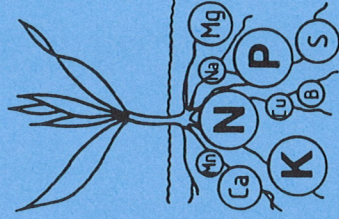


**Sveriges
Lantbruksuniversitet**

Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland

**Effects on soil organic matter content, N balance
and yield of straw and N additions in a long term
experiment in Central Sweden**

Lennart Mattsson



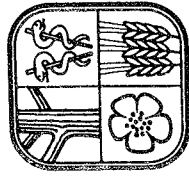
**Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära**

**Rapport 186
Report**

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

Uppsala 1992
ISSN 0348-3541

ISRN SLU-VIL-R--186-SE

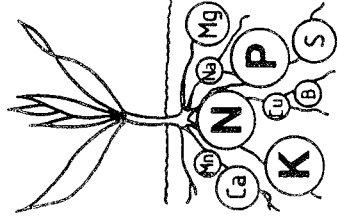


**Sveriges
Lantbruksuniversitet**

Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland

**Effects on soil organic matter content, N balance
and yield of straw and N additions in a long term
experiment in Central Sweden**

Lennart Mattsson



Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära

Rapport 186
Report

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

Uppsala 1992

ISSN 0348-3541

ISRN SLU-VML-R--186-SE

EFFEKTER AV HALM- OCH KVÄVETILLFÖRSEL PÅ MULLHALT, KVÄVEBALANS OCH SKÖRD I ETT LÅNGLIGGANDE FÄLT FÖRSÖK I UPPLAND

- o Ett försök anlagt hösten 1955 på en måttligt mullhaltig mycket styv lera med pH = 6,2 utan respektive med tillförsel av 3000 kg fältfuktig halm per ha och år redovisas. Kväve i form kalkkväve (18 % N) och kalksalpeter (15,5 % N) tillfördes på hösten i givor från 0 till 124 kg per ha samtidigt med halmen.
- o Skörd och kvävehalt i kärna och halm undersöktes tillsammans med kol- och kvävehalt i matjorden. Resultat från och med 1963 till och med 1990 redovisas.
- o Betydelsefulla skillnader mellan gödselslagen observerades inte, varken för skörd eller för markdata.
- o Effekten av enbart halm tillförsel utan samtidig kvävegödsling var svagt negativ med avseende på skörden. Kvävegödsling hade positiv verkan. Tydliga trender i skördeutvecklingen till följd av behandlingarna observerades inte. Årsmånsvariationerna var därvidlag för stora.
- o Matjordens kolhalt sjönk under perioden i samtliga led. I kontrollerat, utan tillförsel av vare sig halm eller kväve, sjönk halten från 2,3 till 1,8 viktprocent eller med 22 %. Vid halm tillförsel och den högsta kvävegivan minskade kolhalten med 9 %.
- o Beräkningar visade att ca 20 % av den halvstabila kolfraktionen mineraliserades per år.
- o Även matjordens kvävehalt sjönk. Minskningen motsvarade 1500 kg/ha N i kontrollerat och ungefär 1000 kg/ha vid halm tillförsel och hög kvävegiva. Detta motsvarar 200-300 kg N per 0,1 procentenhet kolhaltsminskning.
- o Kvävemineraliseringen bestämd på basis av bortfört kväve i kontrollerat uppgick till ca 40 kg per ha och år samt 5-10 kg mera där halm och kväve hade tillförts.
- o Kvävemineralisering under fältförhållanden kan sättas till 50 % av potentiell mineralisering bestämd genom inkubation på laboratoriet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	7
RESULTAT	
Kärn- och halmskörd	8
Kärn- och halmskördens kvävehalt	10
Jordanalyser	11
DISKUSSION	12
Halmtilförselns effekt på multhalten	13
Skördens storlek	17
Kvävebalans och kväve-mineralisering	18
AVSLUTANDE SYNPKTER	20
SUMMARY	20
LITTERATUR	21

INLEDNING

Halm är ett i förhållande till sitt energiinnehåll kvävefattigt material. Vid mikrobiell nedbrytning av halm i marken fastläggs därför kväve på grund av mikrofloras snabba tillväxt. Senare när tillgången på energi blir begränsande stannar tillväxten av och det blir balans mellan uppbyggnad och nedbrytning. En del av det bundna kvävet frigörs igen. Konkurrensen om kvävet mellan mikroberna å ena sidan och grödan å den andra anses verka hämmande på grödans utveckling. Extra kvävetillförsel i samband med halmnedbrukning har därför periodvis rekommenderats.

För att närmare studera effekterna av kvävegödsling i samband med halmtilförsel anlades hösten 1955 ett försök på Ultuna (R3-0006). Försöket pågår fortfarande och utgör en bas för mer detaljerade undersökningar rörande kol- och kväveomsättning vid stråsådesodling. Från och med 1963 finns både skördedata och jorddata väl-dokumenterade. Här följer en redovisning av perioden 1963-1990. Ett likartat försök anlades i Västergötland vid ungefär samma tid och har nyligen redovisats (Mattsson, 1991).

MATERIAL OCH METODER

Jordarten på försöksplatsen utgörs av en måttligt mullhaltig mycket styv lera med $pH_{eq} = 6,2$. Följande behandlingar ingick (kg/ha):

- A. Utan halm, utan kväve (kontrollerad)
- B. 3000 kg halm, utan kväve
- C. 3000 kg halm, 31 kg N i kalkkväve (18 % N)
- D. 3000 kg halm, 31 kg N i kalksalpeter (15,5 % N)
- E. 3000 kg halm, 62 kg N i kalkkväve
- F. 3000 kg halm, 62 kg N i kalksalpeter
- G. 3000 kg halm, 124 kg N i kalkkväve
- H. 3000 kg halm, 124 kg N i kalksalpeter

Halm mängden avser fälfuktig halm med ca 60 % torrsubbstans. I första hand användes den halm som producerades på respektive ruta. Detta var ofta inte tillräckligt och då hämtades halm från omgivande fält.

