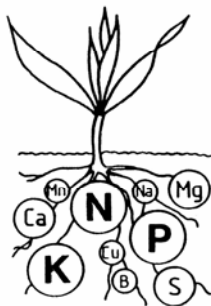




Halmnedbrukning – effekt på skörd och mark

Straw incorporations – effects on yields and soils

Jan Persson, Lennart Mattsson & Käll Carlgren



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

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

Rapport 213
Report

Uppsala 2006
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-213-SE

Förord

Under sin yrkesverksamma tid utvecklade Sven L. Jansson, professor vid avd. för växtnäringslära, kunskapen om kvävet immobilisering och mineralisering i åkermark. Hans arbete lade både en teoretisk och experimentell grund. Att halmen spelade en betydelsfull roll i sammanhanget stod klart och för att experimentellt bekräfta detta startades bl.a. det kärlförsök, som presenteras i föreliggande rapport. Försöket påbörjades 1958 och kom att pågå i 26 år. Ett omfattande datamaterial skapades. Fram till nu har detta inte bearbetats och analyserats fullständigt. Sven Janssons efterträdare på professuren, Jan Persson, prof. emer. tog tillsammans med nyligen bortgångne Käll Carlgren, också han tidigare verksam vid avdelningen för växtnäringslära hand om datamaterialet. De har tillsammans med Lennart Mattsson bearbetat och färdigställt föreliggande rapport.

Innehållsförteckning

| | |
|-----------------------------------|----|
| Abstract | 4 |
| Sammanfattning | 5 |
| Inledning | 6 |
| Försöksplan | 7 |
| Material och metodik | 7 |
| Resultat | 8 |
| Diskussion | 17 |
| Referenser | 21 |
| Bilagor | 23 |

Abstract

A long-term pot experiment demonstrating interaction between straw and mineral nitrogen was performed. Mineral nitrogen and straw was supplied every second year while no additions were made every second year. In total the experiment was continued for 26 years.

The straw caused heavy immobilisation, more intense the higher the straw addition. There was a definite interaction between straw and mineral nitrogen. Remineralization of the immobilised nitrogen started immediately, but a single straw addition caused only a small remineralization. However, not even after 26 years, the total remineralization did not completely compensate for the total immobilization if the straw addition was large. After 26 years 59 % of added nitrogen (straw-N and mineral N) was utilized by the crop with the largest straw addition. The lowest straw addition resulted in 82 % utilization. The straw additions increased soil organic nitrogen.

Sammanfattning

Ett kärlförsök, som belyser samspelet mellan halm och kväve redovisas. Försöket pågick i 26 år. Vartannat år tillfördes mineraliskt kväve och halm och vartannat år gjordes ingen tillförsel.

Kväve immobiliserades när halm tillfördes, mera ju större halmgivan var. Samspelet mellan halm och kvävetillförsel var tydligt. Immobiliserat kväve började remineraliseras omgående, men en enda halmgiva medförde bara obetydlig remineralisering. Vid stora återkommande halmgivor kompenserade inte den samlade remineraliseringen immobileringen ens efter 26 år.

Vid den största halmtillförseln hade grödan utnyttjat 59% av organiskt (halm) och oorganiskt (gödsel) kväve efter 26 år. Vid den minsta halmgivan hade 82% utnyttjats. Halmtillförseln ökade jordens innehåll av organiskt kväve.

Inledning

Halmen kan betraktas som en biprodukt vid stråsådesodling. Det är kärnan som är det primära. Man har aldrig eftersträvat ökad halm-skörd. Det har till och med i växtförädlingen eftersträvats kortstråiga sorter för att minska risken för liggsäd. I det tidiga jordbruket skedde skörden med självbindare och tröskningen gjordes på stationärt tröskverk hemma på gården. Halmen togs till vara och användes som foder men framför allt som strömedel. När skördetröskan gjorde entré i skördearbetet och allt fler jordbruk gick över till kreaturslös drift, kom en stor del av halmen att ligga kvar på fälten. Till en början brändes mycket halm, men snart kom signaler om att den överflödiga halmen borde brukas ner som multräämne för att ersätta stallgödselns och valens mulleffekt.

