



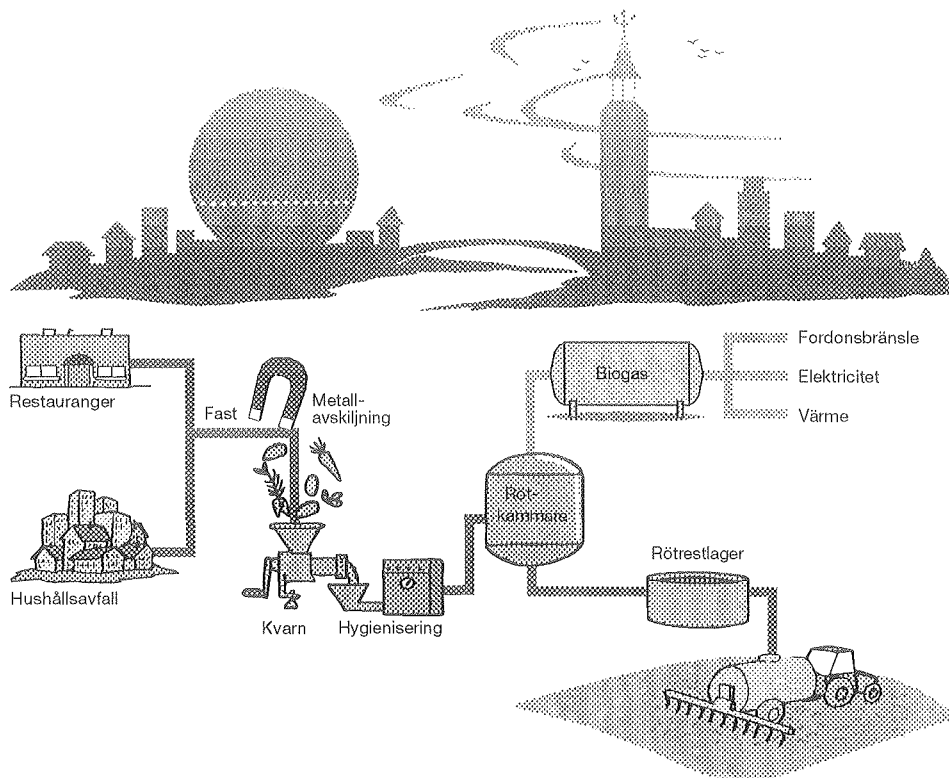
Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala



Jordbrukstekniska institutet
Swedish Institute of Agricultural Engineering

Gunilla Karlsson

Växtnäringseffekter av rötrest i fältförsök med vårsäd *Effluents from digestion of food residues as a fertiliser in crop production*



TEKNISK RAPPORT nr 7

Handledare Anna Richert Stintzing
Staffan Steineck

UPPSALA 1999

Avdelningen för jordbearbetning
Swedish University of Agricultural Sciences
Division of Soil Management

ISSN 1400-7207
ISRN SLU-JB-TR--7—SE

Förord

Detta examensarbete omfattar 20 poäng och har utförts inom agronomprogrammet på SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet har utförts på Jordbrukstekniska institutet (JTI).

Jag vill främst rikta ett varmt tack till mina handledare Staffan Steineck och Anna Richert Stintzing på JTI för allt engagemang och stöd under arbetets gång. Dessutom vill jag tacka Mats Edström på JTI och personal på SKAFAB/SRV för intressanta diskussioner kring rötrestanvändning. På laboratoriet vid avdelningen för växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, lärde jag mig mycket vad gäller kväveanalyser. Ett stort tack till er som arbetar där; Allan Lundkvist, Rose-Marie Ericsson och Morgan Zaar. Jag vill också tacka Birgitta Vegerfors, Institutionen för statistik, data och informationslära och Sixten Gunnarsson, Institutionen för markvetenskap, avdelningen för jordbearbetning, för hjälp med statistisk bearbetning. Tack till all personal på JTI för hjälp och trevlig samvaro.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	SAMMANFATTNING	3
2	SUMMARY	4
3	INLEDNING	5
3.1	Bakgrund	5
3.2	Syfte	5
4	LITTERATURÖVERSIKT	6
4.1	Projektet "Från bord till jord"	6
4.2	Rötningsanläggningen i Sofielund	7
4.2.1	Beskrivning av anläggningen	7
4.2.2	Rötningsprocessen	8
4.3	Rötrestens sammansättning- en jämförelse med andra organiska gödselmedel	9
4.3.1	Stallgödsel	9
4.3.2	Olika typer av rötat material	11
4.3.3	Hushållskompost	13
4.4	Omvandling och förluster av kväve	14
4.4.1	Kväveomsättning i marken	14
4.4.2	Växtnäringsförluster i form av ammoniakavgång	16
4.4.3	Växtnäringsförluster i form av utlakning	18
4.5	Upptag i växten	18
4.6	Erfarenheter från fältförsök	19
4.6.1	Gödsling med rötrest från SKAFAB/SRV	19
4.6.2	Fältförsök med rötrest från matavfall i Helsingborg	20
4.6.3	Fältförsök med rötad gödsel	21
4.6.4	Gödsling med enkel respektive delad giva	22
4.7	Lagar och förordningar	22
5	FÄLTFÖRSÖK	23
5.1	Försöksplan	23
5.2	Fältförhållanden	23

5.3	Material och metoder	24
5.3.1	Hantering och spridning av gödsel	24
5.3.2	Övriga odlingsåtgärder	25
5.3.3	Provtagning av gröda och jord	25
5.3.4	Analys av gröda och jord	26
5.3.5	Statistisk bearbetning	26
6	RESULTAT FRÅN FÄLTFÖRSÖK	27
6.1	Kärnskörd och stråstyrka	27
6.2	Kväve i grödan	28
6.3	Mineralkväve i marken	29
6.4	Kvävebalans i försöket	32
6.5	Observationer i fält	32
7	DISKUSSION	33
7.1	Årets fältförsök	33
7.2	Tidigare fältförsök	34
7.3	Rötrest som gödselmedel	35
7.4	Matavfall i kretslopp	36
7.5	Behov av framtida studier	36
8	SLUTSATSER	37
9	REFERENSER	38
9.1	Litteratur	38
9.2	Personliga meddelanden	41
Bilaga 1	Skörderesultat	43
Bilaga 2	Kväveinnehåll i gröda	45
Bilaga 3	Kväveinnehåll i mark	47

1 Sammanfattning

Stora mängder växtnäringsämnen transporteras från jordbruket i form av livsmedel till städer. För att knyta ihop kretsloppen mellan stad och land bör en transport av växtnäring tillbaka till lantbruket eftersträvas. Omhändertagande av matavfall kan ske i biogasanläggningar där rötningsprocesser äger rum och biogas produceras. Dessutom produceras i dessa anläggningar en sk rötrest som kan användas som gödselmedel inom lantbruket.

Syftet med detta examensarbete var att undersöka effekterna av att använda rötrest från matavfall som gödselmedel till stråsåd. Studierna har byggts på resultat från ett fältförsök med havre utlagt av JTI (Jordbrukstekniska institutet) på gården Lilla Vallskog norr om Uppsala. Fältförsöket var upplagt som ett randomiserat blockförsök. Rörest från SKAFAB/SRV:s biogasanläggning i Sofielund, Stockholm, spreds i två av försöksleden, dels i samband med sådd och dels i växande gröda. I försöket ingick också mineralgödsel. Totalkväveinnehåll i växtmaterialet undersöktes vid två tillfällen, vid 1-nodstadiet och i samband med skörd. Vid dessa tillfällen provtogs och analyserades även markprover med avseende på ammonium- och nitratkväve.

Vädret påverkade resultaten i hög grad under odlingssäsongen. Det ihärdiga regnandet gav upphov till en kraftig mineralisering av organiskt bundet kväve i marken. Ett stort kväveupptag och kraftig tillväxt i grödan, medförde försämrade stråstyrka och liggsäd i de flesta försöksleden. Kärnsköörden blev högst i det ogödslade kontrolledet där andelen liggsäd var lägst. Skillnaderna var små vad gäller kärnskörd i led som gödslades med rörest i samband med sådd och i växande gröda. Gödsling med rörest och mineralgödsel gav upphov till skördar av samma storlek då gödselgivan av rörest baserades på samma ammoniumkväveinnehåll som i mineralgödsel. Analyserna av kväveinnehåll i kärna vid skörd visade inga signifikanta skillnader mellan leden. Däremot fanns skillnader i proteinhalt mellan leden. Det ogödslade kontrolledet hade lägre proteinhalt än gödslade led. Under slutet av växtsäsongen fanns stora mängder kväve kvar i marken, främst i gödslade led. Då väderleken påverkar fältförsök i hög grad finns behov av fleråriga odlingsförsök med rörest.

2 Summary

Large amounts of plant nutrients are transported from rural to urban areas in the form of food. To reach circulation of these nutrients, a transport of plant nutrients back to the countryside is necessary. Food residues may be processed in biogas plants where anaerobic processes take place and biogas is produced. The effluents from biogas production can be used as fertilisers in agriculture.

The aim of this study was to investigate the effects of effluents from digestion of food residues as a fertiliser to cereals. The study has been based on results from a field trial with oats run by JTI at a farm just north of Uppsala. The field trial was arranged with randomised blocks with four replicates. Effluents from digestion of food residues from the biogas plant of SKAFAB/SRV in Sofielund, Stockholm, were applied at two different times. The first application of effluents was in spring just before sowing and the second application during growth, when the crop was 20 cm high. For comparison of nitrogen efficiency mineral fertilisers were also applied in separate treatments. The total amount of nitrogen in the crop was analysed at two occasions, starting when the oatplants had one node and at time for harvest. On these occasions soil samples were also analysed for ammonium and nitrate nitrogen.

The weather had a large impact on the development and yield of crops during the growing season. The persistent rainfall resulted in a large mineralisation of organic nitrogen in the soil. A large uptake of nitrogen and a lush crop growth resulted in lodging for most of the treatments. The untreated plots yielded most grain and lodging was less severe than in treated plots. The differences in yield were small in plots fertilised with effluents from digestion at sowing time and those fertilised during growth. Treatments with effluents from digestion and mineral fertilisers produced equal yield when they were based on the same amount of ammonium nitrogen. No significant differences in the analysis of nitrogen content were found in the different treatments, but there were differences in protein content between them. Grains from the untreated control part had a lower protein content than grains in the fertilised parts. During the end of the growing season, there were large amounts of nitrogen left in the soil, mainly in the fertilised parts. Since weather conditions largely influence yields of crops, there is a need for a long period of field trials with effluents from digestion of food residues to eliminate the influence of weather conditions.

3 Inledning

3.1 Bakgrund

Nästan halva jordens befolkning, 2,5 miljarder människor lever idag i städer (Naturvårdsverket, 1998). Denna samhällsuppbyggnad kräver att enorma mängder livsmedel transporteras från landsbygd in till städer. Globalt sett är det bara en bråkdel av detta material som efter konsumtion återförs till lantbruket. Istället hamnar växtnäringen i det organiska materialet ofta på soptippar, i förbränningsanläggningar eller i vattendrag.

Sveriges övergripande mål inom avfallsområdet är idag att minska mängden avfall. Dessutom eftersträvas en miljömässigt riktig behandling av avfallet. I Naturvårdsverkets Aktionsplan avfall (Naturvårdsverket, 1996) återfinns bl a mål för reduktion av mängden hushållsavfall som hamnar på soptippar, med 50% till år 2000 och med 70% till år 2005, jämfört med 1994.

Matavfall från städer kan tas omhand på flera sätt för att kretsloppet av växtnäring ska knytas. I Sverige är kompostering, både i liten och stor skala, en vanlig metod. Ett alternativ till att kompostera matavfallet är att röta det i biogasanläggningar. Materialet bryts då ned av mikroorganismer under syrefria förhållanden varvid biogas och en rik rötrest bildas. Rötresten innehåller en stor andel växttillgänglig näring som sedan kan återföras till lantbruket.

3.2 Syfte

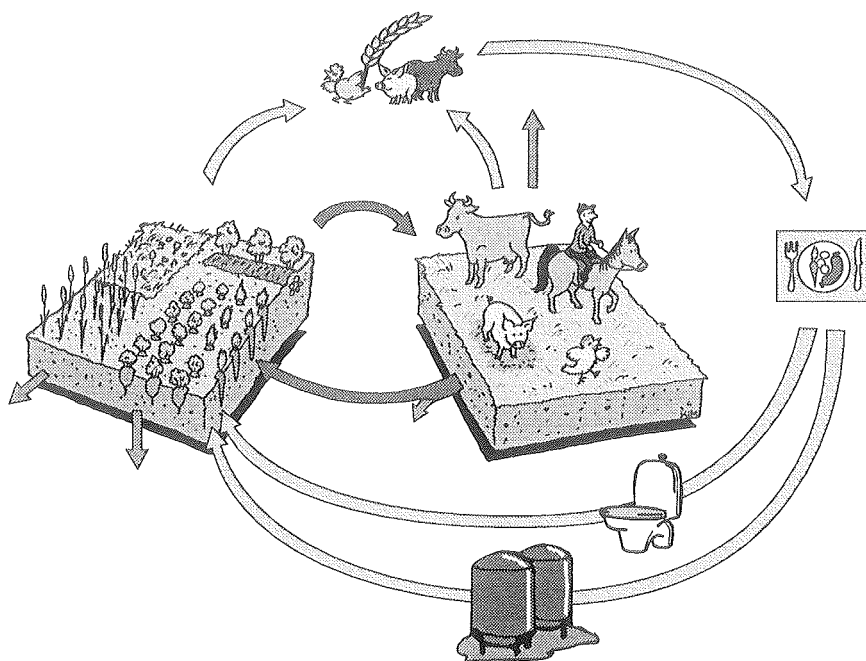
Målet med examensarbetet är att undersöka effekterna av användning av rötrest från biogasproduktion av matavfall som gödselmedel till stråsäd. Dessa undersökningar kommer främst att beröra växtnäringssämnet kväve och i mindre grad övriga näringsämnen.

4 Litteraturöversikt

4.1 Projektet "Från bord till jord"

De två kommunala avfallsbolagen Stockholms Kommuns Avfallsförädling AB (SKAFAB) och SRV återvinning AB har sedan 1996 samarbetat i ett projekt som kallas "Från bord till jord". Målet med detta projekt är att återvinna matavfall från restauranger, storkök, livsmedelshandel och hushåll i Stockholm och på Södertörn via rötning. Genom att utvinna biogas ur matavfall från restauranger och hushåll erhålls energi och en sk rötrest som kan användas som gödselmedel i lantbruket. Under röttningsprocesserna sker inga förluster av växtnäring.

En länk i kretslopps kedjan kan knytas då det rena matavfallet återförs till lantbruket i form av rötrest. I figur 1 visas kretsloppet av växtnäring mellan stad och land. Projektet "Från bord till jord" medverkar till att den undre pilen i figur 1 kan dras från matbordet till lantbrukarens fält i form av rötrest. De övriga pilarna symboliserar bl a hur växtnäringen cirkulerar i form av foder, mat och gödsel.