Halm och kväve tillfördes på hösten efter skörd. En del avvikelser från försöksplanen har förekommit. Sålunda tillfördes varken halm eller kväve hösten 1970, och våren därpå, dvs 1971, gödslades hela försöket, även kontrollerat med 35 kg kväve per ha. Ingen halm tillfördes från och med hösten 1979 till och med hösten 1983. Våren 1980 och 1981 gödslades hela försöket med enhetsgiva, denna gång med 30 kg kväve per ha. 1982 och 1983 tillfördes inget kväve överhuvudtaget.

Vid skörd vägdes såväl kärna som halm. Torrsubbstanshalt och kvävehalt enligt Kjeldahl bestämdes på båda skördeprodukterna. I de fall då prov av halmkörda saknas, har halmens kvävehalt satts lika med medeltalet för respektive gröda och behandling enligt tabell 4.

Ledvisa jordprov av matjorden (0-20 cm) för bestämning av kol- och kvävehalt togs vissa år från och med 1963. Kolbestämningarna avser totalkol och kvävebestämningarna Kjeldahl-N och anges i procent av lufttorr jord.

Försöket är anlagt som ett randomiserat blockförsök med fyra samrutor. Rutstorleken är $14 \times 5 = 70 \text{ m}^2$. Resultaten underkastades en tvåvägs variansanalys, med behandlingar och år som klassvariabler och med samspelet behandling*år som felterm.

Tabell 1. Kärnskörd, kg/ha med 15 % vatten, i olika grödor. Medeltal som följs av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt

Table 1. Grain yields, kg/ha with 15 % moisture, in different crops. Means followed by the same letter are not statistically different

Behandling Treatment	Korn Barley	Havre Oats	Höstv. Winter wh.
Kontroll Control	1660 ^a	2620 ^a	3520 ^a
Halm, ej N Straw, no N	1600 ^a	2550 ^a	3510 ^a
-", 31 N Kkv ¹	2200 ^b	3380 ^b	4070 ^{ab}
-", 31 N Ks ²	2340 ^b	3570 ^b	4090 ^{ab}
-", 62 N Kkv	2760 ^c	3980 ^c	4310 ^{ab}
-", 62 N Ks	2840 ^c	4110 ^{cd}	4690 ^{bc}
-", 124 N Kkv	3650 ^d	4380 ^d	4990 ^{bc}
-", 124 N Ks	3540 ^d	4280 ^{cd}	5440 ^c
LSD _{0.05}	343	340	1620
n	12	12	3

¹ Kalkkväve [calcium cyanamide] ² Kalksalpeter [calcium nitrate]

RESULTAT

Kärn- och halmkörd

Kvävegödsling hade ett avsevärt inflytande på kärnsköörden (tabell 1). Det är något förvånande med tanke på att allt kväve tillfördes på hösten och således var utsatt för förluster under vintern. I korn mer än fördubblades skörden vid den högsta kvävegivan jämfört med kontrolletet. Det kan misstänkas att kontrolletet är utarmat och sålunda ger en mycket låg skörd på grund av kvävebrist. Det finns emellertid inga tydliga trender i skördeutvecklingen som tyder på detta (se nedan).

Skillnaderna mellan kvävenivåerna var ofta statistiskt signifikanta (5 %). På 30 och 60 kg nivå gav som regel kalkalpeter större skörd än kalkkväve, medan förhållandet oftast var det omvända vid den högsta nivån. Försöksplanens uppläggning medger inte en analys av enbart kvävetseffekt. Tendensen på kärnskörderna av enbart halm tillförsel var svagt negativ.

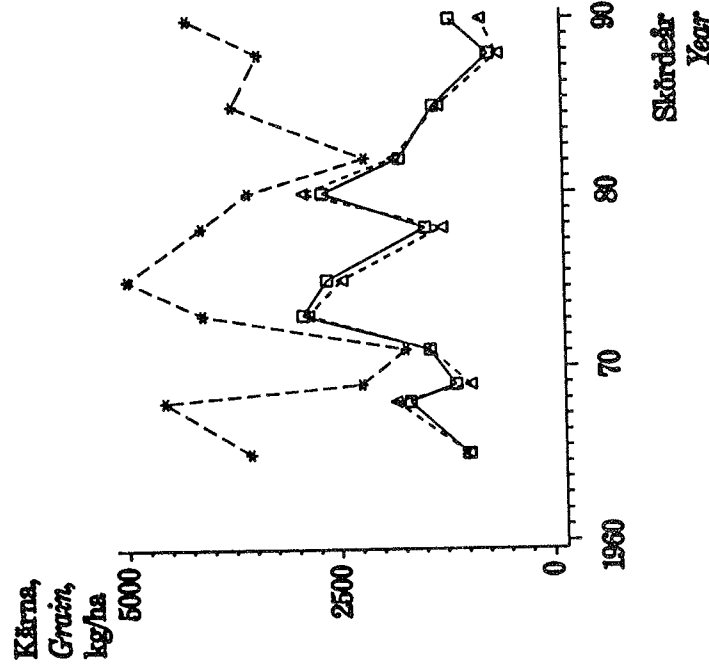
En jämförelse av kornskördarna under perioden visar dels att särskilt framträdande trender i skördeutvecklingen knappast kunde noteras, dels att årsmånsvariationerna var stora (figur 1). Effekten av enbart halm var försumbar flertalet år. Det var mycket stora utslag för kväve vissa perioder. De små kväveutslagen 1971 och 1982 utgör efterverkan av tidigare behandlingar. Den fastställda försöksplanen hade frångåtts dessa år och alla försökstid hade behandlats lika.