Med halmnedbrukningen följde nya hänsyn att beakta. Ett problem var att tekniskt bruka ner lång halm. För detta finns i dag väl fungerande teknik. Ett annat problem var att nedbrytningen av halmen gick trögt beroende på att halmen är näringsfattig. Balansen mellan energi och näring var dålig. Främst var det kväve som var i underskott. Mikroorganismerna fastlägger kväve, vilket kan leda till kvävebrist hos grödan. Försök lades ut för att visa hur man skulle avhjälpa kvävebristen. Ett antal frågor anmälde sig: "Hur mycket kväve ska tillsättas? Vid vilken tid ska kvävet spridas? Vilket gödselmedel ska användas?" Erfarenheterna från dessa tidiga försök visade att om extra kväve ska tillsättas ska detta ske på våren, åtminstone om det är fråga om vårstråsäd. Nya erfarenheter visar att det inte behövs något extra tillskott av kväve om halmen är finfördelad och väl inbrukad i matjordslagret. Detta gäller i varje fall, om grödan är vårstråsäd (Persson & Valdmaa, 1971; Persson, 1974). Höstoljeväxter efter nedbrukning av halm kan behöva extra kväve på hösten. De långsiktiga effekterna på skörden av upprepade nedbrukning blev knappast prövade i renodlade fältförsök.

En annan effekt är halmens inverkan på mullhalten, en faktor med betydelse för markens fysikaliska egenskaper men också för markens långsiktiga kväveleverans.

Föreliggande undersökning syftar till att belysa halmens inverkan på immobiliseringen samt på den långsiktiga betydelsen av samspelet mellan immobilisering och remineralisering, hur detta påverkar skördeutvecklingen och markens innehåll av organiskt kväve.

Försöksplan

Undersökningen genomfördes som kärlförsök, som pågick under 26 år. Försöket genomfördes enligt följande plan:

Utan halm, utan kväve
Utan halm, 225 mg N per kärl
Utan halm, 450 mg N per kärl
Utan halm, 675 mg N per kärl

15 g halm, 675 mg N per kärl
30 g halm, 675 mg N per kärl
45 g halm, 675 mg N per kärl
60 g halm, 675 mg N per kärl

Vartannat år behandlades försöket enligt försöksplanen (behandlingsår) med början år 1958 och vartannat år tillfördes varken kväve eller halm (efterverkansår). Försöket genomfördes med tre samkär. Den lägsta givan, 15 g halm per kärl, motsvarar 7500 kg per ha räknat på jordvikten. Eftersom halm tillfördes endast vartannat år i försöket, svarar detta mot en normal halmskörd – ca 4000 kg halm per ha.

Material och metodik

För kärlförsöket användes en något mullhaltig lerig mo med följande analysdata: Ler 5,5%, pH 6,4, organiskt N 0,15 %, P-AL 24 och K-AL 11,5 mg per 100 g jord. För varje kärl invägdes 5,1 kg jord. Grödan var havre samtliga år.

Ingen uppgift om försökshalmens sammansättning redovisades i försöksbeskrivningen. Förmodligen kom olika halmkvaliteter till användning under de 26 år som försöket pågick. Vid sammanställningen av försöksdata antogs en N-halt om 0,4 % och en C-halt om 40 % i halmen.

Under behandlingsåren tillfördes kvävet som 0,65 M HNO₃. Kärlen grundgödlades med superfosfat och kaliumsulfat. Vid försökets start grundgödlades med 3 g superfosfat och 1 g kaliumsulfat. Därefter gödlades regelbundet med superfosfat och kaliumsulfat under be-

handlingsåren. Kaliumgivan var genomgående 1 g kaliumsulfat. Superfosfatgivan varierade. Hänsyn togs till skördens storlek under föregående år. Där kvävegivan var stor ($675 \text{ mg N.kärl}^{-1}$) gavs 2 g superfosfat per kärl. För övriga kärl var givan 1 g per kärl. Därutöver fick varje kärl 1 g magnesiumsulfat åren 1970 och 1976.

Halmen tillfördes på våren, en vecka före sådd. Halmen var mald. Kärlen var av Mitscherlichttyp. De placerades utomhus i en vegetationshall. Bevattning skedde dagligen med totalavsaltat vatten. Överskott av vatten på grund av regn hällades tillbaka i kärlet. Någon utlakning skedde således inte. Under vintern var kärlen täckta. Grödan skördades när havren var mogen. Skörden torkades vid 40°C , vägdes, tröskades och maldes inför analys. Jordprov uttogs efterverkansåren från och med 1965. Detta betydde naturligtvis att jordmängden minskade något i kärlen. Detta betyder inte mycket, när det är fråga om kraftigt gödslade kärl (Schoeps opublicerat). I rapporten diskuteras nästan uteslutande kraftigt gödslade led.