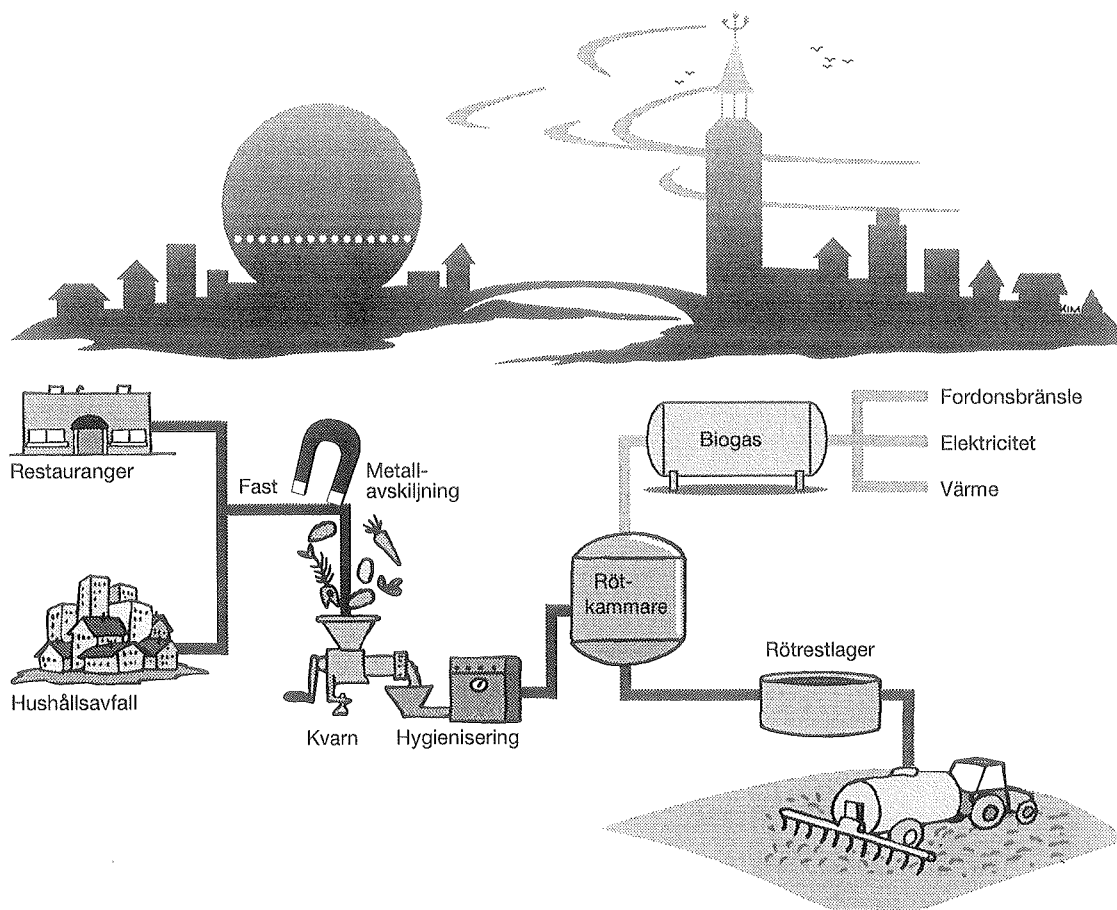
Figur 1. Växtnäring i kretslopp mellan stad och land (Ill:Kim Gutekunst, JTI).

I framtiden planeras en utbyggnad av biogasanläggningen i Sofielund, ett par mil sydväst om Stockholm. I maj 1998 fick projektet "Från bord till jord" glada nyheter då regeringen beslutat att bidra till utbyggnaden med 50 miljoner kronor. Den fullskaliga anläggningen kommer troligen att ha kapacitet för att motta ca 30 000 ton matavfall per år, vilket resulterar i en rötrestmängd på ca 50-60 000 ton per år (Edström, 1998, pers. medd.).

4.2 Röttningsanläggningen i Sofielund

4.2.1 Beskrivning av anläggningen

Matavfall från storkök, hushåll mm samlas in från Stockholms innerstad och Södertörn i papperspåsar för att skickas till biogasanläggningen i Sofielund (figur 2). Matresterna tippas på ett avlastarbord och transporteras till en mixervagn. I mixervagnen öppnas påsarna och en grov sönderdelning av materialet äger rum. Matavfallet transporteras vidare och i olika steg avskiljs magnetiska och tunga föremål. Det grovt sönderdelade matavfallet späds med vatten för att det ska bli pumpbart och för att de mikrobiologiska processerna ska fungera. Blandningen består nu av ca 50% matavfall och 50% vatten. I nästa steg sönderdelas blandningen ytterligare till en homogen soppa. Detta sker i en så kallad pulper. Materialet transporteras vidare till en hygieniseringstank där det värmebehandlas satsvis vid 70°C under en timme. Materialet är nu bearbetat och färdigt för rötning i röttningskammaren. Efter drygt 20 dagar avslutas rötningen. I ett sista steg passerar rötresten en fibersil innan det når lagringstanken (Edström, 1998, pers. medd.; SKAFAB,1995).



Figur 2. Matavfall i kretslopp, från bord till jord (Ill:Kim Gutekunst, JTI).

4.2.2 Röttningsprocessen

Organiskt material kan brytas ned genom en rad olika processer. Rötning av organiskt material innebär att syrefria nedbrytningsprocesser äger rum. Under syrefria förhållanden bildar bakterier nedbrytningsprodukterna metan och koldioxid (biogas), samt ammoniak och vattenlösliga växtnäringsämnen. En cirkulation av näringsämnena sker hela tiden i röt-kammaren då mikroorganismerna bygger in näringsämnena i sin biomassa. Detta resulterar i ett rötrestmaterial som består av växtnäringsämnen i tre former: onedbrutet organiskt material, biomassa av mikroorganismer och lösta näringsämnen (Ejlertsson, 1990).

Det finns en rad faktorer som påverkar processerna i röttningskammaren och därigenom hur mycket biogas som kan utvinnas. Mikroorganismerna i röttningskammaren behöver både energi och byggmaterial till sin biomassa. Sammansättningen hos matavfallet har därför en stor betydelse.

Kol-kväveknoten (C/N-knoten) i matavfallet påverkar processerna i hög grad. En hög kvot, som visar på mycket kol i förhållande till kväve, är positiv för bakterierna som får god tillgång på energisubstrat i kolföreningarna. De kan härigenom bidra till en kraftig mineralisering av organiskt material samtidigt som ny biomassa tillväxer. En hög mineralisering är önskvärd i röt-kammaren, men samtidigt inhiberar höga ammoniumhalter bakteriernas nedbrytning. Ammoniumhalten i röt-kammaren regleras till viss del då en stor mängd bakterier växer till. Under uppbyggnaden av denna biomassa byggs mycket kväve in och på detta sätt hålls ammoniumhalterna i röt-kammaren nere. Trots detta är en spädning med vatten nödvändig för att hålla nere ammoniumhalterna i anläggningen i Sofielund (Edström, 1998, pers. medd.). Spädningen bidrar till en låg ts-halt i rötresten, men dessutom bidrar själva röttningsprocesserna till låga ts-halter (Blomberg et al., 1998).

I Sofielund har en rötningstid på drygt 20 dygn varit aktuell. Anläggningen har drivits vid temperaturen 55° C. Rötning vid lägre temperatur kräver längre uppehållstid för att nå en lika hög eller högre nedbrytningsgrad (Edström, 1998, pers. medd.).

4.3 Rötrestens sammansättning- en jämförelse med andra organiska gödselmedel

Eftersom användandet av rötrest från matavfall är en relativt ny företeelse i Sverige finns inte mycket praktisk kunskap kring hur rötresten fungerar som gödselmedel. Pga många likheter med övriga organiska gödselmedel borde det dock vara möjligt att i viss grad göra förutsägelser om rötrestens gödselverkan.

4.3.1 Stallgödsel

Den rötrest som härstammar från Sofielund har en hög vattenhalt, bl a beroende på att matavfallet har en hög vattenhalt från början (20-40%), men också för att avfallet har späts med vatten för att göra de mikrobiologiska processerna möjliga. Den påminner med sin ts-halt på ca 1,8 % om lagrad urin med en ts-halt på 3-7 % (Steineck et al., 1991). Den har flera gemensamma egenskaper med andra vanliga organiska gödselmedel. En jämförelse med urin och flytgödsel från nöt och svin, som också innehåller höga ammoniumhalter visas i tabell 1.

Tabell 1. Jämförelse av växtnäringsinnehåll och andra egenskaper i urin, nötflytgödsel, svinflytgödsel och rötrest. Observera att siffrorna är riktvärden. Stora variationer förekommer

Växtnärings- innehåll och andra egenskaper	Svinflytgödsel (lagrad)	Nötflytgödsel (köttdjur, lagrad)	Nöturin (lagrad)	Rötrest
pH	6,7 ^a	7,0 ^a	8,8 ^c	8,4 ^d
ts i %	5,0 ^b	6,0 ^b	1,9 ^c	1,8 ^d (1,8) ^e
Tot-N kg/ton	4,7 ^b	4,6 ^b	3,0 ^c	3,4 ^d (3,5) ^e
Am-N kg/ton	3,2 ^b	2,6 ^b	2,4 ^c	1,9 ^d (2,2) ^e
P kg/ton	1,1 ^b	1,0 ^b	0,027 ^c	0,19 ^d
K kg/ton	3,3 ^b	2,0 ^b	5,2 ^c	0,95 ^d
C/N-kvot	4,0 ^b	6,0 ^b		2,2 ^d

^a Svensson, 1994.

^b Steineck et al., 1991.

^c Rodhe & Johansson, 1996.

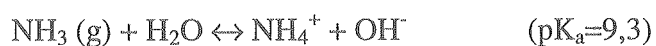
^d Rötrest från SKAFAB/SRV. Analys utförd på KM-lab 1998.

^e Värden från spridning i växande gröda 980626. Analys utförd på Institutionen för mikrobiologi, SLU.

Ur tabell 1 kan beräknas att andelen ammoniumkväve av totalkväve är 64% för rötresten, men ammoniumhalterna i rötresten från Sofielund varierar så mycket som mellan 45-65% av totalkvävet (Edström, 1998, pers. medd.). Nötflytgödseln har en ammoniumandel på 57% och svinflytgödseln en ammoniumandel på 68% av totalkvävet. Nöturin uppvisar ännu högre värden med 80% av kvävet i ammoniumform. Vid en jämförelse mellan innehållet av totalkväve i gödselslagen, visar det sig att

rötresten och urinen har lägre innehåll än flytgödsel från nötkreatur och svin. Fosfor- och kaliuminnehållet är mycket lägre i rötresten än i flytgödselslagen och detsamma gäller vid en jämförelse inom gödselslagen vad gäller relationen mellan kväve, fosfor och kalium. Urinen avviker från detta mönster. Den har mycket låga fosforhalter, men betydligt mer kalium än både flytgödsel och rötrest.

Rötresten har ett högt pH-värde vid jämförelse med flytgödsel från nöt och svin (tabell 1). Förklaringen ligger i att rötresten innehåller så höga halter av ammoniumkväve, då en stor del av det organiska materialet har mineraliserats i röt-kammaren. Dessutom är troligen buffertkapaciteten låg i det nedbrutna materialet vilket leder till att pH lätt stiger. Detta fenomen är känt vad gäller urin (Steineck, 1998, pers. medd.). Mikroorganismerna bryter under rötningen ned kväveföreningarna till ammoniakgas. När gasen löser sig i vatten (se reaktion nedan) bildas en hydroxidjon och pH stiger. Resultatet blir ett högt pH i den effektivt nedbrutna rötrestprodukten.



Efter behandling i röt-kammare erhålls ett nedbrutet material med lägre C/N-kvot än flytgödsel (tabell 1). De lättnedbrytbara föreningarna har mikroorganismerna i röt-kammaren redan tagit hand om, vilket medför att de organiska kol- och kväveföreningar som finns kvar i rötresten är relativt stabila (Båth & Rämert, opubl).

4.3.2 Olika typer av rötat material

Sammansättningen av rötresten ser olika ut från fall till fall beroende på ursprungsmaterial och varierande rötningsprocesser. I tabell 2 jämförs rötrest från olika typer av rötningsanläggningar.

Tabell 2. Jämförelse av växtnäringsinnehåll och andra egenskaper mellan rötad gödsel, rötslam och rötrest från matavfall. Observera att siffrorna utgör exempel. Stora variationer förekommer

Växtnäringsinnehåll och andra egenskaper	Rötad svinflytgödsel	Rötad nötflytgödsel	Rötslam	Rötrest från matavfall
pH	7,6 ^a	7,6 ^a	8,3 ^c	8,4 ^f
ts i %	6,0 ^b	8,5 ^b	25,4 ^d	1,8 ^f
Tot-N kg/ton	5,3 ^b	4,7 ^b	8,4 ^d	3,4 ^f
Am-N kg/ton	3,7 ^b	2,7 ^b	1,5 ^d	1,9 ^f
Tot-P kg/ton	1,5 ^b	0,6 ^b	8,1 ^d	0,19 ^f
Tot-K kg/ton	2,3 ^b	4,4 ^b	0,25 ^d	0,95 ^f
Org C kg/ton			48,3 ^e	7,38 ^f
C/N-kvot			5,7 ^e	2,2 ^f

^a Örtenblad et al., 1995. Örtenblad redovisar ett medelvärde för pH i rötad gödsel som använts i danska lantbruksförsök 1991-94.

^b Holm-Nielsen et al., 1997. Medelvärden från biogasanläggningen i Ribe, Danmark 1991-1996.

^c Hagevi, 1998, pers. medd. Värde från Henriksdals reningsverk, Stockholm.

^d Jakobsson, 1998, pers. medd. Värden från Henriksdals och Bromma reningsverk.

^e Mattsson, 1998, pers medd. Värden från Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag, GRYAAB.

^f Rötrest från SKAFAB/SRV. Analys utförd på KM-lab 1998.

De svenska kommunala reningsverken omhändertar stora mängder avloppsvatten från hushåll och andra delar av samhället. Rötslammet som produceras i reningsverken avvattnas i många fall till en ts-halt på ca 25%. Materialet har därigenom en fast konsistens i jämförelse med rötresten från matavfall. Fosfor fälls ofta kemiskt och återfinns till stor del i slammet. Fosforhalten är höga, men vid en jämförelse med rötresten från matavfall är även kväveinnehållet högre. Kvävet i rötslam återfinns främst i organisk bunden form.

Den rötade flytgödseln från danska försök (tabell 2) har ett högre innehåll av kväve, fosfor och kalium än rötresten. De höga halterna av kalium kan i exemplet med nötflytgödsel förklaras av att utfodringen till nötkreaturen baserats på vallfoder som innehåller mycket kalium. Förklaringen till kaliuminnehållet i den rötade svinflytgödseln är att många svinbesättningar i Danmark utfodras med potatis som har ett högt kaliuminnehåll (Steineck, 1998, pers. medd.). I tabell 1 visas exempel på växtnäringsinnehåll i flytgödsel från nöt och svin. Vid en jämförelse med värdena på den rötade gödseln i tabell 2 är skillnaderna i växtnäringsinnehåll ej stora, inte ens vad gäller halten ammoniumkväve av totalkväve.

Rötresten från matavfallet i Sofielund har, till skillnad från rötresten från avloppsreningsverk (rötslam), ett lågt innehåll av förorenande ämnen som t ex tungmetaller. Tabell 3 visar vilka mängder av tungmetaller som sprids med olika gödselmedel. Vid en jämförelse mellan rötrest och nötflytgödsel visar det sig att spridning av rötrest tillför marken mindre mängder av samtliga tungmetaller än spridning av nötflytgödsel. Gödsling med rötresten från matavfall och flytgödsel från nötkreatur når vid totalkvävegivor på 140 kg per ha och år inte upp till KRAV:s (Kontrollorganisationen för ekologisk odling) gränsvärden för tungmetaller. Däremot leder spridning av rötslam, i det här fallet grundat på fosforinnehåll, till att KRAV:s gränsvärde för kadmium överskrids.