Halmkördsens storlek redovisas i tabell 2. Kvävegödsling hade oftast statistisk signifikant verkan. Halmmängden var ungefär dubbelt så stor i havre som i korn. Enbart tillförsel av halm gav inget säkert utslag i halmkördsens storlek. Skillnaden mellan gödselslagen var försumbar. 3000 kg fältfuktig halm motsvaras av ca 1850 kg torrsubstans vid en ts-halt på 60 %, vilket betyder att i korn uppnåddes inte genomsnittligt erforderlig halm mängd enligt försöksplanen.

Tabell 2. Halmkörddar, kg/ha ts, i olika grödor. Medeltal som följs av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt

Table 2. Straw yields, kg/ha DM, in different crops. Means followed by the same letter are not statistically different

Behandling Treatment	Korn Barley	Havre Oats	Höstv. Winter wh.
Kontroll Control	650 ^a	1470 ^a	1860 ^a
Halm, ej N Straw, no N	620 ^a	1460 ^a	1790 ^a
-", 31 N Kkv	870 ^b	1930 ^b	2080 ^c
-", 31 N Ks	910 ^b	2040 ^{bc}	2220 ^{ab}
-", 62 N Kkv	1100 ^c	2360 ^{cd}	2500 ^{abc}
-", 62 N Ks	1110 ^c	2440 ^d	2830 ^{bcd}
-", 124 N Kkv	1530 ^d	2920 ^e	3200 ^{cd}
-", 124 N Ks	1440 ^d	2970 ^e	3250 ^d
LSD _{0.05}	145	357	732
n	12	9	3



Figur 1. Kärnskörd av korn, kg/ha, i led utan halm och N (□—□), med halm men utan N (Δ---Δ) och med halm och 124 kg N i Ks per ha och år (*--*).

Figure 1. Grain yields of barley, kg/ha, in treatments without straw and N (□—□), with straw but without N (Δ---Δ) and with straw and 124 kg N in CAN per ha and year (*--*).

Kärn- och halmkörds kvävehalt

Kärnskörds kvävehalt varierade mindre tydligt med kvävenivån än vad kärnskörden gjorde (tabell 3). Det fanns en tendens mot något högre halter i kalksalpeter-än i kalkkväveleden vid de två högsta kvävenivåerna. Likaså var halterna högre i halmledet jämfört med kontrolledet. Skillnaderna var dock inte statistiskt signifikanta.

Även halmens kvävehalt var högre vid gödsling med kalksalpeter jämfört med kalkkväve vid de två högsta kvävenivåerna (tabell 4). I några fall var skillnaderna mellan gödselslagen statistiskt signifikanta. Kvävehalten i halmen var precis som kvävehalten i kärna aningen högre i halmledet jämfört med kontrolledet.

Det totala kväveupptaget, dvs ts-skörd x kvävehalt, diskuteras i samband med beräkningar av kvävebalansen.

Jordanalyser

Kol- och kvävehalt i matjorden redovisas i tabellerna 5-6. I figur 2 beskrivs kolhalten i tre av försöksleden, nämligen kontrolledet, led med enbart halm samt led med halm och högsta kvävegiva i kalksalpeter.

Tabell 3. Kvävehalt i kärna, % av ts, i olika grödor. Medeltal som följs av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt

Table 3. Grain N, % of DM, in different crops. Means followed by the same letter are not statistically different

Behandling Treatment	Korn Barley	Havre Oats	Höstv. Winter wh.	M-tal Mean
Kontroll Control	1,75 ^a	1,70 ^a	1,54 ^a	1,70 ^a
Halm, ej N Straw, no N	1,79 ^{ab}	1,71 ^{ab}	1,56 ^a	1,73 ^{ab}
-", 31 N Kkv	1,84 ^{ab}	1,80 ^{bc}	1,66 ^b	1,80 ^{cd}
-", 31 N Ks	1,83 ^{ab}	1,79 ^{abc}	1,64 ^a	1,79 ^{bc}
-", 62 N Kkv	1,87 ^{bc}	1,84 ^c	1,66 ^b	1,83 ^{cd}
-", 62 N Ks	1,89 ^{bc}	1,88 ^c	1,70 ^{bc}	1,86 ^d
-", 124 N Kkv	1,95 ^{cd}	2,03 ^d	1,88 ^{bc}	1,97 ^e
-", 124 N Ks	2,00 ^d	2,08 ^d	1,88 ^c	2,02 ^e
LSD _{0,05} n	0,10 12	0,10 12	0,19 3	0,06 27

Matjordens kolhalt sjönk under försöksperioden (tabell 5, figur 2). Sänkningen inträffade under den studerade tidsperiodens 10 första år. Efter 1970 har kolhalterna inte förändrats nämnvärt. Man kan förmoda att jämvikt mellan tillförsel och nedbrytning då uppnåddes. Jämviktsläget är högre i led med halm och hög kvävegiva än i kontrolled och enbart halmled. Detta visar att skillnaden i kolhalt mellan leden är starkt beroende av kvävetillförseln, men som tidigare nämnts kan kvävetseffekt inte separeras från halmens effekt.

Kvävehalten i matjorden följde samma mönster som kolhalten (tabell 6). En allmän sänkning under perioden med 0,04-0,06 procentenheter uppmättes. Sänkningen var

störst i kontrollet och i led med enbart halmtilförsel. Omräknat till kg per ha fanns vid periodens slut ca 500 kg per ha mer organiskt bundet kväve i led som erhöillit halm och hög kvävegiva än i kontrollet respektive led med enbart halmtilförsel.