Kärna, halm och jord analyserades med avseende på totalkväve. Analyserna gjordes som makrokjeldahl med Cu-Se som katalysator.

Resultat

Tabell 1 redovisar summaeffekten av 26 års biologisk omsättning med mineralkväve och halm. Under behandlingsåren var den totala kväveskörden lägre i halmleden än i det rena kväveledet. Den totala kväveskörden minskade med halmgivans storlek. Under efterverkansåren var den totala kväveskörden lägre än under behandlingsåren. Någon kvävegödsling under efterverkansåren skedde ju inte. Under efterverkansåren var kväveskörden större i halmleden än där enbart mineralkväve tillförts. Efter 26 år hade 59 % av tillfört kväve (halm- och mineral-N) utnyttjats av grödan vid den högsta halmgivan. Motsvarande siffra för den lägsta halmgivan var 82 %.

Tabell 1. Kväve tillfört med mineralgödsel och halm samt den totala kväveupptagningen under 26 år, mg N kär⁻¹.

Table 1. Nitrogen supplied with mineral fertilizer and straw during 26 years. mg N pot⁻¹.

| N-giva <i>N-supply</i> | | | N-skörd <i>N-harvest</i> | | | N-skörd, % av tillfört <i>N-harvest, % of supplied</i> |
|---------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|--|
| Min-N <i>Min-N</i> | Halm N <i>Straw-N</i> | S:a <i>S:a</i> | Behandl.år <i>Treatm.yr</i> | Efterv.år <i>Aftereff.yr</i> | S:a <i>S:a</i> | |
| 8775 | 0 | 8775 | 7050 | 984 | 8035 | 91,6 |
| 8775 | 780 | 9555 | 6476 | 1359 | 7835 | 82,0 |
| 8775 | 1560 | 10335 | 5704 | 1721 | 7425 | 71,9 |
| 8775 | 2340 | 11115 | 5177 | 2268 | 7446 | 67,0 |
| 8775 | 3120 | 11895 | 4470 | 2524 | 6995 | 58,8 |

Tabell 2 visar den totala halmeffekten av 26 års omsättning. Halmeffekten erhöles som skillnaden mellan kväveskörden i ledet som fått 675 mg mineralkväve och kväveskörden, där halmkväve samtidigt tillförts. Kväveimmobiliseringen var betydande som följd av halmomsättningen. Effekten ökade med halmgivans storlek. Under efterverkansåren skedde remineralisering av en del immobiliserat kväve. Remineraliseringen ökade med halmgivans storlek. Det var kolet som styrde omfattningen av såväl immobilisering som remineralisering. Remineraliseringen under efterverkansåren kunde inte fullt ut kompensera för immobiliseringen under behandlingsåren. Detta var inte heller att vänta. Det måste understrykas att det förelåg samspel mellan mineralkvävet och halmkvävet. Det fanns proportionsvis mycket mineralkväve tillgängligt. Detta gällde i synnerhet vid låga halmgivor. Med lägre kvävegivor skulle resultaten troligtvis blivit annorlunda. Det remineraliserade kvävet bestod dels av halmkväve, dels av mineralkväve, som immobiliserats under omsättningen. Nettoeffekten av immobilisering/mineraliseringprocessen visade på en nettoimmobilisering motsvarande 2-9 % av det tillförda kvävet. Detta räknat över hela försöksperioden.

Tabell 2. Immobiliserat (-) och remineraliserat (+) kväve som följd av halmtillförsel. mg N kär⁻¹.

Table 2. Immobilised (-) and remineralised (+) nitrogen as a consequence of straw decomposition

| N-giva <i>N-supply</i> | | | Effekt av tillförd halm <i>Effect of supplied straw</i> | | Nettoeffekt mg N kär ⁻¹ | % av tillfört |
|---------------------------|----------------|------------|--|---------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | | | Immobil. | Remin. | | |
| Min-N | Halm-N | S:a | Behandl.år | Efterv.år | mg N kär ⁻¹ | % av tillfört |
| <i>Min-N</i> | <i>Straw-N</i> | <i>S:a</i> | <i>Treatm.yr</i> | <i>Aftereff. yr</i> | <i>mg N pot¹</i> | <i>% of suppl.</i> |
| 8775 | 780 | 9555 | -573,8 | +374,1 | -199,7 | 2,1 |
| 8775 | 1560 | 10335 | -1346,1 | +736,6 | -609,5 | 5,9 |
| 8775 | 2340 | 11115 | -1873,2 | +1283,9 | -589,3 | 5,3 |
| 8775 | 3120 | 11895 | -2579,7 | +1539,4 | -1040,3 | 8,7 |

Tabell 3 redovisar över tiden de enskilda processer som var resultatet av de olika behandlingarna. Resultaten fokuserar på effekten av halmen. Halmeffekten isolerades på samma sätt som beskrivits i tabell 2. Tabellen redovisar dels de enskilda behandlingsåren (då mineralkväve och halm tillfördes), dels de enskilda efterverkansåren (då vare sig mineralkväve eller halm tillfördes).