Tabell 3. *Innehåll av tungmetaller i rötrest, nötflytgödsel och rötslam, samt gränsvärden för ekologisk odling för de två förstnämnda. Rötrest- och nötflytgödselgivor är baserade på en totalkvävegiva på 140 kg per ha och år. Rötslamgivan är baserad på en fosforgiva på 20 kg per ha och år. KRAV:s gränsvärden visar tillåten spridningsmängd per år*

Spridningsmängd/ enhet		rötrest ^a	flytgödsel från nöt ^b	rötslam ^c	KRAV:s gränsvärde 1999 ^d
Spridningsmängd	m ³ /ha	30	35		
Bly, Pb	g/ha	<5	<9	31	50
Kadmium, Cd	g/ha	0,24	0,65	1,2	1,0
Koppar, Cu	g/ha	57	174	310	500
Krom, Cr	g/ha	10	11	27	50
Kvicksilver, Hg	g/ha	0,07	<0,16	1,0	1
Nickel, Ni	g/ha	5	14	13	50
Zink, Zn	g/ha	197	745	430	700

^a Rötning av matavfall från restauranger, hushåll och handel i Sofielundsanläggningen (Blomberg et al., 1998).

^b Nötflytgödsel från Jälla Naturbruksgymnasium (Blomberg et al., 1998).

^c Genomsnitt 1995 för svenska avloppsreningsverk dimensionerade för mer än 2000 personer (Naturvårdsverket, 1996).

^d KRAV, 1999.

4.3.3 Hushållskompost

Ett alternativ till att röta matavfall är att kompostera det under aeroba, syrerika, förhållanden. Hushållskomposten skiljer sig vad gäller sammansättning av växtnäringsämnen från rötresten, trots att de har samma ursprungsmaterial. Tabell 4 visar skillnader i växtnäringsammansättning mellan gödselslagen.

Tabell 4. *Jämförelse av växtnäringsinnehåll och andra egenskaper mellan kompost och rötrest. Observera att siffrorna är exempel. Stora variationer förekommer*

Växtnäringsinnehåll och andra egenskaper	Hushållskompost ^a (% av ts)	Rötrest ^b (% av ts)
pH	7,6	8,4
ts	35,8	1,8
Tot-N	2,6	19
Am-N	0,01	11
P	1,3	1
K	2,3	5
C/N-kvot	10,9	2,2

^a Båth, 1998.

^b Rötrest från SKAFAB/SRV. Analys utförd på KM-lab 1998.

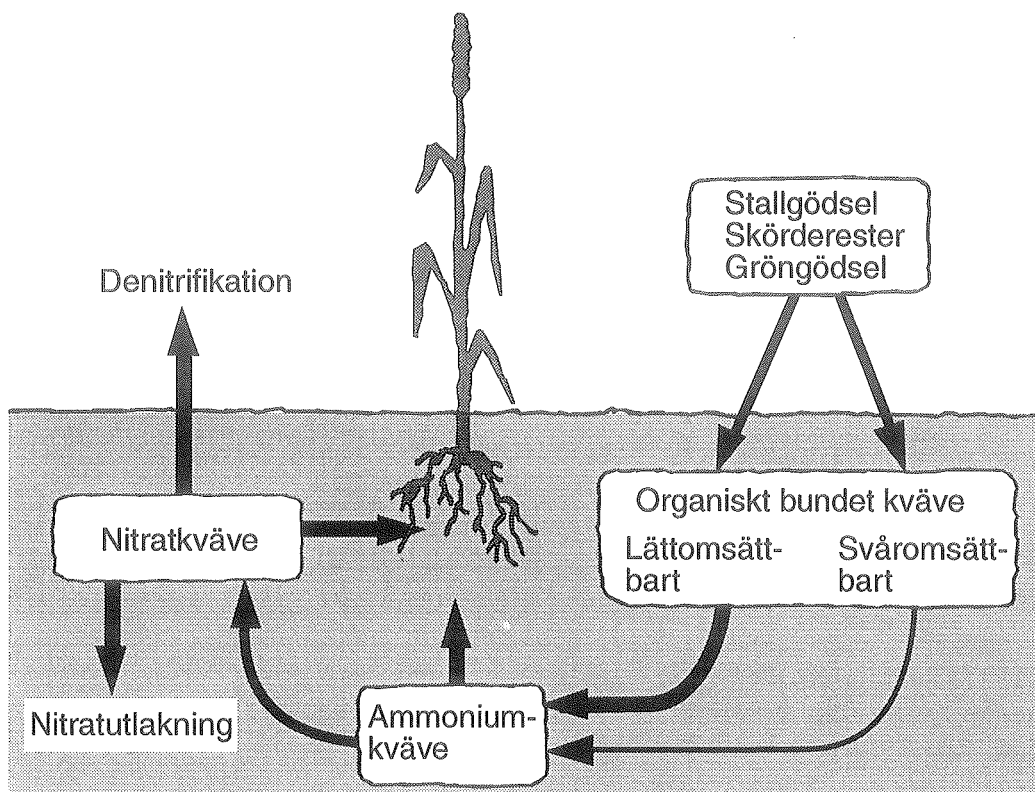
Rötrest och kompost har helt skilda egenskaper vad gäller konsistens och kväveformer. Rötresten är flytande och kvävet föreligger i form av ammonium, medan komposten är fast och innehåller kväve främst i organiskt bunden form. Växttillgängligheten av kväve är därför låg i komposten, medan rötrestens ammoniumkväve är direkt upptagbart för växterna. Vad gäller fosfor och kalium är halterna högre i komposten än i rötresten. Komposten har också ett högre kolinnehåll (högre C/N-kvot) än rötresten, vilket på sikt kan bidra till högre mullhalter i jordar gödslade med kompost (Båth, 1998).

4.4 Omvandling och förluster av kväve

4.4.1 Kväveomsättning i marken

4.4.1.1 Kvävets kretslopp

Då kväve tillförs marken i form av organiska gödselmedel startar flera kemiska och biologiska reaktioner. Figur 3 visar hur kväve omvandlas i marken.



Figur 3. Kvävets former i marken, omsättning, inlagring, upptag och förluster (Ill: Kim Gutekunst, JTI).

4.4.1.2 Mineralisering och immobilisering

Mikroorganismerna i marken mineraliserar organiskt material för att utvinna energi. På detta sätt bryts det organiskt bundna kvävet ned och kväve frigörs i form av ammoniak. Mikroorganismerna immobiliserar också kväve i sin biomassa. De två processerna mineralisering och immobilisering pågår samtidigt.

Relationen mellan kol och kväve i organiskt material, C/N-kvoten, ger en indikation på om de mikrobiologiska processerna bidrar till en nettomineralisering eller nettoimmobilisering i marken. I svensk jordbruksmark med god mikrobiologisk aktivitet brukar C/N-kvoten stabiliseras kring 10 (Persson et al., 1994). Detta innebär att

organiska gödselmedel med låg C/N-kvot, exempelvis rötrest, ofta levererar kväve genom en nettomineralisering. Mineraliseringen är större än immobiliseringen i detta fall och C/N-kvoten stiger mot ett värde på 10. Spridning av gödselmedel med hög C/N-kvot, som t ex hästgödsel och ströbäddar, leder till en fastläggning av kväve i mikroorganismernas biomassa. Denna immobilisering bidrar till att C/N-kvoten sjunker, fortfarande mot ett värde på 10 (Steineck, 1998, pers. medd.).

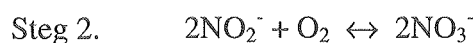
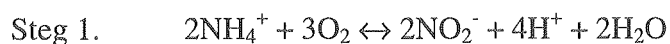
Jansson (1963) delar in markens organiska material i tre pooler; färskt organiskt material, markorganismer och stabiliserat organiskt material (humussubstanser). Nedbrytningen av färskt material i marken sker under en tidsperiod av månader, medan mer stabila organiska substanser bryts ned långsamt. Humussubstanser, som utgör 90% av markens organiska substans, bryts ned inom tidsintervall av decennier eller sekler (Persson et al., 1994).

I rötresten från Sofielund utgör den organiska kväveandelen mellan 35-55% av totalkvävet (Edström, 1998, pers. medd.). Det organiskt bundna kvävet i rötresten finns i det onedbrutna materialet och i mikroorganismernas biomassa (Nordberg, 1998, pers. medd.).

Mineraliseringen av det organiska kvävet i rötresten har studerats i inkubationsförsök av Persson & Adolfsson (1996). Rötrest från matavfall jämfördes i studien med flytgödsel. Gödselmedlen isotopmärktes med ^{15}N och blandades med jord. Därefter inkuberades jorden i tre veckor. Mineralkvävehalten i jorden mättes efter en, två och tre veckor. Resultaten visar att kol bundet i flytgödsel mineraliserades snabbare än kol bundet i rötrest. Att rötresten omsätts långsammare än flytgödseln beror främst på ett större innehåll av stabila kolföreningar i rötresten. Det lättomsättbara organiska materialet har mikroorganismerna redan mineraliserat under rötningsprocesserna. Det bör även påpekas i sammanhanget att markens kväve förblir lättillgängligt vid tillförsel av rötrester, till skillnad från tillförsel av andra organiska gödselmedel. Detta på grund av att mineraliseringstakten är långsam och att kväve inte byggs in i biomassa (Steineck, 1998, pers. medd.).

4.4.1.3 Nitrifikation

Det vid mineraliseringen bildade ammoniumkvävet omvandlas i de flesta svenska åkermarker snabbt till nitrat via nitrifikationsprocesser (se reaktionsformler nedan). Vissa grupper av bakterier (ammoniumoxiderare och nitritoxiderare) utnyttjar ammoniumkväve som energikälla och restprodukten nitrat bildas via processer i två steg (Tate, 1995).



Nitrifikationsbakterierna påverkas av tillgång till substrat (ammonium och nitrit), temperatur, pH, syretillgång och markfuktighet. Optimala förhållanden i marken för

nitrifikationen råder vid god tillgång på ammonium-, respektive nitritjoner, syre och vid ett pH runt 7-8.

4.4.1.4 Denitrifikation

Kväve kan förloras på flera sätt från marksystemet. En förlustpost är denitrifikation som innebär att nitratkväve omvandlas till kvävgas (N₂) och i viss mån lustgas (N₂O) (se reaktionsformel nedan). Omvandlingen sker under syrefria förhållanden, till exempel då marken är vattenmättad. Den grupp av bakterier som ligger bakom processerna använder nitratet istället för syre som elektronacceptor (Claesson & Steineck, 1991).



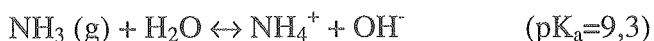
De mikroorganismer som denitrifierar är beroende av kol som energikälla. Då rötresten innehåller svårtillgängligt organiskt kol borde risken för denitrifikation vara låg, förutsatt att marken inte från början har höga mullhalter (Steineck, 1998, pers. medd.).

Variationen av förlusterna via denitrifikation är stor, mellan 10-100 kg kväve per hektar förloras årligen i svenska jordar (Claesson & Steineck, 1991). Normalt överstiger dock förlusten inte 50 kg per hektar. Risken för denitrifikation är stor under höst, vinter och vår, eftersom marken då ofta innehåller restkväve i form av nitrat. Dessutom råder risk för vattenmättnad (syrebrist) under dessa perioder, vilket är en förutsättning för denitrifikation.

4.4.2 Växtnäringsförluster i form av ammoniakavgång

Vid lagring och spridning av organiska gödselmedel avgår stora mängder ammoniak. De totala utsläppen av ammoniak till luft i Sverige är i storleksordningen 51 000 ton per år (SCB, 1993) och av dessa utsläpp menar Karlsson et al. (1997) att djurhållningen inom jordbruket står för 85-90 %.

Risken för ammoniakavgång vid hantering av rötrest är stor på grund av det höga pH-värdet (Eriksen & Sommer, 1995) och att halten ammonium är så hög i rötresten. Vid kontakt med luft avgår ammoniak i gasform från rötresten; ekvationen nedan drivs åt vänster. Reaktionen är starkt pH-beroende på så sätt att ett högt pH-värde i rötresten ökar ammoniakavgången. Hög temperatur har samma effekt.



Lagringsförluster

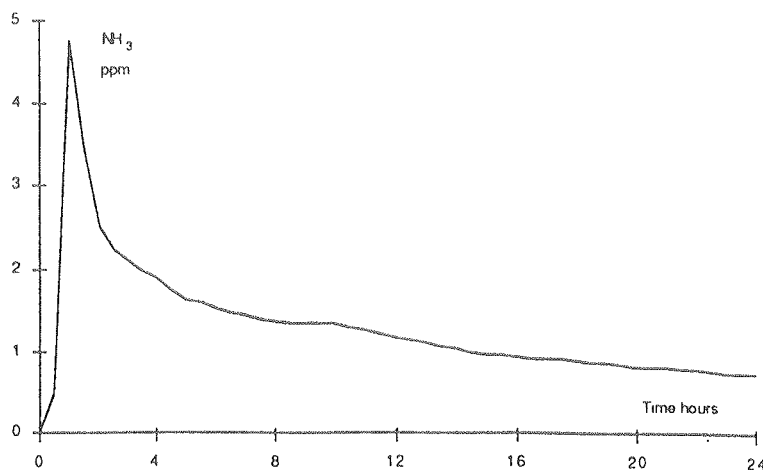
Ca 10% av ammoniakförlusterna från svensk djurhållning uppstår vid lagring (Svensson, 1991). Steineck et al. (1991) redovisar siffror på ca 5-10% i ammoniakförluster i förhållande till ursprunglig mängd kväve i flytgödsel från nöt och svin. Motsvarande siffra i ammoniakavgång vid lagring av urin utan täckande lock är upp till 50%. Den stora avgången från urinbrunnar förklaras av det höga pH-värdet i urin samt avsaknad av svämtäcke.

Vid lagring av rötrest finns risk för betydande ammoniakförluster. För att minska denna risk krävs täkta behållare då det organiska materialet i rötresten inte ger upphov till något naturligt svämtäcke.

Spridningsförluster

Faktorer som påverkar ammoniakavgångens storlek efter spridning är luftfuktighet, temperatur och vindhastighet. Låg luftfuktighet, hög temperatur och hög vindhastighet leder till ökade ammoniakförluster. Förlusten av ammoniak vid spridning varierar så mycket som mellan 1-80% av ammoniumkvävet i gödseln, beroende på gödselslag, spridningsteknik, väderlek osv (Claesson & Steineck, 1991).

Ammoniakavgången är störst under de första timmarna efter spridning (figur 4). En snabb nedbrukning av gödselmedlet kan därför minska ammoniakförlusterna avsevärt (Steineck et al., 1991). Luftkontakten och därigenom ammoniakavgången kan också minskas effektivt genom val av spridningsteknik. Spridning i växande gröda kan ha en liknande effekt enligt Rodhe (1992). Vegetationen hindrar ammoniakavgång bl a genom minskad uttorkning. Dessutom kan växten till viss del ta upp ammoniak i gasform.



Figur 4. Koncentration av ammoniak i luften efter bredspridning av 45 ton nötflytgödsel per hektar (Ferm & Svensson, 1991).

Vid spridning av rötrest råder stor risk för ammoniakavgång, men den låga viskositeten i rötresten reducerar ammoniakförlusten i och med att rötresten vid spridning snabbt tränger ner i marken. På detta sätt begränsas den tid då gödselmedlet står i kontakt med luften i atmosfären.