Både kalksalpeter och kalkkväve är kvävegödselmedel med basisk verkan och under hela den studerade perioden har pH-värdet i matjorden i de starkast gödslade försöksleden legat ca 0,3 enheter högre än i kontrollet. Någon trend uppåt eller nedåt kunde inte skönjas. Fältet har inte kalkats.

Tabell 4. Kvävehalt i halm, % av ts, i olika grödor. Medeltal som följs av samma bokstav är ej statistiskt signifikant skilda åt

Table 4. *Straw N, % of DM, in different crops. Means followed by the same letter are not statistically different*

Behandling <i>Treatment</i>	Korn <i>Barley</i>	Havre <i>Oats</i>	Höstv. <i>Winter wh.</i>	M-tal <i>Mean</i>
Kontroll <i>Control</i>	0,59 ^a	0,36 ^c	0,31 ^a	0,46 ^a
Halm, ej N <i>Straw, no N</i>	0,62 ^{ab}	0,37 ^a	0,31 ^a	0,47 ^a
-", 31 N Kkv	0,64 ^{ab}	0,39 ^{ab}	0,38 ^{ab}	0,50 ^{ab}
-", 31 N Ks	0,60 ^a	0,40 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,48 ^{ab}
-", 62 N Kkv	0,63 ^{ab}	0,41 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,49 ^a
-", 62 N Ks	0,68 ^b	0,49 ^b	0,32 ^{ab}	0,53 ^{bc}
-", 124 N Kkv	0,62 ^a	0,51 ^c	0,44 ^b	0,55 ^{cd}
-", 124 N Ks	0,68 ^b	0,55 ^c	0,42 ^{ab}	0,59 ^d
LSD _{0,05}	0,07	0,06	0,13	0,04
n	11	11	3	25

DISKUSSION

På kort sikt är den mikrobiella nedbrytningen av växt- och skörderester i marken ofullständig. De mer eller mindre stabila resterna av substratet utgör mullsubstanser. En del av dessa är motståndskraftiga och kan bli mycket gamla (> 1000 år) medan andra blott blir något eller några få år. I marken finns hela skalan mellan färskt och omsatt organiskt material representerad (Jansson & Persson, 1982).

När nedbrytning av organiskt material sker vid god tillgång på kväve blir vanligen rests substanserna kväverikare än om nedbrytningen sker under kväveknappa förhållanden. Vid mineralisering av mullsubstans som bildats under kväverika förhållanden, frigörs därför mera kväve än då mull bildad under kvävefattiga förhållanden

mineraliseras (van Dijk, 1981). Förutom tillgången på kväve har typ och behandling av skörderester samt jordbearbetning och jordart också inflytande på mängden mullsubstanter och deras sammansättning. På lättare jordar sker en fullständigare nedbrytning än på styvare på grund av större genomluftning. På styv jord bidrar dessutom bildning av ler/humuskomplex (Mortland, 1970) till att nedbrytningen blir

Tabell 5. Matjordens kolhalt, % av lufttorrt prov

Table 5. Carbon content of top soil, % of air dry sample

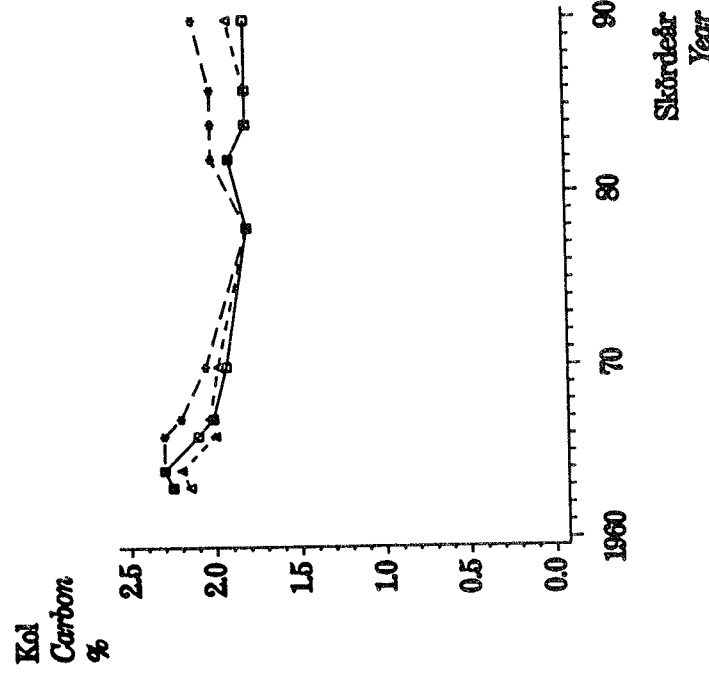
Behandling <i>Treatment</i>	År / <i>Year</i>										
	-63	-64	-66	-67	-70	-78	-82	-84	-86	-90	
Kontroll <i>Control</i>	2,3	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	
Halm, ej N <i>Straw, no N</i>	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	
-, 31 N Kkv	2,4	2,2	2,1	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8	2,1	2,0	
-, 31 N Ks	2,4	2,2	2,4	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	
-, 62 N Kkv	2,3	2,4	2,3	2,2	2,0	2,0	2,0	1,9	2,1	2,0	
-, 62 N Ks	2,3	2,1	2,2	2,1	2,0	1,8	2,0	1,9	2,0	2,0	
-, 124 N Kkv	2,2	2,4	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	2,1	2,1	
-, 124 N Ks	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	1,8	2,0	2,0	2,0	2,1	

mindre. Intensiv jordbearbetning medför kraftigare nedbrytning än extensiv genom ökad syretillgång och finfördelade skörderester omsätts snabbare än ej sönderdelade på grund fler exponerade angreppsytor för mikroberna.