Det framgår av tabellen att immobiliseringen var betydande under de första åren, och immobiliseringen var större ju högre halmgivan var. Däremot erhöles ingen information om betydelsen av mineralkvävegivans storlek – endast en giva med mineralkväve prövades. Vid de högsta halmgivorna var immobiliseringen under de första åren till och med större än kväveskörden med grödan. Nettoimmobiliseringen var normalt också större än de kvävemängder, som fanns i den tillförda halmen ända fram till omkring år 1970. Kvävebrist var det emellertid inte fråga om. Det fanns ju 675 mg mineralkväve, som samverkade med halmkvävet. Senare dämpades nettoimmobiliseringen på grund av remineralisering av kväve, som immobiliserats under tidigare års tillförsel av halm. Därför blev remineraliseringen större ju mer halm som tillförts, trots att samma mängd mineralkväve tillförts. Endast undantagsvis överskuggade denna remineralisering under behandlingsåren dock immobiliseringen (exempelvis vissa försöksled åren 1970 och 1972).

Skördarna under efterverkansåren var betydligt mindre än under behandlingsåren trots den stora immobiliseringen under dessa år. Det framgår att remineraliseringen av halmkväve haft betydelse för kväve

Tabell 3. Kväveskörd, immobilisering och remineralisering som följd av halm-tillförsel, mg N kär⁻¹. Medeltal som följs av samma bokstav inom en kolumn är inte signifikant skilda

Table 3. Nitrogen harvest, immobilisation and remineralisation as affected by straw supply, mg N pot⁻¹ Means followed by the same letter within a column are not significantly different

| N-giva <i>N-supply</i> | | | Behandl. år <i>Treatm.yr</i> | | Efterv. år <i>Aftereff. yr</i> | |
|---------------------------|----------------|------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| Min-N | Halm N | S.a | Skörd | Immobil | Skörd | Remin. |
| <i>Min-N</i> | <i>Straw-N</i> | <i>S:a</i> | <i>Harvest</i> | <i>Immobil.</i> | <i>Harvest</i> | <i>Remin.</i> |
| | | | 1958 | 1959 | | |
| 675 | 0 | 675 | 456,8 ^a | | 42,0 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 370,3 ^b | 86,5 | 54,7 ^{bc} | 12,7 |
| 675 | 120 | 795 | 323,9 ^b | 132,9 | 70,2 ^{ab} | 28,2 |
| 675 | 180 | 855 | 264,3 ^c | 192,5 | 81,1 ^a | 39,1 |
| 675 | 240 | 915 | 193,5 ^d | 263,3 | 76,9 ^a | 34,9 |
| | | | 1960 | 1961 | | |
| 675 | 0 | 675 | 531,1 ^a | | 74,2 ^a | |
| 675 | 60 | 735 | 442,2 ^b | 88,9 | 92,8 ^a | 18,6 |
| 675 | 120 | 795 | 337,2 ^c | 193,9 | 111,5 ^a | 37,3 |
| 675 | 180 | 855 | 229,9 ^d | 301,2 | 128,7 ^a | 54,5 |
| 675 | 240 | 915 | 180,2 ^d | 350,9 | 115,8 ^a | 41,6 |
| | | | 1962 | 1963 | | |
| 675 | 0 | 675 | 573,6 ^a | | 66,2 ^d | |
| 675 | 60 | 735 | 457,6 ^b | 116,0 | 99,4 ^c | 33,2 |
| 675 | 120 | 795 | 358,1 ^c | 215,5 | 125,3 ^b | 59,1 |
| 675 | 180 | 855 | 240,1 ^d | 333,5 | 141,2 ^{ab} | 75,0 |
| 675 | 240 | 915 | 186,6 ^d | 387,0 | 149,4 ^a | 116,2 |
| | | | 1964 | 1965 | | |
| 675 | 0 | 675 | 553,7 ^a | | 72,6 ^a | |
| 675 | 60 | 735 | 440,6 ^b | 113,1 | 106,9 ^{bc} | 34,3 |
| 675 | 120 | 795 | 294,4 ^c | 259,3 | 145,6 ^{ab} | 73,0 |
| 675 | 180 | 855 | 230,0 ^d | 323,7 | 150,9 ^{ab} | 78,3 |
| 675 | 240 | 915 | 194,6 ^d | 359,1 | 174,0 ^a | 101,4 |
| | | | 1966 | 1967 | | |
| 675 | 0 | 675 | 517,2 ^a | | 106,3 ^d | |
| 675 | 60 | 735 | 474,5 ^a | 42,7 | 143,2 ^c | 36,9 |
| 675 | 120 | 795 | 396,1 ^b | 121,1 | 187,5 ^b | 81,2 |
| 675 | 180 | 855 | 385,6 ^{bc} | 131,6 | 206,3 ^{ab} | 100,0 |
| 675 | 240 | 915 | 321,0 ^c | 196,2 | 232,0 ^a | 125,7 |