4.4.3 Växtnäringsförluster i form av utlakning

Utlakning av nitratkväve till vattendrag utgör en stor förlustpost i dagens intensiva jordbruk. I svensk väldränerad åkermark råder ofta goda förutsättningar för nitrifikation, vilket leder till att lättlösligt nitrat bildas. Undersökningar visar att i medeltal ca 18 kg kväve per hektar lakades ut från svensk åkermark under 80-talet (Löfgren, 1993). Variationerna är stora mellan olika delar av landet. I jordbruksintensiva områden, med lätta jordar, uppgår läckaget av kväve till 30-45 kg/ha (Naturvårdsverket, 1997).

Vid en bedömning av riskerna för kväveutlakning finns det en mängd faktorer att ta hänsyn till. Utlakningen påverkas bland annat av jordmån, klimat och brukningsteknik. Risken för utlakning är som störst under vinter och vår, då växternas upptag av kväve är litet. Dessutom är avrinningen via dränering som störst under denna period (Johnsson & Hoffmann, 1995). En förutsättning för kväveläckage är att vatten rör sig neråt i markprofilen. I frusen mark råder därför liten risk för kväveutlakning (Pettersson, 1993).

Risken för kväveläckage vid användning av rötresten är av samma storlek som risken vid användning av andra organiska gödselmedel som t ex urin eller flytgödsel. Omvandlingen av ammoniumkväve till nitratkväve styr hur stor risken för läckage blir.

4.5 Upptag i växten

Växter tar upp kväve både i form av nitrat och ammonium (figur 3). Dessutom förekommer, dock i mindre grad, upptag av ammoniak via klyvöppningar i växtens bladverk. Upptag av nitrat i växten sker via aktiva processer, men vad gäller ammoniumupptag är det ännu ovisst om aktiva processer är inblandade. I de flesta fall föredrar växten att ta upp nitratkväve, men det råder en stor variation mellan arter och mellan olika växtplatsmiljöer (Mengel & Kirkby, 1987).

Näringsupptaget i växten varierar med de olika utvecklingsfaser som plantorna genomgår från sådd till skörd. En stor del av kväveupptaget i stråsådd sker under den vegetativa fasen fram till och med blomning. Kväve byggs då in i aminosyror och proteiner. Under plantans vegetativa stadier styrs därför tillväxthastigheten främst av tillgängligheten på kväve (Mengel & Kirkby, 1987).

Vid blomning är 75% av det protein som senare återfinns i kärnan inlagrat i växtens vegetativa delar (Ohlander, 1985). Under kärntillväxten sker en omfördelning av kväveföreningar mellan olika delar av växten. Upptaget av kväve från marken under kärnfyllnaden är dock viktigt för att nå en tillräckligt hög proteinhalt i kärnan. Kväve har också inflytande på bildning av hormoner i växten och balansen mellan dem. En god kvävestatus förlänger livslängden hos växtens fotosyntetiserande delar, bl a hos flaggbladet, vilket resulterar i möjligheter till en högre skörd (Mengel & Kirkby, 1987 ; Ohlander, 1985). Vad gäller kolhydratinlagring i form av stärkelse i kärnan sker den främst efter blomning. Den påverkas inte i lika hög grad av kvävetillgång. Hastigheten i kolhydratinlagring har stor betydelse för avkastningens storlek, medan proteinhalten främst påverkar spannmålets kvalitet (Ohlander, 1985).

I tabell 5 visas bortförsel av växtnäringsämnen via skörd vid odling av havre. Dessa uppgifter kan vara till hjälp vid bedömning av gödslingsgivor, förutsatt att kunskap om andra förhållanden som förfrukter och markens leveransförmåga av näringsämnen är känd. Detta är något som brukaren i de flesta fall är väl medveten om efter några års odling.

Tabell 5. *Mängd växtnäring bortförd via skörd (15% vattenhalt) vid odling av havre (Jordbruksverket, 1999)*

växtmaterial	skörd (ton/ha)	kväve (kg/ha)	fosfor (kg/ha)	kalium (kg/ha)
kärna	5,0	83	17	22
halm	5,0	35	5	50

Vid en jämförelse mellan totalt upptag av växtnäringsämnena i tabell 5 är relationen mellan N:P:K, 5:1:3. Detta bör jämföras med relationen mellan näringsämnena kväve, N, fosfor, P, och kalium, K, i rötresten från SKAFAB/SRV som är 10:1:5 (tabell 1).

4.6 Erfarenheter från fältförsök

4.6.1 Gödslings med rötrest från SKAFAB/SRV

Odlingsförsök under 1996

Rötresten från SKAFAB/SRV har tidigare använts i fältförsök under odlingssäsongerna 1996 och 1997 (Blomberg et al., 1998). Under 1996 spreds rötrest i ett fältförsök med havre vid Berga Naturbruksgymnasium i Västerhaninge. I samband med sådd spreds rötrest med en kvävegiva på 57 kg ammoniumkväve per hektar (77 kg totalkväve per hektar). Rötresten bandspreddes med en släpslangspredare och myllades ned efter spridning. I ett annat försöksled spreds rötrest i växande gröda med en kvävegiva på 51 kg ammoniumkväve per hektar (79 kg totalkväve per hektar). Ingen startgiva i form av kväve gavs i början av odlingssäsongen. En kvävestege lades ut i försöket i form av försöksled med 0, 30, 60, 90 och 120 kg kväve per hektar som kalkammonsalt peter (KAS).

Skörderesultaten visar att försöksledet som gödslades med rötrest i samband med sådd gav en nästan lika stor kärnskörd av havre, 5 750 kg per hektar, vattenhalt 15%, som det led som gödslats med samma mängd mineralgödselkväve, det vill säga 60 kg kväve per hektar. Detta led gav en skörd på 5 810 kg per hektar med en vattenhalt på 15%. De två försöksleden hade i stort sett samma upptag av kväve (68-69 kg per hektar).

Skördeutbytet var lägre i det led som gödslats med rötrest i växande gröda. Här var kärnskördens 4 230 kg per hektar och kväveupptaget 52 kg per hektar.

Odlingsförsök under 1997

Under 1997 utfördes ett fältförsök med korn på Talby Nedergård i Södertälje kommun. Försöket var upplagt som ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar, vilket gav en större statistisk säkerhet i resultaten än vad som erhållits i fältförsöket 1996. Liksom året innan spreds rötrest från SKAFAB/SRV vid två tidpunkter i två olika led. En släpplångspridare användes vid spridningen och rötresten myllades ned. Vid sådd spreds rötrest motsvarande en kvävegiva på 48 kg ammoniumkväve per hektar (79 kg totalkväve per hektar). I växande gröda spreds rötrest med en kvävegiva på 61-71 kg ammoniumkväve per hektar (101 kg totalkväve per hektar). Detta led fick ingen startgiva i form av mineralkväve. På fältet fanns också försöksled gödslade med NPK-gödselmedel (24-4-5) med givorna 0, 30, 60, 90 och 120 kg kväve per hektar.

Sådden blev sen under odlingsåret 1997 och grödan påverkades negativt av torka i juli. Det led som gödslats med rötrest vid vårbruket gav en kärnskörd på 2 210 kg per hektar, vilket motsvarar 82 % av skörden vid gödsling med samma mängd lättillgängligt kväve i form av mineralgödsel. I försöksledet som gödslats i växande gröda skördades 1 660 kg kärna per hektar. Vid en jämförelse med mineralgödselled motsvarade detta 52 % av skörden vid en gödselgiva på 61-71 kg lättillgängligt kväve per hektar på våren.

4.6.2 Fältförsök med rötrest från matavfall i Helsingborg

Matavfall rötas på flera biogasanläggningar i Sverige, bl a i Helsingborg av Nordvästra Skånes Renhållnings AB. I denna anläggning rötas restprodukter från livsmedelsindustrin. Ett odlingsförsök som ska pågå under fem år lades ut öster om Helsingborg (Tostarps gård) under 1997 i samarbete med Hushållningssällskapet Malmöhus län (1998). Under den första odlingssäsongen odlades höstvetete (Kosack). Försöksleden fick olika mängder av rötrest och mineralgödsel-P och N under mitten av april. En jämförelse mellan skörderesultaten i normalgödslade mineralgödselled och rötrestled (tabell 6) visar att leden med rötrest gav upphov till högre skördar fastän kvävegivan var lägre i dessa led. Den lägre givan gav dock upphov till något lägre proteinhalt.

Tabell 6. *Jämförelse mellan skörderesultaten i led med handelsgödsel och rötrest (Hushållningssällskapet Malmöhus, 1998)*

	Rötrest	Handelsgödsel	Ogödslat
TotN-giva (kg/ha)	102	150	0
P-giva (kg/ha)	43	25	0
Kärnskörd (kg/ha med 15% vattenhalt)	7880	7540	6980
Proteinhalt (% av ts)	11,5	13,0	10,6

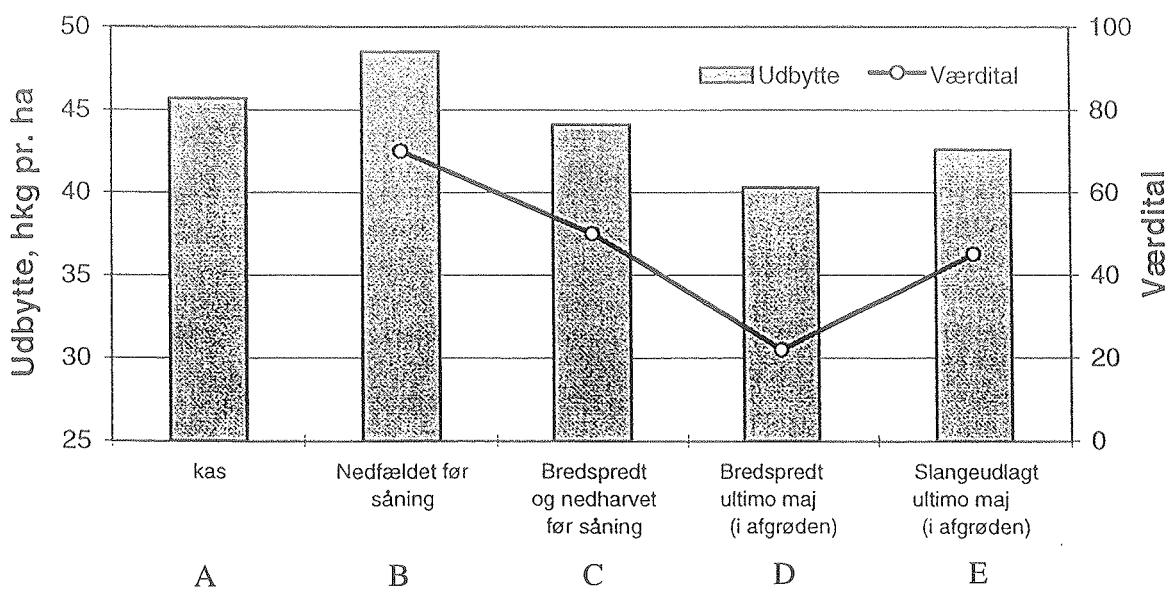
4.6.3 Fältsförsök med rötad gödsel

I Danmark finns ett tjugotal gårdsbaserade anläggningar som rötar flytgödsel (Miljöteknikdelegationen, 1998). Danska undersökningar mellan 1991-1994 (Örtenblad et al., 1995) visar att den rötade gödseln innehåller ca 3,3 kg ammoniumkväve per ton gödsel och ca 4,6 kg totalkväve per ton gödsel (jfr tabell 2). Den rötade gödseln har i genomsnitt ett högre pH än den icke rötade svin- och nötflytgödseln. Medelvärdet vad gäller pH för den rötade gödseln är 7,6.

I Danmark har flera fältsförsök gjorts under senare år. Den rötade gödseln har bland annat studerats i jämförelse med mineralgödsel och med avseende på olika spridningstekniker (Örtenblad et al., 1995). I figur 5 visas skördeutbytet och utnyttjandegraden av kväve i ett odlingsförsök med vårkorn.

Följande försöksled ingick i fältsförsöket:

- A 120 kg kväve per hektar i form av KAS (kalkammonsalpeter) vid sådd.
- B 120 kg ammoniumkväve per hektar i form av rötad flytgödsel, spridd med myllningsaggregat före sådd.
- C 120 kg ammoniumkväve per hektar i form av rötad flytgödsel, bredspridning och nedharvning före sådd.
- D 40 kg kväve per hektar i form av KAS vid sådd, 80 kg ammoniumkväve per hektar i form av rötad flytgödsel i slutet av maj, bredspridning.
- E 40 kg kväve per hektar i form av KAS vid sådd, 80 kg ammoniumkväve per hektar i form av rötad flytgödsel i slutet av maj, slangspridare.



Figur 5. Resultat från försök med rötad gödsel till vårkorn (Örtenblad et al., 1995. Fyra försök under 1991-1992). Skalan till vänster i figuren uttrycker skördeutbyte (udbytte) av kärna i hkg per hektar. Skalan till höger uttrycker det relativa kväveutnyttjandet i jämförelse med handelsgödsel (værdital = antal kg kväve i handelsgödsel som 100 kg totalkväve i rötad gödsel kan ersätta).

Skördeutbytet blev i dessa försök högre i ledet med rötad flytgödsel (B), spridd med myllningsaggregat före sådd, än i ledet med mineralgödsel (A). Vid en jämförelse mellan leden med rötad flytgödsel (led B och C), uppvisar ledet där flytgödseln myllats ned omedelbart också högre skörd än ledet där flytgödseln var bredspridd och nedbrukad inom en timme efter spridning. Spridningstekniken har följaktligen stor betydelse för skördeutbytet. Spridning av rötad flytgödsel i växande gröda (försöksled D och E) åtföljs inte av någon nedbrukning och ammoniakavgången efter spridning blir därför större i dessa led och skördeutbytet lägre.

4.6.4 Gödslings med enkel respektive delad giva

Kväveupptag och planttillväxt varierar med olika gödslingsstrategier. Under 1983-1986 jämfördes, i odlingsförsök med havre (Mattson & Avholm, 1990), engångsgivor av kväve vid sådd (kalkkammonsalpeter, N 28) med delade givor. Leden med delad giva gödslades vid sådd med kalkkammonsalpeter (N 28) och då havren var ca 20 cm hög med kalksalpeter. Skillnaderna i avkastning blev små. Delad giva gav upphov till en lägre tusenkornvikt och volymvikt. Dessutom försenades mognaden och stråstyrkan försämrades i dessa led. Proteinhalten blev dock högre vid delad giva.

4.7 Lagar och förordningar

För att spridning av rötrest inom jordbruket ska leva upp till kretslopps- och miljönormer i framtidens uthålliga samhälle krävs att rötresten och odlingssystemet håller en viss kvalitet vad gäller miljöbelastning och miljöstörande ämnen. Exempel på sådana ämnen som bör hållas under kontroll är metaller och organiska föroreningar.

På initiativ av en arbetsgrupp inom Svenska Renhållningsverksföreningen (RVF) och med stöd från AFR(Avfallsforskningsrådet)/Naturvårdsverket sattes ett projekt igång under 1997 med mål att utveckla ett certifieringssystem för kompost och rötrest. Ett förslag till ett frivilligt certifieringssystem är nu framtaget (Lundeberg et al., 1998). Här finns bland annat förslag till riktvärden för metaller och synliga föroreningar som plast och glas. Frågor kring smittspridning av sjukdomar till människor, djur och växter via rötrest, samt hur den kan förhindras behandlas också i rapporten. I övrigt gäller de regler som finns för slam från avloppsreningsverk vid användning av rötrester från matavfall (Naturvårdsverket, 1994).

