingssystem med och utan fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 30, 43 s.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993b. Fånggrödor, direktsädd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olka odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 33, 37 s.

- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Aronsson, H. 1994. Kväve i Kväve i markprofilen: betydelsen av höst- och vintermineraliseringen för kväveutlakningen och grödornas kväveförsörjning. I: "Alvens roll för växtproduktionen", Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, 133, nr 5, 71-84.
- Maag, M. 1989. Denitrification losses from soil receiving pig slurry or fertilizer. In: 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. Sockernäringsens samarbetskommitté 1985, 91-112.
- 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.
- Simán, G. & Jansson, S. L. 1977. Undersökning av olika kornsorters respons för kvävetillgång i jorden. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, Uppsala, nr 113, 27 s.
- Svensson, L. & Lindén, B. 1998. Utnyttjande och förluster av kväve vid ytmullning av flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet. Teknik för lantbruket, nr 65.
- The National Board of Agriculture 1990. Grön mark. Utvidgad höst- och vinterbevuxen mark. Lantbruksstyrelsens rapport 1990:3, 50 pp. In Swedish.
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. & Ekre, E. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord med handels- och stallgödsel odlingsystem i södra Halland. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi nr 28, 24 s.
- Torstensson, G., Aronsson, H. & Lindén, B. 1995. Winter crops as green cover crops - nitrogen uptake capacity and effects on nitrogen leaching. Proceedings of NJF seminar no. 245 "The Use of Catch or Cover Crops to Reduce Leaching and Erosion", Knivsta, Sweden 3-4 October 1994. NJF-Utredning/rapport nr 99, 257-263.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.
- Weslien, P., Klemedtsson, L., Svensson, L., Kasimir-Klemedtsson, Å. & Gustafson, A. Nitrogen losses following application of pig slurry to arable land. Insänd för publicering till tidskriften Soil Use and Management.

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.

- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.
- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växt-näringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlings-system med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kär- och laboratorieundersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan kon-ventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Con-ventional and Ecological Phosphorus Fertilization.

- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.

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
750 07 Uppsala

Tel. 018-671249