Tabell 3. Forts.
Table 3. Contd.

| N-giva | | | Behandl. år <i>Treatm.yr</i> | | Efterv. år <i>Aftereff. yr</i> | |
|-----------------|----------------|------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| <i>N-supply</i> | | | Skörd | Immobil | Skörd | Remin. |
| <i>Min-N</i> | <i>Halm N</i> | <i>S:a</i> | <i>Harvest</i> | <i>Immobil.</i> | <i>Harvest</i> | <i>Remin.</i> |
| <i>Min-N</i> | <i>Straw-N</i> | <i>S:a</i> | | | | |
| | | | 1968 | | 1969 | |
| 675 | 0 | 675 | 592,1 ^a | | 80,1 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 510,8 ^b | 81,3 | 120,4 ^b | 40,3 |
| 675 | 120 | 795 | 469,5 ^b | 122,6 | 130,3 ^b | 50,2 |
| 675 | 180 | 855 | 393,5 ^c | 198,6 | 181,3 ^a | 101,2 |
| 675 | 240 | 915 | 359,4 ^c | 232,7 | 214,9 ^a | 134,8 |
| | | | 1970 | | 1971 | |
| 675 | 0 | 675 | 550,6 ^a | | 75,2 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 556,5 ^a | -5,9 | 86,1 ^c | 10,9 |
| 675 | 120 | 795 | 408,8 ^a | 141,8 | 96,3 ^c | 21,1 |
| 675 | 180 | 855 | 367,2 ^a | 183,4 | 132,9 ^b | 57,7 |
| 675 | 240 | 915 | 298,2 ^a | 252,4 | 156,5 ^a | 81,3 |
| | | | 1972 | | 1973 | |
| 675 | 0 | 675 | 459,8 ^{bc} | | 73,5 ^d | |
| 675 | 60 | 735 | 596,0 ^a | -136,2 | 105,6 ^{cd} | 32,1 |
| 675 | 120 | 795 | 479,1 ^b | -19,3 | 133,7 ^{bc} | 60,2 |
| 675 | 180 | 855 | 426,5 ^c | 33,3 | 169,4 ^b | 95,9 |
| 675 | 240 | 915 | 354,3 ^d | 105,5 | 229,2 ^a | 155,7 |
| | | | 1974 | | 1975 | |
| 675 | 0 | 675 | 573,8 ^a | | 73,4 ^d | |
| 675 | 60 | 735 | 543,2 ^a | 30,6 | 123,5 ^{cd} | 50,1 |
| 675 | 120 | 795 | 524,5 ^a | 49,3 | 93,9 ^{bc} | 120,5 |
| 675 | 180 | 855 | 539,3 ^a | 34,5 | 251,6 ^b | 178,2 |
| 675 | 240 | 915 | 438,7 ^b | 135,1 | 337,1 ^a | 263,7 |
| | | | 1976 | | 1977 | |
| 675 | 0 | 675 | 548,6 ^a | | 66,5 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 525,4 ^{bc} | 23,2 | 103,2 ^{bc} | 36,7 |
| 675 | 120 | 795 | 595,8 ^a | -47,2 | 147,0 ^b | 80,5 |
| 675 | 180 | 855 | 591,4 ^a | -42,8 | 196,5 ^a | 130,0 |
| 675 | 240 | 915 | 485,5 ^c | 63,1 | 217,2 ^a | 150,7 |