Halmförsörens effekt på multhalten

Genom att konsekvent återföra skörderester i ett odlingsssystem, som verkar tärande på markens mulfförråd, kan denna tärande verkan stoppas eller åtminstone lindras. Det är emellertid uppenbart av här redovisade resultat att denna effekt är obetydlig så länge som kvävenivån är låg. Vid stigande kvävetillförsel kan den ökas. Dels blir produktionen av stubb och rötter större, vilket innebär att tillgången på multrämmen ökar, dels blir humusutbytet bättre. En god kvävetillgång är en förutsättning för ett gott humusutbyte (Persson, 1973).

Multiplieras kolhalten med 1,72 erhålles ett mått på multhalten. I kontrolleret sjönk multhalten under de 27 åren från 4,0 till 3,1 % eller med 0,9 procentenheter. I led med halmförsel utan kväve sjönk den 0,5 och i led med halm och hög kvävegiva 0,3



Figur 2. Kolhalt i matjorden, % av lufttorr jord, i led utan halm och N (□—□), med halm men utan N (△---△) och med halm och 124 kg N i ks per ha och år (*—*).

Figure 2. Top soil carbon, % of air-dry soil, in treatments without straw and N (□—□), with straw but without N (△---△) and with straw and 124 kg N in CAN per ha and year (*—*).

procentenheter. Skillnaderna är fullt märkbara och visar att multhalten i det närmaste bibehålls i led med halm och kväve. I jämförelse med kontrollerat ligger multhalten i halm- och kväveled efter 27 år 3-16 % högre. Ett likartat försök på mellanåra i Västergötland gav motsvarande resultat (Mattsson, 1991). Där var multhalten efter 21 år tolv procent högre i led som erhölet både halm och kväve jämfört med kontroller utan såväl halm- som kvävetillförsel. I liknande danska undersökningar (Schjørring 1986) redovisas 8-10 % högre multhalt på lerjordar där halm återförs jämfört med där halmen bortförs.

Tabell 6. Matjordens kvävehalt, % av lufttorr prov

Table 6. Nitrogen content of top soil, % of air dry sample

Behandling Treatment	År /Year/									
	-63	-64	-66	-67	-68	-78	-82	-84	-86	-90
Kontroll Control										
Halm, ej N	0,24	0,21	0,22	0,20	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18
Straw, no N	0,24	0,21	0,22	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,18
-, 31 N Kkv	0,24	0,22	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,20	0,19
-, 31 N Ks	0,26	0,23	0,23	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20
-, 62 N Kkv	0,24	0,23	0,22	0,22	0,19	0,20	0,19	0,19	0,20	0,20
-, 62 N Ks	0,24	0,21	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19
-, 124 N Kkv	0,24	0,23	0,22	0,22	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
-, 124 N Ks	0,24	0,21	0,23	0,22	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20

Resultaten för kolanalyserna visar att olika jämviktslägen har inställt sig. Jämviktsläget bestäms av tillgång och kvalitet på nedbrytbart material och av nedbrytningens hastighet. I kontrollet är tillförseln av färskt nedbrytbart material minst och utgörs av agnar, stubb och rötter. Som exempel på storleken av dessa tillskott kan nämnas att rotmassan i ogödslat korn uppmättes till ca 3000 kg per ha i ett närbeläget försök (Mattsson, 1991). Vid gödsling ökar de ovanjordiska delarna av grödan mera än de underjordiska (Barracough, 1989). Med viss approximation kan kolhaltsskillnaden i kontrollet mellan försökets start och vid nuvarande tidpunkt användas som ett mått på en relativt lättomsättbar eller halvstabil del av kolinnehållet. Osäkerheten beror på att det som sagt även i kontrollet årligen tillförs små mängder färskt organiskt material. Den halvstabila poolen kan därför aldrig anses helt tömd.

Kolhaltens förändring med tiden kan beskrivas matematiskt. Antag, att den halvstabila kolfraktionen vid en viss tidpunkt är lika med y och att en konstant del, r , av denna halvstabila fraktion mineraliseras eller bryts ned per tidsenhet dt . Kolets nedbrytningshastighet dy/dt är då proportionell mot y dvs:

$$dy/dt = -ry \text{ eller}$$

$$dy/y = -r dt$$

Integrering ger

$$\ln y = -rt + C$$

Vid $t=0$ är $y=y_0$, vilket ger $C = \ln y_0$ och

$$\ln y = \ln y_0 + \ln e^{-rt} \text{ eller i exponentialform}$$

$$y = y_0 e^{-rt}$$

Den aktuella halvtstabila kolfractionen i kg per ha vid valfri tidpunkt kan nu beräknas med antagande om en volymvikt i matjorden på 1250 kg per m³ och ett matjordsdjup på 20 cm.

Genom att utnyttja kolhaltsskillnaden i kontrollerat mellan 1963 och 1990 uppskattades den lättsätfibara kolmängden till 12500 kg per ha. Med antagande att $r=5, 10, 15, 20, 30$ och 40% visas utvecklingen i detta led från och med 1963 i figur 3. I figuren har även de observerade kolhalterna för det aktuella ledet markerats. De observerade värdena ligger i närheten av kurvan för 20% årlig mineralisering. Det var alltså en större mineralisering i periodens början, eller när det fanns mer lättsätfibart material. Som jämförelse kan danska modellberäkningar anges. Där varierade den årliga mineraliseringen mellan 43% på lätt jord och 8% på styvare jord (Schjønning, 1986).