EU-förordningen för ekologisk odling har en lista över godkända gödselmedel där komposterat hushållsavfall, men ej rötrest, är godkänt i dagsläget. I januari 1998 lades dock ett förslag fram om att rötrest från rötning av bl a grödor, hushållsavfall, gödsel och animaliskt lågriskavfall (slakteriavfall från friska besiktigade djurkroppar enligt Jordbruksverket, 1998) skulle godkännas som gödselmedel för ekologisk odling. EU-kommissionen arbetar fram ett förslag som ska diskuteras under hösten 1998. Eventuellt beslut kommer att fattas under 1999 (Andersson, 1998, pers. medd.).

5 Fältförsök

5.1 Försöksplan

Försöket med rötrest samordnades med ett hönsgödsselförsök som påbörjades i JTI:s regi med finansiering av Jordbruksverket under 1997. Försöket var utlagt som ett randomiserat fältförsök med fyra block. De led som undersöks i denna studie gällande rötrest är F-I, samt K och L. I tabell 7 visas de olika behandlingarna i försöket. Havre av sorten Doris odlades.

Tabell 7. *Behandlingar i de olika försöksleden 1998*

A-E	Hönsgödsselförsök
F	Ingen gödsling
G	45 kg N/ha i form av KAS (kalkammonsalpeter)
H	90 kg N/ha i form av KAS
I	135 kg N/ha i form av KAS
J	Hönsgödsel ca 90 kg N/ha
K	Rötrest vid sådd, 53 kg am-N/ha, 95 kg tot-N/ha
L	Startgiva 30 kg N/ha KAS + rötrest i växande gröda, 44 kg am-N/ha, 69 kg tot-N/ha

5.2 Fältförhållanden

Försöket genomfördes på gården Lilla Vallskog ca en mil norr om Uppsala. Gården brukas av Lars Vallgård med inriktning mot spannmålsodling. Under de senaste åren har ingen stallgödsel spridits på försöksplatsen. Försöksfältet har haft en växtföljd med följande grödor (Vallgård, 1998, pers. medd.):

Växtföljd 1995 korn
 1996 vårraps
 1997 korn
 1998 havre

Försöksfältet består av styv lera med höga fosfor- och kaliumklasser (tabell 8). Mullhalten i matjorden är 4,2% vilket medför att jorden betecknas som en måttligt mullhaltig styv lera (mmh SL).

Tabell 8. *Markegenskaper på försöksfältet. Prover från marknivå, 0-30 cm, uppmätta i maj 1997 (Elmquist et al., 1998)*

Jordart	(mmh SL)	måttligt mullhaltig styv lera	
Mullhalt	4,2%		
pH	5,6		
P-Al	17,4	(mg/100 mg lufttorr jord)	Klass V
P-HCl	100,1	(mg/100 mg lufttorr jord)	Klass V
K-Al	10,3	(mg/100 mg lufttorr jord)	Klass III
K-HCl	244,5	(mg/100 mg lufttorr jord)	Klass IV
Cd	0,40	(kg/ha i matjorden)	

5.3 Material och metoder

5.3.1 Hantering och spridning av gödsel

Den 15 maj fraktades rötrest från SKAFAB/SRV:s rötningsanläggning i Sofielund, Stockholm, till en lagertank på Kungsängen i Uppsala. Denna rötrest användes både vid spridning i samband med sådd och spridning i växande gröda. Omrörning i lagringstanken skedde före spridning genom att rötresten pumpades fram och tillbaka mellan gödseltunna och lagringstank. Analyser på kväveinnehåll mm gjordes i samband med de två spridningstillfällena (tabell 1).

Rötrest spreds med en giva på ca 28 ton per hektar den 19 maj före sådd. En gödselspridare som konstruerats på JTI (figur 6) för noggrann spridning och mätning av mängd gödsel användes. Spridningsrampen är monterad vid sidan av gödselspridaren vilket medför att körspår undviks i skörderutorna. Rötresten bandspreddes med släpslangar med ett inbördes avstånd av 25 cm. Direkt efter spridningen myllades rötresten genom harvning. Vid spridningstillfället var det uppehållsväder men relativt blåsigt och kallt.

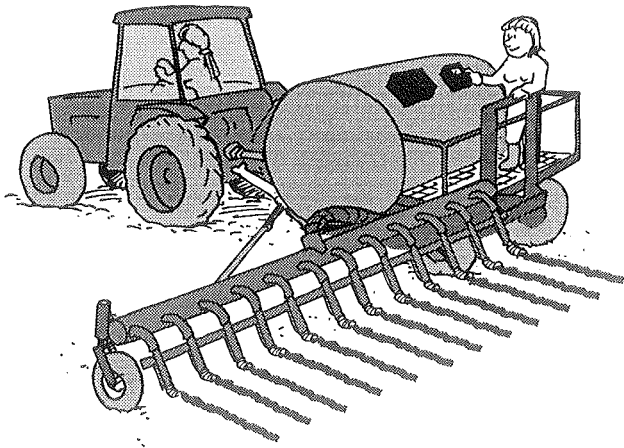
Den 26 juni var grödan ca 30-35 cm hög och befann sig i stråskjutningsstadiet. Vid denna tidpunkt spreds rötrest i led L med en giva på ca 20 ton per hektar. Temperaturen var ca 20°C och vindstyrkan 5-10 m/s under förmiddagen. I tabell 9 visas de mängder växtnäring som tillfördes grödan i form av rötrester.

Tabell 9. *Mängd växtnäring tillförd åkermarken via rötrest vid två tillfällena*

Mängd växtnäring tillförd via rötrester	Tot-N (kg/ha)	Am-N (kg/ha)	Tot-P (kg/ha)	Tot-K (kg/ha)
980519	95	53	5,3	27
980626 ¹	69	44		

¹ Vid detta tillfälle analyserades rötresten enbart med avseende på ammonium- och totalkväve.

Den 18 maj spreds mineralgödsel i form av KAS (N28) i led G-I och L. Dessutom grundgödslades led F-I och K-L med PK-gödselmedel (PKS 11-21-2) motsvarande 20 kg P per hektar och 40 kg K per hektar.



Figur 6. En släpplangspridare för fältförsök som är specialkonstruerad på JTI, användes vid spridningen av rötrest (Ill:Kim Gutekunst, JTI).

5.3.2 Övriga odlingsåtgärder

Efter spridning av rötrest såddes fältet den 19 maj med havre av sorten Doris. En Nordsten kombisåmaskin användes och maskinen kördes i blockens längdriktning dvs tvärs över försöksrutorna. Radavståndet var 12,5 cm.

Den 2 oktober, drygt en månad senare än normalt, skördades försöksrutorna med hjälp av en tröska av märket Volvo BM 1110 utrustad som försökströska.

5.3.3 Provtagning av gröda och jord

5.3.3.1 Grödprovtagning

Grödprover togs från försöksrutorna vid samma tidpunkter som för jordprovtagning, den 15 juni och den 22 september. Säden klipptes i rutor på $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^2$. I varje försöksruta klipptes fyra rutor, dvs 1 m^2 . Proverna slogs samman till ett prov per försöksruta.

5.3.3.2 Provtagning av jord

Den första jordprovtagningen ägde rum den 15 juni då grödan var i utvecklingsstadium 31, dvs 1-nodstadium enligt Zadoks dc-skala (Zadoks et al., 1974). Det andra tillfället för jordprovtagning var vid gulumognad, dvs dc-stadium 90/91. Block I provtogs den 22 september och övriga block den 28 september. Borrkärnor togs från 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup i marken. Från djup 0-30 cm togs 8 stick per försöksruta och från 30-60 respektive 60-90 cm djup 6 stick per försöksruta. Borrkärnorna slogs samman till ett prov för respektive markdjup per försöksruta. Proven frystes in för analys.

5.3.4 Analys av gröda och jord

5.3.4.1 Analys av grödprov

De torkade grödproverna vägdes och kärnorna tröskades. Halmprover från varje försöksled maldes för att kunna analyseras. Dessutom sparades kärnprov för analys.

Totalkvävehalten i växmaterialet mättes i en autoanalyser (Leco CNS-2000) där växtmaterialet först förgasades i en förbränningsugn. Kvävet omvandlades i en katalysator till kvävgas (N_2) som sedan mättes i en konduktivitetmätare (Kvarmo, 1998).

5.3.4.2 Analys av jordprov

Jordproverna extraherades med 200 ml KCl. Kvävehalterna mättes sedan spektrofotometriskt i en autoanalyser (TrAAcs 800, Tyskland). Halten ammoniumkväve mättes enligt metod ST9002-NH₄-D och halten nitratkväve enligt ST9002-NO₃-D (Kvarmo, 1998).

5.3.5 Statistisk bearbetning

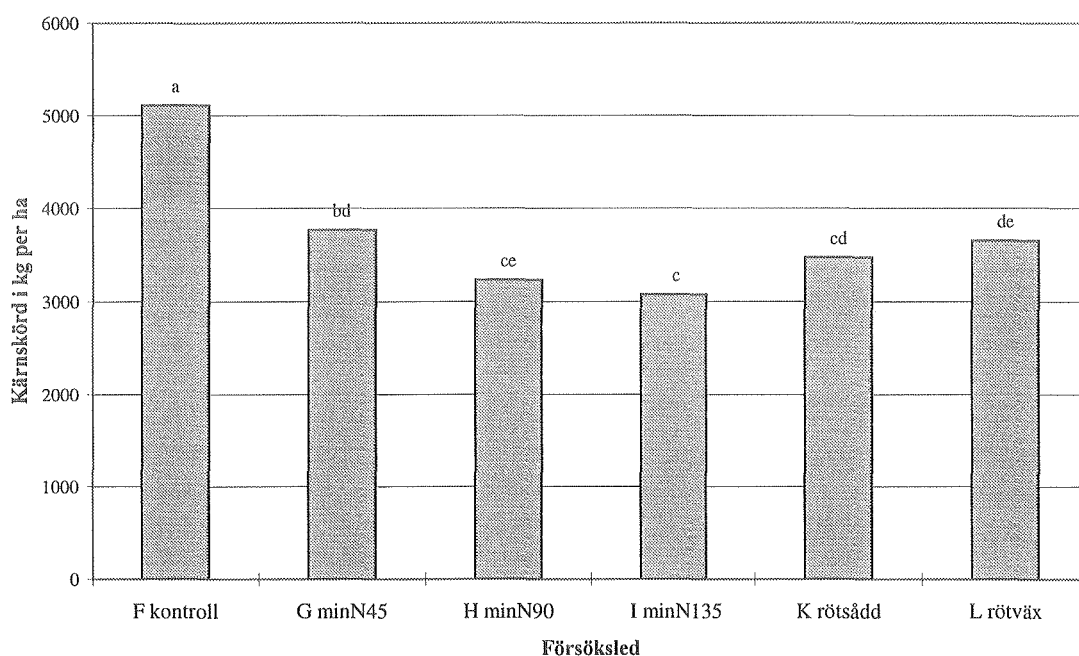
Försöksresultaten har bearbetats statistiskt med hjälp av variansanalys på Institutionen för markvetenskap, avdelningen för jordbearbetning, samt på Institutionen för statistik, data och informationslära, avdelningen för statistik.

6 Resultat från fältförsök

6.1 Kärnskörd och stråstyrka

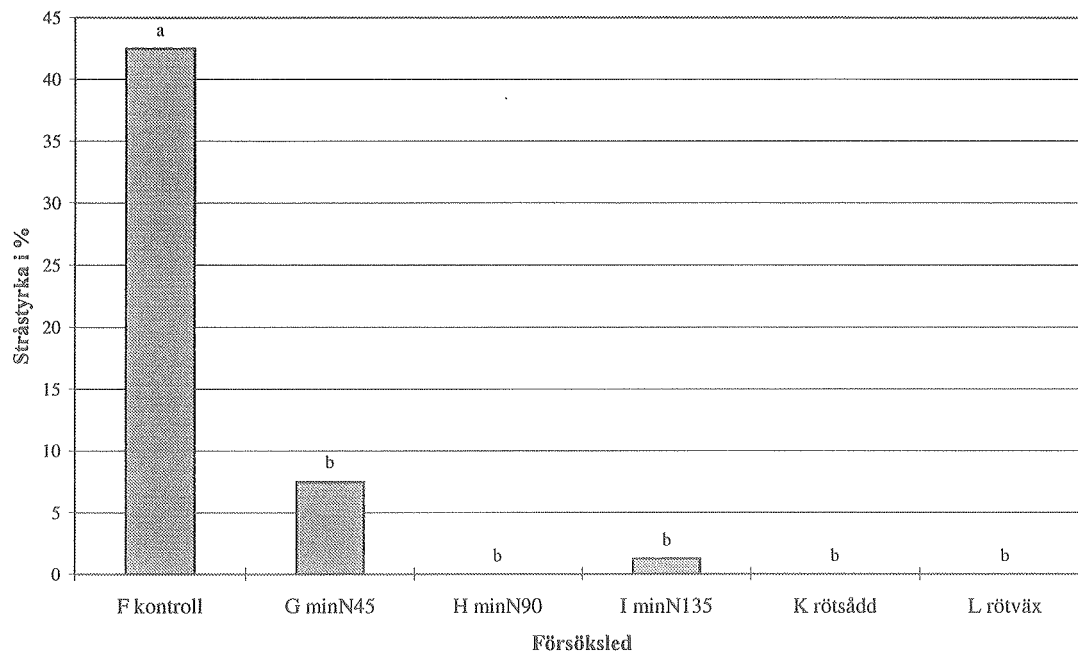
Kontrolledet (F) är signifikant skilt från övriga led och har dessutom högst värden både vad gäller kärnskörd (figur 7) och stråstyrka (figur 8). Övriga skörderesultat, tusenkornvikt och rymdvikt, redovisas i bilaga 1. Kärnskörden i led F, där ingen kvävegödsling skett i år, uppmättes till 5110 kg per hektar. Normskörden för havre i Uppsala län är 4270 kg per hektar (Statistiska centralbyrån, 1997) och skörden i kontrolledet översteg detta värde. Grödan i kontrolledet har inte uppvisat några symptom på näringsbrist.

Lägst kärnskörd, 3080 kg per hektar, erhöles i det försöksled (I) som gödslats med den högsta mineralgödselgivan, 135 kg kväve per hektar. Mineralgödselled G (45 kg N) gav en något högre skörd än led I. Vad gäller kärnskörden i rötrestleden (K och L), kan ingen statistisk skillnad ses mellan leden. I led K, som gödslats med rötrest i samband med sådd, blev kärnskörden 3480 kg per hektar och i led L, som gödslades under sommaren, blev skörden 3660 kg per hektar. Dessa värden är signifikant skilda från kontrolledets (F) höga skörd.



Figur 7. Kärnskörd i kg per ha vid 15% vattenhalt ($n=4$; $LSD=456$). Signifikant skillnad ($p<0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam. (Rötsådd=rötrest vid sådd, rötväx=rötrest i växande gröda.)

I rötrestleden K och L, samt i mineralgödselled H (90 kg N), var stråstyrkan 0% (figur 8). Led G och I som gödslats med 45 respektive 135 kg N per hektar i form av kalkammonsalpeter hade låg stråstyrka; 7,5% respektive 1,3%. Kontrollledet (F) var signifikant skilt från övriga led med en stråstyrka på 43%.