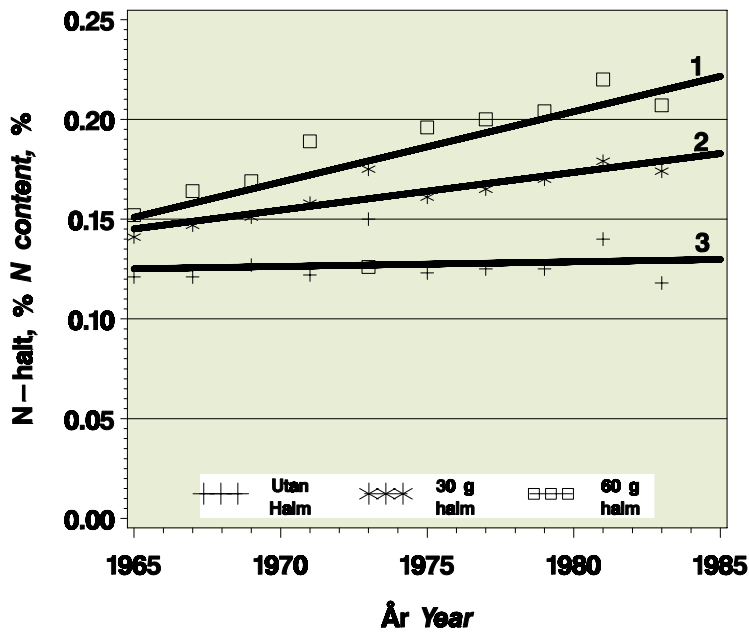
Tabell 3. Forts.
Table 3. Contd.

| N-giva | | | Behandl. år <i>Treatm.yr</i> | | Efterv. år <i>Aftereff. yr</i> | |
|-----------------|----------------|------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|
| <i>N-supply</i> | | | Skörd | Immobil | Skörd | Remin. |
| Min-N | Halm N | S:a | <i>Harvest</i> | <i>Immobil.</i> | <i>Harvest</i> | <i>Remin.</i> |
| <i>Min-N</i> | <i>Straw-N</i> | <i>S:a</i> | | | | |
| | | | 1978 | | 1979 | |
| 675 | 0 | 675 | 515,0 ^b | | 79,3 ^b | |
| 675 | 60 | 735 | 503,5 ^b | 11,5 | 104,1 ^b | 24,8 |
| 675 | 120 | 795 | 493,8 ^b | 21,2 | 124,4 ^b | 45,1 |
| 675 | 180 | 855 | 551,0 ^a | -36,0 | 235,0 ^a | 155,7 |
| 675 | 240 | 915 | 486,4 ^b | 28,6 | 209,2 ^a | 129,9 |
| | | | 1980 | | 1981 | |
| 675 | 0 | 675 | 566,7 ^a | | 84,7 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 518,8 ^a | 47,9 | 100,9 ^c | 16,2 |
| 675 | 120 | 795 | 494,6 ^{bc} | 72,1 | 150,6 ^{bc} | 65,9 |
| 675 | 180 | 855 | 481,9 ^{bc} | 84,8 | 246,3 ^a | 161,6 |
| 675 | 240 | 915 | 462,1 ^c | 104,5 | 219,3 ^{ab} | 134,6 |
| | | | 1982 | | 1983 | |
| 675 | 0 | 675 | 611,5 ^a | | 90,9 ^c | |
| 675 | 60 | 735 | 537,3 ^b | 74,2 | 118,2 ^{bc} | 27,3 |
| 675 | 120 | 795 | 528,6 ^b | 82,9 | 105,2 ^{bc} | 14,7 |
| 675 | 180 | 855 | 476,6 ^c | 134,9 | 147,6 ^b | 56,7 |
| 675 | 240 | 915 | 510,3 ^b | 101,2 | 192,8 ^a | 101,9 |