Om vi sätter $y = y_0/2$ kan halveringstiden, T , för den halvtstabila kolfractionen beräknas. Vi har

$$y_0/2 = y_0 e^{-rT}$$

$$1/2 = e^{-rT}, \text{ som efter logaritmering ger}$$

$$\ln 1/2 = -rT \ln e \text{ och}$$

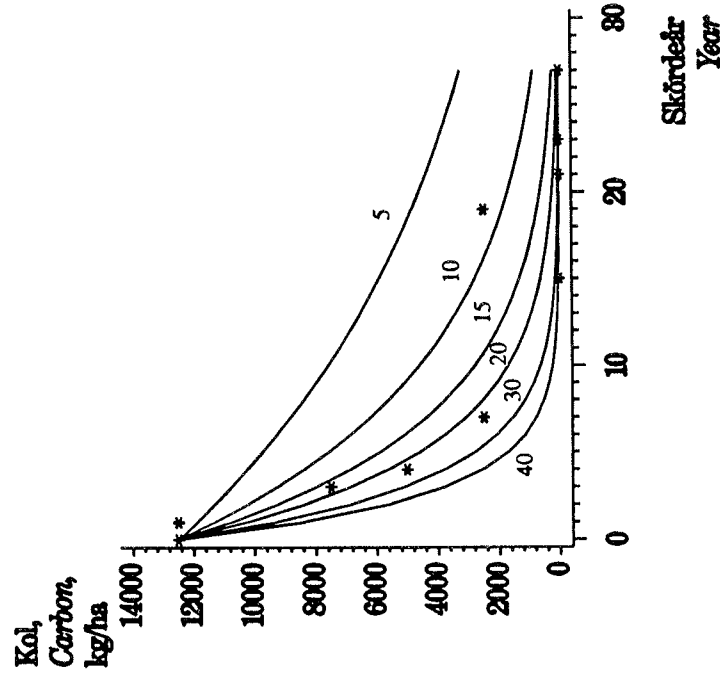
$$T = \ln 2/r$$

För $r=0,2$ dvs 20% kol bryts ned per år erhålles

$$T = \ln 2/0,20$$

$$T = 3,5 \text{ år}$$

Sett över hela försöksperioden minskade matjordsskiktets kolmängd i kontrollerat från 57500 kg till 45000 kg per ha eller med 12500 kg. Enbart halttillförsel förändrade inte situationen nämnvärt. I led med halm- och kvävetillförsel, däremot, var minskningen 5700 kg mindre. Samtidigt tillfördes i dessa 13600 kg kol beräknat utifrån 3000 kg/ha fältfuktig halm tillförd vid 22 tillfällen med en genomsnittlig torrsubstanshalt på 53% och 97% organisk substans varav 40% är kol. Skillnader i koltillförsel med stubb och rötter mellan olika led har inte beaktats. Mullutbytet blir 42% , vilket är jämförelsevis högt. Vanligen brukar mullutbytet ligga mellan 10 och 20% (Persson, 1973). Med tanke på den höga lerhalten är bildning av ler-humuskomplex den mest sannolika orsaken till det höga mullutbytet (Mortland, 1970). Stabilisering av nytt mulmaterial genom bindning till ligniner är också tänkbart. Persson (1981) har visat på ett rätlinjigt samband mellan kolhalt i marken och bildning av ny humus. Ju högre kolhalt desto större mullutbyte. Här var kolhalten inte särskilt hög varför denna teori är mindre sannolik.



Figur 3. Förändring av den halvstabila kolmängden i matjorden i led utan halm och kväve.

Figure 3. Changes in the semi stable top soil carbon pool in treatments without straw and N.

Skördens storlek

Långsiktiga förändringar av kärnskördens storlek till följd av halm respektive kvävetillförsel var som tidigare kommenterats försumbara. Eventuell efterverkan döljs också av den årliga kvävetillförseln. Under skördeåren 1982 och 1983 tillfördes varken halm eller kväve. Resultaten från skördeåret 1984 kan därför förväntas visa eventuell efterverkan på skörd och kväveupptagning. Detta bekräftades också vilket framgår av tabell 7 där en tydlig efterverkan av i synnerhet tidigare kvävetillförsel kan iakttagas.

Tabell 7. Kärnskörd, kvävehalt i kärna och i kärnan upptaget kväve 1984. Gröda havre. Ingen kvävegödsel eller halm tillförd 1982 och 1983

Table 7. Grain yield of oats, grain N content and grain N yield 1984. No N or straw applied 1982 and 1983

Behandling <i>Treatment</i>	Kärna <i>Grain</i> kg/ha	N-halt <i>N content</i> %	N-skörd <i>N yield</i> kg/ha	Rel <i>Rel</i>
Kontroll [<i>Control</i>]	1760	1,51	22,6	100
Halm, ej N [<i>Straw no N</i>]	1870	1,64	26,1	115
- " 31 N Kkv	1780	1,66	25,1	111
- " 31 N Ks	1900	1,52	24,5	108
- " 62 N Kkv	2100	1,65	29,5	131
- " 62 N Ks	2220	1,63	30,8	136
- " 124 N Kkv	2210	1,65	31,0	137
- " 124 N Ks	2250	1,62	31,0	137

Kvävebalans och kväveminalisering

En balans mellan tillfört och bortfört kväve upprättades (tabell 8). På tillförselsidan ingår dels kväve i gödseln, dels kväve i den återförda halmen. Däremot beaktades icke atmosfäriskt nedfall, vilket med tanke på den närbelägna hårt trafikerade vägen, kan vara betydande. Vid tre tillfällen kvävegödslades hela försöket, således även kontrollledet. Med halmen tillfördes 160-180 kg kväve per ha. Bortförslin uppgår till ca 1000 kg i kontrollledet och drygt det dubbla vid högsta kvävenivån. Detta betyder ett årligt underskott på 32 kg i kontrollledet, som kan jämföras med ett årligt överskott vid den högsta kvävenivån på 22 kg, allt räknat per ha.