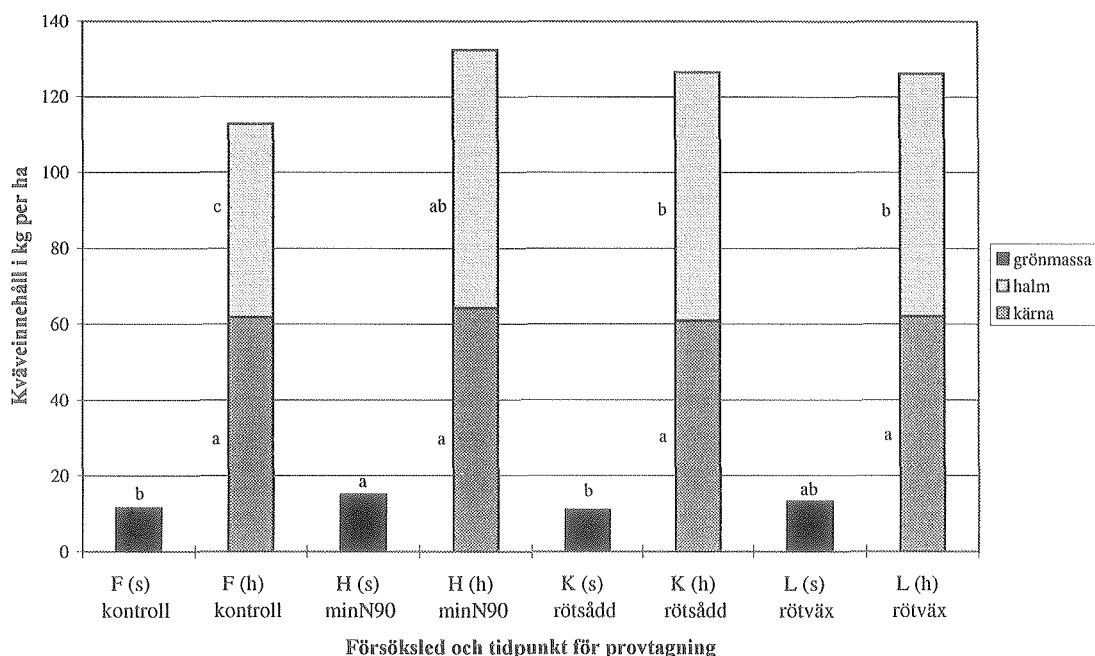
Figur 8. Stråstyrka i % ($n = 4$; $LSD = 15,5$). $Liggsäd\ i\ \% = 100\% - Stråstyrka\ i\ \%$. Signifikant skillnad ($p < 0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam. (Rötsådd=rötrest vid sådd, rötväx=rötrest i växande gröda.)

6.2 Kväve i grödan

I mitten av juni (s=sommarprovtagning) hade försöksled H, som gödslats med 90 kg mineralgödselkväve, tagit upp 15,0 kg kväve per hektar (figur 9). Analyser gjordes också på kväveinnehåll i kontrollled, F, och rötrestled K och L. Dessa led hade tagit upp lägre mängder av kväve. Det rötrestled som vid provtillfället endast fått en startgiva på 30 kg mineralkväve per hektar (L) hade ett något högre kväveinnehåll (13,2 kg kväve per hektar) än försöksledet som gödslades med rötrest i samband med sådd (K, 11,0 kg kväve per hektar), men denna skillnad är ej signifikant.

Vid skördemognad (h=höstprovtagning) mättes kväveinnehåll i växtmaterialet (figur 9). Samtliga resultat vad gäller kväveupptag redovisas i bilaga 2. Vad gäller kväveinnehåll i kärna var skillnaderna små mellan de olika försöksleden. Det råder ingen signifikant skillnad mellan dessa värden.

Det råder en något större variation mellan försöksleden vid en studie av kväveinnehåll i halm än vid studier av kväveinnehåll i kärna. Rötrestleden (K och L) är dock inte signifikant skilda åt med sitt kväveinnehåll i halm på 65,6 respektive 64,1 kg kväve per hektar. Uptaget av kväve i halm är lägst (50,9 kg kväve per hektar) i kontrolledet (F) som inte gödslats och högst (68,1 kg kväve per hektar) i det försöksled (H) som fått 90 kg mineralkväve per hektar.



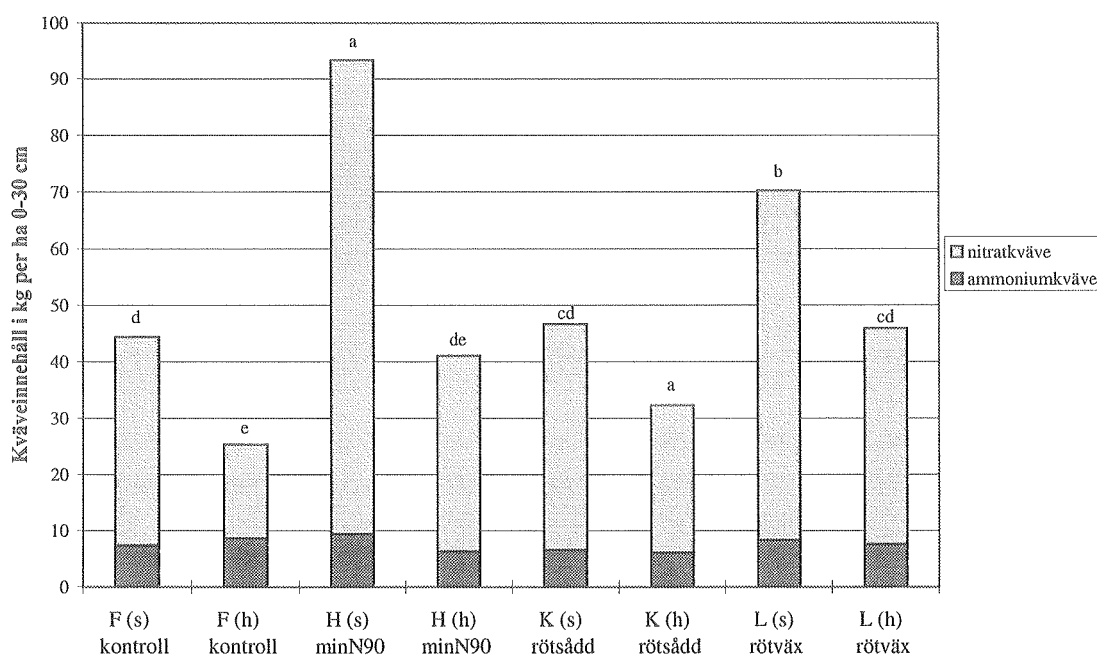
Figur 9. Kväveinnehåll i grödan uttryckt i kg totalkväve per hektar. Grönmassa provtogs 980615 (s). Kärna och halm provtogs 980923 (h). Leden har jämförts statistiskt vid varje provtagning ($n=4$; LSD (grönmassa)=2,59; LSD (halm)=8,96). Signifikant skillnad ($p<0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam. (Rötsådd=rötrest vid sådd, rötväx=rötrest i växande gröda.)

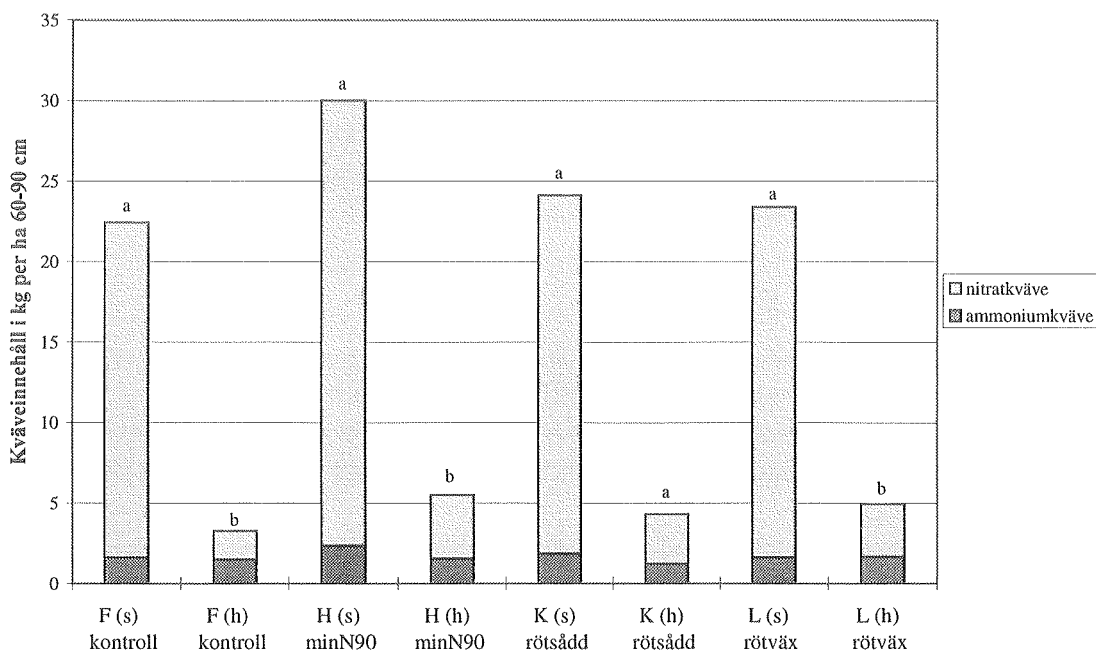
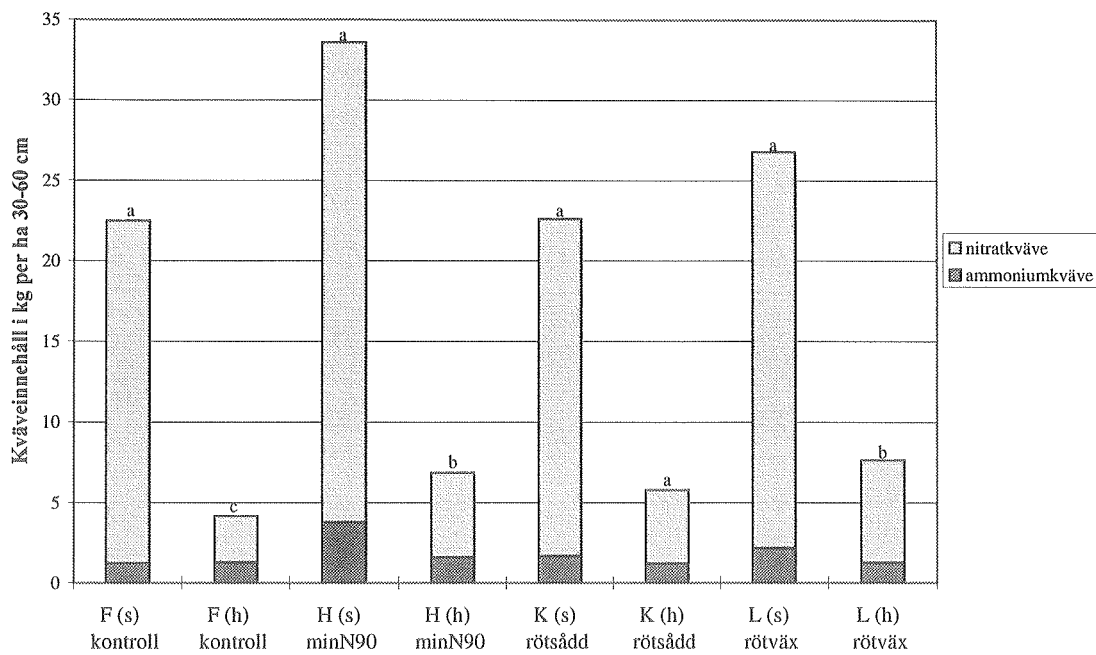
6.3 Mineralkväve i marken

I samtliga försöksled och markskikt sjunker mineralkväveinnehållet mellan provtagningstillfällena 15 juni (s) och 28 september (h) (figur 10). Framst rör det sig om en minskning av nitratkvävet i marken under växtsäsongen. Generellt kan också sägas att innehållet av nitratkväve i marken är större än innehållet av ammoniumkväve, vilket tyder på goda förutsättningar för nitrifikation i marken.

I matjordsskiktet (0-30 cm djup) är innehållet av mineralkväve lägst i det ogödslade kontrolledet (F) vid båda provtagningarna (44,4 respektive 25,3 kg kväve per hektar), medan mineralgödselledet, H (90 kg kväve), har högst kväveinnehåll vid de två provtillfällena (93,4 respektive 41,1 kg kväve per hektar). Anmärkningsvärt är att led L, som bara fått en startgiva av mineralkväve, uppvisar högre kväveinnehåll vid sommarprovtagningen (s) än led K, som gödslats med rötrest i samband med sådd.

De andra två markskikten, 30-60 cm och 60-90 cm, innehåller lägre halter av mineralkväve än matjordsskiktet. Skillnader syns mellan försöksleden vilket visar på att kväve transporterats ned i marken. Högst är kväveinnehållet i mineralgödselled H, som gödslats med 90 kg kväve. Den 15 juni (s) innehåller led H 33,6 respektive 30,1 kg kväve per hektar i markskikt 30-60 cm och 60-90 cm. Tre och en halv månad senare (h, 980928) har kväveinnehållet i H sjunkit till 6,8 respektive 5,6 kg per hektar för de två markskikten. Liksom i matjordsskiktet gäller för skikt 30-60 cm att rötrestled L har högre kväveinnehåll än rötrestled K vid höstprovtagningen (h), även om skillnaderna inte är stora. I det nedersta skiktet (60-90 cm) är skillnaderna mellan led K och L små och endast signifikanta vid höstprovtagningen. Det ogödslade kontrollledet innehåller nästan lika mycket kväve som rötrestleden i de undre markskikten vid tillfället för den första provtagningen (s). Den 28 september är däremot kväveinnehållet större i rötrestleden K och L än i kontrollled F vad gäller markskikt 30-60. Samtliga resultat vad gäller kväve i markprofilen redovisas i bilaga 3.





Figur 10. Kväveinnehåll i markskikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm uttryckt i kg N per ha vid två tillfällen; 980615 (s) och 980928 (h). Leden har jämförts statistiskt vid varje provtagning ($n=4$; $LSD(s, 0-30)=13,3$; $LSD(h, 0-30)=8,72$; $LSD(s, 30-60)=11,6$; $LSD(h, 30-60)=2,03$; $LSD(h, 60-90)=2,29$). Signifikant skillnad ($p<0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam. (Röttsådd=rötrest vid sådd, rötväx=rötrest i växande gröda.)

6.4 Kvävebalans i försöket

Med hjälp av uppgifter om havreskörd, upptag av kväve i gröda och uppskattningar av förlustposter för kväve kan en kvävebalans sättas upp för de olika försöksleden (tabell 10).

Tabell 10. Kvävebalans för de olika försöksleden i fältförsöket, uttryckt som differenser mellan tillförsel och bortförsel av kväve i kg per hektar

Försöksled	F	G	H	I	K	L
Gödsling, kg tot-N/ha	0	45	90	135	95	99
Kväveminalisering under säsongen, kg/ha ¹	113	113	113	113	113	113
Tillförsel av N via deposition, kg/ha	10	10	10	10	10	10
Bortförsel av N via kärnskörd, kg/ha	62	65	64	59	61	62
Restkväve, kg/ha²	61	103	149	199	157	160

¹ Kväveminalisering= upptag av kväve i kärna + halm i kontrollerad F

² Restkväve= inlagring av N i halm, rötter och annat organiskt material + N i markvätskan + N bundet till markpartiklar. Det finns risk för förluster av detta N genom ammoniakavgång, denitrifikation och nitratutlakning.