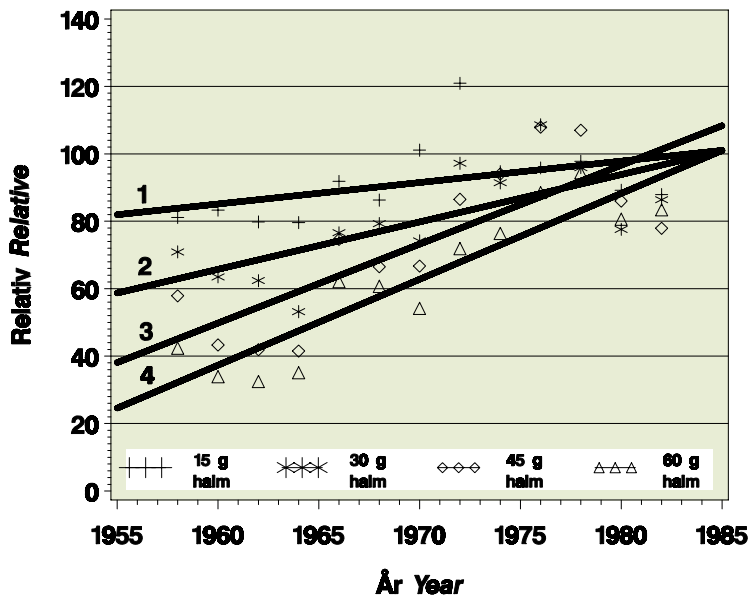
skörden under efterverkansåren. Detta framgår om man jämför kväve-skörden i halmleden med skörden, där ingen halm tillförts genom åren.

I tabell 4 redovisas jordens innehåll av organiskt kväve. Jordprov för kväveanalys togs första gången år 1965. Därefter togs prov varje efterverkansår. Prover från de tre samkärnen slogs samman inför malning och analys. Variansanalys för att belysa skillnaden mellan behandlingar var således inte möjlig att genomföra. Däremot gjordes en regressionsanalys, som beskriver regressionen av N-analysen på tiden (figur 1). Korrelationskoefficienten, som anger styrkan i sambandet, visar att detta var starkt. Av tabell 4 framgår att effekten av mineralkväve var liten. Däremot höjdes halten på grund av halmen betydligt.

Om man utgår ifrån att C/N kvoten i försöksjordens organiska substans är 10 och att C-halten i den organiska substansen är 58 % (en



Figur 1. Kvävehalt i jorden efter skörd efterverkansåren. 1:(halm 0 g) $y=0,0002*x-0,3394$; 2 (halm 30 g) $y=0,0019*x-3,5646$;3 (halm 60 g) $y=0,0035*x-6,7861$.
 Figure 1. Soil N content after harvest the aftereffect years



Figur 2. Relativ kväveskörd efterverkansåren. Tillförsel av kväve i halm, g karl^{-1} . Ingen halmtillförsel=100. 1: (15 g halm) $y=0,64*x-1160$; 2:(30 g halm) $y=1,40*x-2687$;3(45 g halm) $y=2,34*x-4537$;4 (60 g halm) $y=2,55*x-4955$.
 Figure 2. Relative N-uptake the aftereffect years. Additions of N with straw, g pot^{-1} . No straw=100.

allmänt accepterad siffra), erhåller man en god approximation på mullhalten, om man multiplicerar C-halten med 1,7. Tabell 5 visar mullhaltens beroende av försöksåtgärderna, när försöket avslutades.

Tabell 4. Jordanalys. Totalkväve, %
 Table 4. Soil analysis. Total N, %

| Behandl. vartannat år <i>Treatment, every 2nd year</i> | | N-halt <i>N-content, %</i> | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Min-N mg kär ⁻¹ Pot ⁻¹ | Min-N mg kär ⁻¹ Pot ⁻¹ | Halm Straw g kär ⁻¹ Pot ⁻¹ | 1965 | 1967 | 1969 | 1971 | 1973 | 1975 | 1977 | 1979 | 1981 | 1983 |
| 0 | 0 | 0 | ,115 | ,117 | ,115 | ,112 | ,119 | ,112 | ,112 | ,112 | ,112 | ,115 |
| 225 | 0 | 0 | ,114 | ,115 | ,119 | ,120 | ,125 | ,118 | ,118 | ,111 | ,119 | ,112 |
| 450 | 0 | 0 | ,124 | ,120 | ,122 | ,122 | ,129 | ,120 | ,120 | ,119 | ,122 | ,118 |
| 675 | 0 | 0 | ,121 | ,121 | ,127 | ,122 | ,150 | ,123 | ,125 | ,125 | ,140 | ,118 |
| 675 | 15 | 15 | ,130 | ,132 | ,140 | ,141 | ,158 | ,141 | ,137 | ,153 | ,161 | ,154 |
| 675 | 30 | 30 | ,141 | ,147 | ,151 | ,158 | ,175 | ,161 | ,165 | ,170 | ,179 | ,174 |
| 675 | 45 | 45 | ,150 | ,155 | ,157 | ,169 | ,181 | ,181 | ,182 | ,193 | ,199 | ,176 |
| 675 | 60 | 60 | ,152 | ,164 | ,169 | ,189 | ,126 | ,196 | ,200 | ,204 | ,220 | ,207 |