En jämförelse mellan faktiskt uppmätta mängder kväve i matjorden och beräknade mängder utifrån den upprättade kvävebalansen visar följande. I kontrollledet sjönk halten från 0,24 % 1963 till 0,18 % 1990, vilket motsvarar 1500 kg per ha. Enligt balansräkningen minskade samma led med ungefär 900 kg. 600 kg eller 21 kg per ha och år har således försvunnit på annat sätt än genom bortförslin med grödan. En del av sänkningen kan förklaras med att plöjningsdjupet har ökat under försöksperioden, vilket medför en inblandning av kvävefattigare alvjord i matjorden (Ohlsson, 1979). Utlakning och denitrifikation är andra förlustposter.

Utlakningen på en leirjord i detta område kan sättas till 12 kg per ha och år (Gustafson, 1986). Det skulle förklara ungefär hälften av förlusterna. Överslagsberäkningar visar att ett ökat plöjningsdjup från 15 till 25 cm kan förklara den andra hälften. Denitrifikationen i kontrollledet är sannolikt försumbar.

Tabell 8. Kvävebalans, kg/ha, för åren 1963-1990, dvs 28 år

Table 8. Nitrogen balance sheet, kg/ha, for the years 1963-1990

Tillfört [Applied]							
Behandling Treatment	Halm Straw	Gödsel Fertilizer	Summa Sum	Bortfört Removed	Balans Balance	Per år Per year	Minskning av N i marken ^a Soil N reduction ^a
Kontroll Control	0	95	95	990	-895	-32	1500
Halm, ej N Straw, no N	165	95	260	978	-718	-26	1500
-, 31 N Kkv	167	715	882	1363	-481	-17	1250
-, 31 N Ks	160	715	875	1417	-542	-19	1500
-, 62 N Kkv	168	1335	1503	1655	-152	-5	1000
-, 62 N Ks	173	1335	1508	1748	-240	-9	1250
-, 124 N Kkv	183	2575	2758	2138	620	22	1000
-, 124 N Ks	184	2575	2759	2170	589	21	1000

^a Enligt analysdata vid periodens början resp. slut.
According to analysis data at the beginning and at the end of the period.

Där 124 kg kväve tillförts årligen var balansen positiv (tabell 8). Dessutom hade kvävemängden i majjorden minskat med 1000 kg per ha. Det är alltså frågan om ca 1600 kg kväve eller 57 kg per ha och år, som ej redovisats. Antag att utlakningen ökar med 50 % i förhållande till kontrollet, dvs till 18 kg per ha och år. Claesson & Steineck (1991) uppskattar visserligen merutlakningen till endast 10 % vid stallgödseltillförsel på hösten. Det rör sig emellertid då om mindre givor och om ammoniumkväve, som är mindre lätttröligt i marken. Om ökat plöjningsdjup förklarar 12 kg per ha skulle denitrifikationsförlusterna uppgå till 27 kg per ha och år, vilket är fullt realistiskt (Klemedtsson, 1986).

I kontrollet bortfördes i genomsnitt 35 kg kväve per ha och år i halm och kärna. Om man därtill lägger kvävemängden i agnar, stubb och rötter, som kan sättas lika med kvävemängden i halmskörden (Jansson, 1963; Hansson, 1987; Mattsson, 1991), erhålles den totala genomsnittliga kväveupptagningen. Vi får då ca 40 kg kväve per ha och år, vilket kan anses som ett mått på den årliga nettomineraliseringen om förändringar i andra kvävepooler sätts lika med noll. Enligt tabell 7 ökade mineraliseringen med 5-10 kg per ha när halm och kväve tillfördes.

I ett inkubationsexperiment med jord från det nu aktuella försöket beräknades nettomineraliseringen av kväve till 44 kg per ha i kontrollet och 67 kg vid högsta kvävegivan, dvs en ökning med 52 % (Karlsson, 1983).

Den relativa effekten av halmens och kvävetts verkan på kväve mineraliseringen bestämd med laboratorieexperiment respektive fältdata kan nu jämföras. I det förra fallet ökade den med 52 %, i det senare med 25. Det är naturligt att effekten är mindre under fältförhållanden. På laboratoriet kan temperatur, fuktighet etc hållas vid optimala nivåer, så icke i fält. Om vi sätter laboratoriedata lika med den potentiella mineraliseringen och fältdata lika med aktuell får vi alltså som tumregel, att aktuell mineralisering är 50 % av den potentiella.

AVSLUTANDE SYNUNKTER

Nedbrukning av halm tillsammans med kväve resulterar i ett större humusutbyte och bättre bevarande av multhalen än om halm tillförs utan kväve. Tekniken i dagens traditionella spannmålsodling på kreaturslösa gårdar motsvaras i stort sett i föreliggande försök av halmnedbrukning vid hög kvävegiva. Vid gödslingsplanering bör hänsyn tas till om halm kontinuerligt tillförs eller ej. På de förra kan kvävebehovet antas vara upp till tio kg per ha lägre.

SUMMARY

In a field experiment started in 1955 the effects on production and soil properties of annual supply of straw and nitrogen were studied. Straw additions were 3000 kg/ha with moisture content of approximately 45 %. Nitrogen was applied as calcium nitrate (15,5 % N) or as calcium cyanamide (18 % N). All nitrogen was autumn applied in rates from 0 to 124 kg per ha. Cereals and oil seeds were sown.

Yields and nitrogen contents of grain and straw were examined as well as top soil (0-20 cm) carbon and nitrogen contents. Results for the period 1963-1990 are reported.