Under den regniga sommaren 1998 var förutsättningarna för mineralisering av markens organiskt bundna kväve stor. Upptaget av kväve i havrens ovanjordiska delar (kärna+halm) i kontrollerad var 113 kg per hektar och i tabell 10 antas detta motsvara mineraliseringen i samtliga försöksled.

6.5 Observationer i fält

Under början av odlingssäsongen var grödan mycket frodig och kraftig, främst i leden med de högsta gödselgivorna. Tydliga skillnader observerades dock i led K och L mellan ogödslade och gödslade delar av rutorna. Inte i något av försöksleden, inte ens det ogödslade kontrollerad, har grödan uppvisat några sympton på näringsbrist.

I mitten av juli uppvisade grödan i ledet med den högsta handelsgödselgivan (led I) liggsäd eller fläckar av liggsäd. I led H observerades tendenser till liggsäd. En månad senare, i mitten av augusti, var det liggsäd i alla led utom i led F som utgör kontrollerad i försöket.

Försöksfältet har varit utsatt för kraftiga angrepp av svampen kronrost (*Puccinia hordei*). Den regniga sommaren har gynnat spridning och tillväxt av svampen. I mitten av juni observerades enstaka havrebladlös i fältet.

Försöksfältet ogräsbekämpades under försommaren med god effekt. Dessutom har den goda etableringen av grödan medverkat till en låg ogräsförekomst.

7 Diskussion

7.1 Årets fältförsök

Vid arbete med fältförsök finns många faktorer som påverkar resultaten. År 1998 är troligen den viktigaste faktorn vädret. Sommaren präglades av många regndagar och lite solsken. Regnmängderna var i Uppland inte anmärkningsvärt stora, men det faktum att det ofta regnade påverkade fältförsöket på många sätt. Svampen kronrost fick stor spridning i fältet på grund av det regniga vädret, vilket kan ha bidragit till skördenedsättningar (Waern, 1999, pers. medd.). Troligen var det dock den tidiga och stora andelen liggsäd i försöket som påverkade resultaten mest.

Under början av sommaren var havren i alla försöksled frodig och kraftig. I försöksleden med de högsta kvävegivorna blev andelen liggsäd störst och det visar att det finns ett klart samband mellan god tillväxt och risk för liggsäd. Enligt Birgitta Mannerstedt (pers. medd.) finns det en koppling mellan låg C/N-kvot och porös vävnad i plantan. Ett högt kväveinnehåll i växten medför porös vävnad och ökad risk för liggsäd. Dessutom ökar risken för angrepp av växtpatogener.

En förklaring till den höga skörden i det ogödslade ledet var att andelen liggsäd i det ledet var förhållandevis liten. En ännu viktigare förklaring är troligen att den regniga sommaren medfört goda förutsättningar för mineralisering av markens organiska material. Denna mineralisering har troligen varit tillräcklig för att täcka grödans behov. I efterhand kan sägas att kvävegödselgivorna var för stora detta år. Resultaten visar att bäst skörd erhöles då ingen kvävegödsling utfördes.

En stor del av kväveupptaget i havren har skett innan axgång och en omfördelning inom plantan har sedan ägt rum under kärnfyllnaden. Under denna period var flera av försöksleden drabbade av liggsäd, vilket kan ha försvårat omfördelningen av växtnäringsämnen i plantan. Trenden vad gäller totalt upptag av kväve i kärna och strå är att ökad kvävegiva gett ökat kväveupptag. Skillnaderna är dock små och vad gäller rötrestleden är skillnaderna ej signifikanta. Vid en jämförelse av kväveupptaget i kärna finns inga signifikanta skillnader mellan leden. Däremot finns skillnader i kärnskörd vilket medför att proteinhalten är högre i gödslade led än i kontrolleret. En jämförelse med normvärden för kväveupptag hos havre (tabell 5) visar att kväveupptaget i kärna är lågt och upptaget i halm högt för detta rötrestförsök. Möjligen har omfördelningen inom plantorna inte kunnat äga rum då stråna knäckts.

Årets resultat visar inga nämnvärda skillnader mellan rötrestleden vad gäller skörd och kväveupptag. Gödslig med rötrest i växande gröda i kombination med startgiva i samband med sådd fungerade följaktligen som ett bra alternativ till vårspridning under 1998.

Kväveinnehållet i marken, och då främst innehållet av nitratkväve, sjunker under växtsäsongen, vilket är naturligt då växterna tar upp kväve under växtsäsongen. Detta gäller ända ned till 90 cm djup vilket tyder på att rotsystemet når ned till detta djup.

Andelen nitratkväve i marken dominerar även i de gödselled som fått ammoniumkväve i form av rötrest (K och L). Detta visar att förhållandena för nitrifikation varit goda under sommaren trots mycket regn. Kväveinnehållet är högre i matjordslagret än i de undre markskikten, vilket förklaras av att gödslingen skett vid markytan och att mineraliseringen främst sker i matjordslagret där marktemperaturen är som högst.

Vid en jämförelse mellan rötrestleden (K och L), markskikt 0-30, visar det sig att led L som fick en startgiva följt av rötrest i växande gröda har högst halter av kväve vid båda tillfällena för jordprovtagning. Detta fastän led L vid det första provtagningstillfället endast hade gödslats med en startgiva av 30 kg mineralkväve per hektar. Led K hade fått en betydligt högre kvävegiva, 95 kg per hektar, i form av rötrest.

Mängden restkväve är stor i de gödslade leden vilket syns i kvävebalansen. Vad som hänt med detta restkväve är intressant att diskutera. Vid det första spridningstillfället av rötrest var det blåsigt och kallt. Blåsten kan ha bidragit till en ökad ammoniakavgång, men samtidigt motverkade ett effektivt nedträngande och en snabb nedbrukning i marken ammoniakförlusterna. En stor del av restkvävet kan ha gått förlorat via denitrifikation under de mest regniga perioderna under sommaren. Denitrifikationen kräver en lättomsättbar kolkälla som troligen fanns tillgänglig i den måttligt mullhaltiga marken. Det kväve som finns kvar i marken efter skörd riskerar att utlakas alternativt försvinna via denitrifikation under vinterhalvåret 98-99.

7.2 Tidigare fältförsök

Årets resultat kan jämföras med tidigare års resultat med rötrest från Sofielund. År 1996 odlades också havre. Detta år gav gödsling med rötrest i samband med sådd en nästan lika hög skörd som gödsling med samma mängd kväve i form av mineralgödsel, vilket antyder att rötrest har potential att fungera som ett mycket bra gödselmedel. Spridning i växande gröda gav en lägre skörd vilket delvis kan förklaras av att grödan inte hade tillräckligt med växtnäring att tillgå i början av växtsäsongen. Till skillnad från i årets försök gavs ingen startgiva under 1996 i form av kväve i vårbruket.

Sen sådd och torka under juli månad påverkade 1997 års fältförsök med korn negativt. Skörden blev generellt sett låg i samtliga försökled och rötrestleden uppvisade sämre resultat i jämförelse med mineralgödselled än under 1996. Skörden var betydligt sämre än under försöksåret 1998.

Fältförsök i Helsingborg och Danmark med rötrest, i Danmark med rötad gödsel, har gett högre skördar än motsvarande kvävegödsling med mineralgödselmedel. De danska försöken visar dock att spridning i växande gröda sänker skördarna. Ammoniakförluster kan här spela en roll.

Fältförsöken med olika typer av rötat material uppvisar en brokig bild i skörderesultat, vilket är naturligt. Det finns behov av att studera hur rötresten fungerar som gödselmedel under en längre tid för att få en bättre överblick av mellanårsvariationer.

7.3 Rötrest som gödselmedel

Rötresten från Sofielund har en växtnäringsammansättning som lämpar sig för växtodling. På jordar med låga fosforklasser finns dock behov av kompletteringsgödning med fosfor vid sidan av gödning med rötrest. Detta innebär ett extra arbetsmoment för lantbrukaren. Det finns en variation i sammansättningen av olika växtnäringsämnen i rötresten från Sofielund, beroende på vilket material som rötas och hur rötningsprocessen fungerar. Halterna av tungmetaller är låga, vilket eventuellt kan leda till ett godkännande av rötrest som gödselmedel inom ekologisk odling.

Då en så stor andel av kvävet i rötresten befinner sig i organiskt bunden form är det viktigt att föra en diskussion kring vad som händer med detta kväve. Hur snabbt sker mineraliseringen och i vilken grad bidrar gödning med rötrest till en höjning av mullhalten i marken? Mullhalten i marken är något som förändras över en lång tid. Odlingsförsök med organiska gödselmedel som stallgödsel har utförts på Ultuna sen 1956 (Kirchmann et al., 1994). Användning av stallgödsel under 35 år har ökat markens kolinnehåll från 1,5% till drygt 2%. Stallgödsel innehåller betydligt mer organiskt material än rötresten och därför kan en ökning av mullhalten genom gödning med rötrest väntas ta mycket lång tid.

Mineraliseringen av det organiska kvävet i rötresten går långsamt då kolföreningarna är stabila, men på sikt kommer ändå det tillförda organiska kvävet marken och växterna tillgodo. Generella uttalanden om mineraliseringshastighet i mark är mycket osäkra, då mineraliseringen varierar med många faktorer. Detta medför att det är svårt att ge odlingsrekommendationer om gödningssivor av organiska gödselmedel. Ofta är gödningssivorna baserade på innehåll av ammoniumkväve, då detta kväve kommer säsongens gröda tillgodo. I fallet med rötrest bör hänsyn även tas till innehåll av organiskt kväve även om detta kväve är svårömsättbart.

Hanteringen av rötresten har avgörande betydelse för växtnärings utnyttjande. Med spridningsteknik som minimerar rötrestens kontakt med atmosfären, samt direkt nedbrukning kan ammoniakförlusterna reduceras. Inköp av effektiva gödselspridare, exempelvis släpångspridare, innebär stora kostnader för en enskild lantbrukare. För en brukare som inte redan har utrustning för att hantera stallgödsel är därför legokörning av maskinstationer en lösning.

Det är viktigt att välja rätt tidpunkt för gödselspridningen vad gäller väderförhållanden och möjligheter till upptag i grödan. I detta försök har spridning skett under våren, men även vid användning av rötrest till höstsådda grödor bör vårspridning vara att föredra då utlakningsrisken under vintern undviks och det främsta växtnäringsupptaget sker under sommarhalvåret. Ur praktisk synvinkel uppkommer problem då stora volymer gödsel ska spridas under vårbruket. Risker finns för markpackning om marken inte torkat upp. Dessutom är denna period i många fall mycket arbetsintensiv för lantbrukaren.

7.4 Matavfall i kretslopp

Sakta håller samhällets syn på organiskt avfall att förändras. Benämningen avfall vittnar om att materialet inte ansetts värt någonting, utan snarare varit något som samhället velat bli av med. Under de senaste åren har källsorteringen av bland annat matavfall i de svenska hushållen ökat. Tanken med kretslopp är att materialet ska recirkuleras och vad gäller matavfall innebär det att våra matrester bör föras tillbaka till lantbruket i någon form.

Debatten har gått het kring frågor om farliga ämnen i organiskt avfall som rötslam och oron hos både lantbrukare och konsumenter för att sprida nya material på åkermarken är till viss del befogad. Vem kan garantera att det inte finns skadliga organiska föreningar eller patogener i rötresten? Tydliga kvalitetskrav och noggranna kontroller är nödvändiga vid införande av nya gödselmedel som rötrest.

Rötning är bara en i raden av olika möjligheter att ta tillvara resurserna i matavfallet. Varje behandlingssystem har sina för- och nackdelar. Frågor som bör ställas inför val av behandlingssystem är t ex om avfallet ska hanteras i småskaliga anläggningar, ex kompostering i enskilda hushåll, eller storskaliga, ex våtkompostering. Detta påverkar bl a i hög grad mängden transporter. Vilket system är mest uthålligt på lång sikt, sett från både ekonomiskt och miljömässigt perspektiv? Systemanalysstudier har utförts på JTI av Dalemo (1998, pers. medd.). I studien jämfördes vad som händer med kvävet vid rötrest- respektive kompostgödning. Då samma mängd totalkväve tillförs med de två gödselslagen blir en större andel kväve växttillgängligt vid rötrestgödningen. En stor andel kväve går förlorat i samband med att organiskt bundet kväve mineraliseras vid kompostgödning medan rötrestgödningen leder till högre ammoniakavgång i samband med spridning.

7.5 Behov av framtida studier

Hantering av rötresten efter hygienisering kan medföra återkontaminering av patogener. Det faktum att transport av rötrest kan komma att äga rum över stora områden innebär ytterligare risker för smittspridning. I förslaget till certifieringssystem bl a för rötrester från organiskt avfall (Lundeberg et al., 1998), understryks vikten av att i framtiden utveckla kontrollverksamhet för drift av anläggningar och kvalitet hos rötresten.

För att lantbruket ska börja använda rötrest som gödselmedel, krävs arbete med att utarbeta gödslingsstrategier och odlingsrekommendationer. Dessutom skulle spridningen av odlingserfarenheter vad gäller rötresten kunna ökas avsevärt via fler demonstrationsodlingar och fältvandringar.

8 Slutsatser

- Rötresten har många egenskaper gemensamt med nöturin, t ex högt pH-värde, låg torrsbstanshalt och en liknande fördelning mellan ammonium- och organiskt bundet kväve.
- Kraftig mineralisering av organiskt bundet kväve och stråstyrka hos grödan påverkar årets resultat i större grad än gödslingsstrategi.
- Gödsling med rötrest, baserat på ammoniumkväveinnehåll i rötresten, ger en kärnskörd i samma storleksordning som gödsling med motsvarande mängd mineralkväve.
- Årets resultat från fältförsöket visar inga signifikanta skillnader i kärnskörd mellan gödsling av rötrest i samband med sådd och gödsling i växande gröda.
- Stora mängder kväve finns kvar i marken i de gödslade försöksleden efter växtsäsongen 1998.
- Det finns behov av fortsatta studier i hur rötresten fungerar som gödselmedel, eftersom årsmånen är en starkt påverkande faktor i jordbruksproduktion.

9 Referenser

9.1 Litteratur

- Blomberg, M., Edström, M., Elmquist, H., Johansson, S., Lindén, B., Rodhe, L. & Steineck, S. 1998. Restaurang-, handels- och hushållsavfall som växtnäring- och jordförbättringsmedel. Orienterande odlingsförsök med rötrest vid sådd och i växande gröda. Slutrapport. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Båth, B. & Rämert, B. Unpubl. Organic Household Wastes as a N Resource in Leek Production. Horticultural Research Station, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU. Uppsala.
- Båth, B. 1998. Hushållsavfall som växtnäringsskälla i produktion av grönsaker. Biologik 3/98.
- Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring-hushållning-miljö. Speciella skrifter 41. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Ejlertsson, J. 1990. Restaurangavfall som biogas och växtnäringsskälla. Rapport 121. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Elmquist, H., Malgeryd, J., L-Bäckström, G. & Steineck, S. 1998. Växtnäringseffekt och miljöpåverkan vid spridning av höngödsel till vårsäd- delrapport från 1997 års fältförsök. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Eriksen, J. & Sommer, S.G. 1995. Chemical composition of organic and inorganic compounds in animal manure. Danish Institute of Plant and Soil Science. Nordisk Jordbruksforskning, Nr 2, 1995. Danmark.
- Ferm, M. & Svensson, L. 1991. A new approach to estimate ammonia emissions in Sweden. In: Klaassen, G. 1992. Ammonia emissions in Europe: emission coefficients and abatement costs. Proceedings of a workshop held 4-6 February 1991, IIASA, A-2361 Laxenburg, Austria.
- Holm-Nielsen, J. B., Halberg, N., Huntingford, S. & Al Seadi, T. 1997. Joint biogas plant agricultural advantages- circulation of N, P and K. Danish Energy Agency. Denmark.
- Hushållningssällskapet Malmöhus. 1998. Filborna biogödsel, 5-årigt fältförsök. Försöksrapport. Bjärred.
- Jakobsson, C., Kalisky, T., Richert, A. & Steineck, S. 1998. Växtnäringssjämbalans som miljö- och planeringsinstrument för den enskilde bonden och för samhället. Teknik för Lantbruket Nr 68. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Jansson, S.L. 1963. Vad är humus? I: Jord-Gröda-Djur 1963. Aktuella praktiska resultat från svensk jordbruksforskning. Jordbrukets upplysningsnämnd. LT:s förlag. Stockholm.