There were no important differences observed between the two used fertilizers, neither for yields nor for soil properties.

Straw addition without N resulted in slightly smaller yields than control treatments without straw. The effects of N application on yields were evident although the N was autumn applied. Yield levels varied considerably over the years, but no trends towards larger or smaller yields with time were observed.

Top soil C declined during the period in all treatments. In control treatments the C decline was from 2.3 to 1.8 % of soil weight, equal to a 22 % reduction. In treatments with straw and the highest N supply the reduction was 9 %.

Reduction of N from the top 20 cm soil layer equaled 1500 kg/ha in control treatments and 1000 kg/ha with straw and high N supply. The effects of straw additions were negligible.

Estimations of C mineralization indicated that 15 % of the semi-stable humus fraction was mineralized annually. Nitrogen mineralization was 40 kg per ha annually with 5-10 kg more in straw added treatments.

LITTERATUR

Barraclough, P.B. 1989. Root growth, macro-nutrient uptake dynamics and soil fertility requirements of a high-yielding winter oilseed rape crop. *Plant and Soil* 119, 59-70.

Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring, hushållning - miljö. (Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 41).

van Dijk, H. 1981. Some notes on the importance of mineralisation and immobilisation of nitrogen in making fertilizer recommendations. I: *Colloque Humus-Azote*, 7-10 Juillet, 1981, Reims, 151-160.

Gustafsson, A. 1986. Vattnets och kvävetts vägar. I: *Försöksledarmötet 1986. Del 3.* (Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 84, 4:1-7). Uppsala.

Hansson, A-C. 1987. Roots of arable crops: Production, growth dynamics and nitrogen content. (Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för ekologi och miljövärd, Rapport 28).

Jansson, S. L. 1963. Handelsgödselkvävetts långtidsverkan. Det icke utnyttjade gödselkvävet. *Forskning og forsök i landbruket*, 531-552. Oslo.

Jansson, S.L. & Persson, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. I: *Nitrogen in agricultural soils* (ed. F.J. Stevenson), *Agronomy* 22, 229-252.

- Karlsson, L. 1983. Halmens och kvävegödslingsens långtidseffekt med hänsyn till markens kväveleverande förmåga. (Sveriges lantbruksuniversitet, Avd för växt-näringslära, Examensarbete). Uppsala.
- Klemetsson, L. 1986. Denitrification in arable soil with special emphasis on the influence of plant roots. (Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för mikrobiologi, Rapport 32). Uppsala.
- Mattsson, L. 1991. Effekter av årlig halmullförsel på mark och gröda. (Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Avd för växtnäringslära, Rapport 180). Uppsala.
- Mattsson, L. 1991. Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor. (Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 182). Uppsala.
- Mortland, M.M. 1970. Clay-organic complexes and interactions. *Advances in agronomy* 22, 75-117.
- Ohlsson, S. 1979. De mångåriga kalkförsöken på Lanna. resultat och slutsatser. I: Kalkningsbehov och kalkningsmedel för jord, skog och vatten - nuläge och utvecklingsmöjligheter. Kungl. skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, Suppl. 13, 17-26
- Persson, J. 1973. Bränna eller bruka ned halmen?. Aktuellt från Lantbrukshögskolan 194.
- Persson, J. 1981. Influence of mineral and organic fertilizers on the humus balance and humus formation. I: Colloque Humus-Azote, 7-10 Juillet, 1981, Reims, 82-89.
- Schjøtting, P. 1986. Nedmuldning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg. II. Indflydelse af halm og stubbearbejdning på jordens indhold af kulstof, kvælstof, kalium og fosfor. *Tidsskr. Planteavl* 90, 141-149.

Förteckning över samtliga rapporter
erhållas kostnadsfritt. I mån av till-
gång 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.

- | | | |
|-----|------|--|
| 169 | 1987 | Lennart Mattsson: Kvävegödslingsseffekt i höstvetete med och utan behandling med CCC, fungicid och insekticid.
Nitrogen response in winter wheat with and without treatment with CCC, fungicide and insecticide. |
| 170 | 1987 | Lennart Mattsson: Long-term effects of N fertilizer on crops and soils.
Långtidseffekter av kvävegödsling på gröda och mark. |
| 171 | 1988 | Käll Carlgren: Bladgödsling med mangan i kärll- och fältförsök.
Foliar application of manganese in pot and field trials. |
| 172 | 1988 | Staffan Steineck: Flytgödsel till vall.
Slurry applied to grass and mixed ley. |
| 173 | 1988 | Jens Blomquist och Einar Gudmundsson: Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik.
Application of Pig Slurry to Winter Wheat during the Growing Season. |
| 174 | 1988 | Lennart Mattsson och Torbjörn Lindén: Kväveförsök i potatis med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in potatoes combined with soil mineral nitrogen determinations. |
| 175 | 1988 | Lennart Mattsson: Kväveförsök i höstvetete med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in winter wheat with soil mineral N determinations. |

176	1989	Lennart Mattsson: Fastliggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken. Soil mineral nitrogen determination in long term experiment.
177	1989	Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kempainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans. Manure spreading - Plant nutrient balance.
178	1990	Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering. Computer aided fertilizer planning.
179	1990	Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord. A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil.
180	1991	Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtilförsel på mark och gröda. Effects of annual straw application on soils and crops.
181	1991	Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel Nitrification inhibitors - slurry.
182	1991	Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor. Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
183	1991	Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024. Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
184	1991	Kåll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök. Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.

- | | | |
|-----|------|---|
| 185 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg. |
| 186 | 1992 | Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden. |

I denna serie publiceras forsknings och försöksresultat från avdelningen för växtnäringsslära, 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 växtnäringsslära
750 07 Uppsala

Tel. 018-671249, 671255