Johnsson, H & Hoffmann, M. 1995. Beräkning av kväveutlakning vid olika spridningstidpunkter för stallgödsel. Avdelningen för vattenvårdslära. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Uppsala.

Jordbruksverket. 1998. Statens jordbruksverks föreskrifter om omhändertagande, hantering och bearbetning av djurkadaver och animaliskt avfall, SJVFS 1998:34. Uppsala.

Jordbruksverket. 1999. STANK, STAllgödsel-Näring i Kretslopp. Jönköping.

Karlsson, S., Malgeryd, J. & Rodhe, L. 1997. Minska ammoniakförlusterna vid hantering av flytgödsel. Teknik för Lantbruket Nr 60. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Kirchmann, H., Persson, J. & Carlgren, K. 1994. The Ultuna Long-term Soil Organic Matter Experiment, 1956-1991. Department of Soil Sciences, Reports and Dissertations, 17. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.

KRAV. 1999. Kravregler 1999. Kontrollorganisationen för ekologisk odling. Uppsala.

Kvarmo, P. 1998. Humanurin som kvävegödselmedel till stråsåd. Examensarbete nr 107 vid Avdelningen för Växtnäringslära, SLU, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Lundeberg, S., Johansson, C., Kron, E., Sandström, M., Norin, E., Carlsbaek, M., Palm, O. & Brunes, L. 1998. Förslag till certifieringssystem för kompost och rötrest från organiskt avfall. AFR-report 216. AFN, Avfallsforskningsnämnden, Naturvårdsverket. Stockholm.

Löfgren, S. 1993. Jordbrukets inverkan på yt- och grundvatten: tillstånd, utveckling, orsak och verkan. Rapport 4150. Naturvårdsverket. Stockholm.

Mattson R. & Avholm, K. 1990. Odling av havre. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 387, Mark -Växter. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

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

Miljöteknikdelegationen. 1998. Småskalig biogas i norra Europa, en nulägesbeskrivning. Rapport 1998:3. Stockholm.

Naturvårdsverket. 1994. Statens Naturvårdsverks Författningssamling, SNSF 1994:2 MS:72, Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Stockholm.

Naturvårdsverket. 1996. Aktionsplan avfall. Rapport 4601. Naturvårdsverkets förlag. Stockholm.

Naturvårdsverket. 1996. Överenskommelsen om slam användningen i jordbruket mellan LRF, VAV och Naturvårdsverket. Rapport 4665. Naturvårdsverkets förlag. Stockholm.

Naturvårdsverket. 1997. Kväve från land till hav. Rapport 4735. Naturvårdsverkets förlag. Stockholm.

Naturvårdsverket, Naturskyddsföreningen. 1998. Tillståndet i världen 98. Naturskyddsföreningen Förlag AB. Stockholm.

Ohlander, L. 1992. Produktionsbiologi -Stråsåd. Institutionen för växtodlingslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Uppsala.

Persson, J. Otabong, E., Olsson, M., Johansson, M-B. & Lundin, I. 1994. Markens bördighet. Vad är bördighet och hur påverkas den? Rapport 4337. Naturvårdsverket. Stockholm.

Persson, J. & Adolfsson, Y. 1996. Rötrestens växtnäringseffekt. Bilaga nr 7 till JTI-rapport Kretslopp och Avfall nr 2, "Biogas och växtnäring kretslopp stad-land". Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Pettersson, O. 1993. Kvävedynamik, miljö & gödsling. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 419, mark-växter. Uppsala.

Rodhe, L. 1992. Spridning av flytgödsel till vårsåd. Teknik för Lantbruket Nr 35. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Rodhe, L. & Johansson, S. 1996. Urin- spridningsteknik, ammoniakavgång och växtnäring utnyttjande. JTI-rapport, Lantbruk & industri, nr 217. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

SCB, Statistiska centralbyrån. 1993. Utsläpp till luft av ammoniak i Sverige 1991. Statistiska meddelanden. Na 37 SM 9301. Stockholm.

SKAFAB & SRV återvinning AB. 1995. "Från bord till jord". Informationsbroschyr. Stockholm.

Statistiska centralbyrån, 1997. Jordbruksstatistisk årsbok 1997. Halmstad.

Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Speciella skrifter 43. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Uppsala.

Svensson, L. 1991. Ammoniakavgång vid lagring av nöt- och svinggödsel. Meddelande nr 433. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Svensson, L. 1994. Ammoniakavgång vid spridning av flytgödsel. Rapport 172. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Tate, R.L. 1995. Soil Microbiology. Rutgers University, New Jersey. John Wiley & Sons. New York.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. In: Weed Research Volume 14. Oxford.

Örtenblad, H., Birkmose, T. & Knudsen, L. 1995. Näringsstofudnyttelsen i afgasset gylle. Landbrugets Rådgivningscenter. Landskontoret for Planteavl. Danmark.

9.2 Personliga meddelanden

Andersson, Ragni. 1998. Jordbruksverket. Jönköping.

Dalemo, Magnus. 1998. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Edström, Mats. 1998. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Hagevi, Anders. 1998. Ragnsells/Agro. Stockholm.

Jakobsson, Christine. 1998. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Mannerstedt, Birgitta. 1998. Institutionen för växtodling, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Mattsson, Ann. 1998. Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag, GRYAAB. Göteborg.

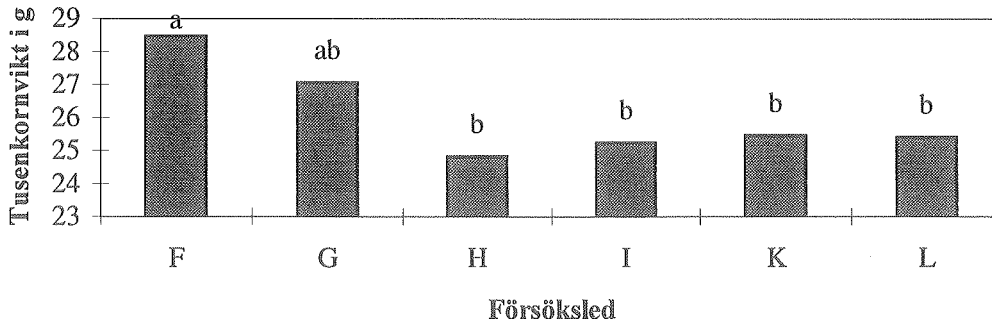
Nordberg, Åke. 1998. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Steineck, Staffan. 1998. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

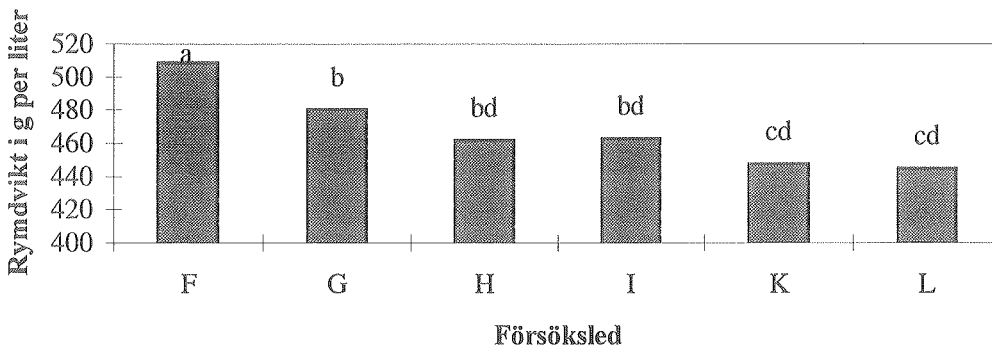
Waern, Peder. 1999. Växtskyddscentralen, Ultuna. Jordbruksverket. Uppsala.

Vallgård, Lars. 1998. Lantbrukare på Lilla Vallskog. Uppsala.

Skörderesultat



Tuskornvikt i g vid 15% vattenhalt ($n=4$; $LSD=2,3$). Signifikant skillnad ($p<0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam.



Rymdvikt i g per liter ($n=4$; $LSD=22,6$). Signifikant skillnad ($p<0,05$) råder mellan leden då de inte har någon liten bokstav gemensam.

Bilaga 2

Kväveinnehåll i gröda

<u>Totalkväveskörd i kg per ha, block 1-4, 980615</u>					medel
F	15.47	9.73	11.48	9.65 F	11.58
H	19.99	11.89	14.98	13.31 H	15.04
J	14.50	13.78	10.13	11.37 J	12.45
K	11.68	11.48	10.15	10.78 K	11.02
L	18.10	11.96	10.91	11.68 L	13.16

<u>Kärna, totalkväveskörd i kg per ha, 980923, block 1-4</u>					medel
F	62.28	51.96	66.33	66.86	61.86
G	63.09	65.18	65.59	66.38	65.06
H	63.70	63.39	58.94	71.12	64.29
I	60.38	55.79	55.88	64.59	59.16
J	65.77	58.98	59.92	65.85	62.63
K	60.75	57.70	68.47	57.00	60.98
L	67.39	56.93	59.17	64.84	62.08

<u>Halm, totalkväveskörd i kg per ha, 980923, block 1-4</u>					medel
F	70.23	36.59	50.04	46.87	50.93
G	60.75	46.10	52.40	46.73	51.50
H	66.32	66.45	67.97	71.77	68.13
I	75.76	70.01	80.33	75.52	75.41
J	59.67	44.76	58.02	52.27	53.68
K	64.88	70.14	70.06	57.17	65.56
L	69.03	59.17	64.84	63.20	64.06

Bilaga 3

Kväveinhåll i mark

<u>amm-kväve i mark (kg/ha), block1-4, prov 980615</u>					<u>medel</u>
F (0-30)	9.35	6.75	8.14	5.51	7.44
F (30-60)	2.08	1.58	1.28	0.12	1.27
F (60-90)	2.10	1.60	1.23	1.60	1.63
H (0-30)	8.51	8.20	12.45	8.75	9.48
H (30-60)	2.60	3.53	7.83	1.25	3.80
H (60-90)	2.34	3.44	2.12	1.61	2.38
J (0-30)	8.04	7.23	8.06	7.76	7.77
J (30-60)	2.46	2.38	0.90	1.30	1.76
J (60-90)	2.54	2.14	1.26	1.49	1.86
K (0-30)	6.50	7.65	6.24	6.22	6.65
K (30-60)	2.09	2.28	1.35	1.10	1.71
K (60-90)	1.72	3.38	0.59	1.83	1.88
L (0-30)	6.81	6.12	12.54	8.13	8.40
L (30-60)	2.29	1.85	3.15	1.52	2.20
L (60-90)	2.34	1.92	0.84	1.48	1.65

<u>nitrat-kväve i mark (kg/ha), block1-4, prov 980615</u>					<u>medel</u>
F (0-30)	28.49	36.12	40.52	42.81	36.99
F (30-60)	26.46	16.64	24.38	17.41	21.22
F (60-90)	28.06	16.28	21.83	17.14	20.83
H (0-30)	72.76	93.30	98.88	70.71	83.91
H (30-60)	30.34	25.32	47.07	16.40	29.78
H (60-90)	29.44	28.93	36.79	15.46	27.66
J (0-30)	46.51	55.44	51.60	51.03	51.15
J (30-60)	32.03	25.43	17.73	19.12	23.58
J (60-90)	32.09	22.72	19.26	19.96	23.51
K (0-30)	44.81	41.36	36.83	37.01	40.00
K (30-60)	29.47	20.24	17.24	16.72	20.92
K (60-90)	33.23	23.74	14.73	17.37	22.27
L (0-30)	56.49	54.02	73.58	63.51	61.90
L (30-60)	29.66	21.60	29.12	18.09	24.62
L (60-90)	29.52	18.53	23.89	15.18	21.78

<u>amm-kväve i mark (kg/ha), block1-4, prov 980928</u>					medel
F (0-30)	6.92	6.69	13.44	7.49	8.64
F (30-60)	1.37	0.79	1.57	1.16	1.22
F (60-90)	1.49	1.19	1.49	1.86	1.51
H (0-30)	6.72	6.73	6.09	5.77	6.33
H (30-60)	1.69	1.93	1.35	1.55	1.63
H (60-90)	1.59	1.25	1.79	1.60	1.56
J (0-30)	7.12	7.57	7.02	6.26	6.99
J (30-60)	1.50	1.49	2.48	1.42	1.72
J (60-90)	1.22	1.84	2.30	1.51	1.72
K (0-30)	6.09	6.18	6.47	5.64	6.10
K (30-60)	1.17	1.06	0.96	1.76	1.24
K (60-90)	1.45	1.28	0.80	1.43	1.24
L (0-30)	11.61	5.05	5.91	7.98	7.64
L (30-60)	1.27	1.04	1.12	1.71	1.29
L (60-90)	1.58	1.12	2.70	1.35	1.69
I (0-30)	6.88	6.06	6.70	6.73	6.59
I (30-60)	1.44	1.09	1.58	2.98	1.77
I (60-90)	1.55	1.18	1.15	2.23	1.53
G (0-30)	6.63	5.60	6.83	6.40	6.37
G (30-60)	1.11	1.14	2.72	2.02	1.75
G 60-90)	1.14	1.72	2.74	2.15	1.94

<u>nitrat-kväve i mark (kg/ha), block1-4, prov 980928</u>					medel
F (0-30)	18.77	14.06	19.21	14.72	16.69
F (30-60)	4.47	1.68	3.33	1.94	2.86
F (60-90)	1.64	1.11	3.61	0.73	1.77
H (0-30)	33.30	38.32	36.79	30.74	34.79
H (30-60)	5.18	6.03	4.94	4.81	5.24
H (60-90)	3.11	2.70	7.20	2.85	3.97
J (0-30)	18.64	29.09	20.02	28.20	23.99
J (30-60)	4.28	5.09	2.41	5.76	4.39
J (60-90)	1.74	2.69	1.19	1.65	1.82
K (0-30)	21.22	32.63	25.75	25.36	26.24
K (30-60)	4.32	5.38	3.69	4.81	4.55
K (60-90)	5.13	2.82	1.72	2.76	3.11
L (0-30)	28.67	41.07	45.50	37.98	38.31
L (30-60)	5.94	5.30	7.50	6.65	6.35
L (60-90)	2.80	3.08	4.43	2.78	3.27
I (0-30)	62.66	59.69	67.21	43.23	58.20
I (30-60)	7.77	7.67	12.09	7.03	8.64
I (60-90)	7.86	3.57	5.06	5.87	5.59
G (0-30)	28.68	40.80	23.42	24.12	29.26
G (30-60)	4.24	6.18	3.58	3.98	4.50
G 60-90)	2.35	2.78	1.81	1.70	2.16