Tabell 5. Åtgärdernas inverkan på mullhalten vid försökets avslutning
Table 5. Effects of treatments on humus content when terminating the experiment

| Behandl. vartannat år <i>Treatment, every 2nd year</i> | | |
|--|---|--------------------------------|
| Min-N mg pot ⁻¹ | Min-N Straw N g pot ⁻¹ | Mullhalt Humus content % |
| 0 | 0 | 1,98 |
| 225 | 0 | 1,93 |
| 450 | 0 | 2,03 |
| 675 | 0 | 2,03 |
| 675 | 15 | 2,65 |
| 675 | 30 | 3,00 |
| 675 | 45 | 3,03 |
| 675 | 60 | 3,57 |

Diskussion

De erhållna resultaten speglar komplicerade samspel. Mineraliskt kväve deltog vid halmens omsättning. Olika halmgivor prövades vid samma insats av mineralkväve. Processen pågick under lång tid, hela tiden med nya insatser av halm och mineralkväve. Resultaten avslöjar på ett utmärkt sätt, hur immobilisering och remineralisering samverkar över tiden.

Under de första åren var immobiliseringen som följd av halmomsättningen större än kväveinnehållet i halmen (tabell 3). Halmkvävet och mineralkvävet reagerade under samverkan. Immobiliseringen var som väntat större ju större den tillsatta halmmängden var. Det fanns mer kol till vilket kvävet kunde bindas biologiskt. I föreliggande undersökning går det inte att reda ut, hur olika insatser av mineralkväve påverkar nämnda samspel, eftersom endast en kvävegiva kombinerades med de olika halmgivorna.

Det är endast efter den första halmgivan som immobilisering och remineralisering kan bestämmas för en enskild halmgiva. Det framgår av tabell 6 att 12 – 20 % av det immobiliserade kvävet remineraliserades under det första efterverkansåret. Detta är i samma storleksordning som andra författare funnit, när det gäller omsättning av växtmaterial

under första efterverkansåret (Bartholomew 1965, Jansson 1963, Jansson 1968, Stevenson 1986). Det är möjligt att såväl immobilisering som remineralisering skulle ha varit något lägre, om mineralkvävegivan varit lägre.

Tabell 6. Remineralisering av kväve efter omsättning av en halmgröda, mg N kär⁻¹

Table 6. Remineralisation of nitrogen after decomposition of one straw crop, mg N pot⁻¹

| Halm-N <i>Straw N</i> | Immobiliserat <i>Immobilised</i> 1958 | Remineraliserat <i>Remineralised</i> | |
|--------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|
| | | 1959 | % av immob. <i>% of immob.</i> |
| 60 | 86,5 | 12,7 | 14,7 |
| 120 | 132,9 | 28,3 | 16,0 |
| 180 | 192,5 | 39,2 | 20,3 |
| 240 | 263,3 | 34,9 | 13,3 |

Jansson (1968) redogjorde för en undersökning, där organiskt material tillsammans med mineralkväve tillsattes, när undersökningen startade. Han sammanfattade resultaten enligt följande: "The annual removal rate of the immobilised nitrogen for the second year after fertilizer application is 10%, for the four next years 2,5% and thereafter 2%". Nettomineraliseringsgraden för kväve, som varit under omsättning under en lång följd av år, var således 2%. Det är av samma storleksordning som för gammalt humusmaterial.

Den redovisade efterverkan i den här aktuella undersökningen hänförde sig till halm som tillförts på våren föregående år. Omsättningsprocessen fick således pågå under nästan två säsonger, innan efterverkan avlästes i skörd och kväveupptag. Under praktiska förhållanden tillförs halmen på hösten. Påföljande säsong är i allmänhet för kort för att remineraliseringen ska hinna verka fullt ut. Ofta kan det t.o.m. bli en fortsatt immobilisering under den aktuella säsongen. Den fulla remineraliseringen kan avläsas först påföljande säsong.

Remineraliseringen för en enskild halmgiva är svår att ange för senare år, eftersom effekten av flera års tillförsel av halm adderas till varandra. Detta faktum påverkar nettomineraliseringen under efterverkansåren men också nettoimmobiliseringen under behandlingsåren.

Varje värde på immobilisering och remineralisering i tabell 3 är således inte en effekt av enstaka halmgivor utan av flera på varandra följande halmgivor. Nettoimmobiliseringen blev allt mindre med tiden som en följd av att den allt större mängden immobiliserat kväve blev föremål för remineralisering. Immobiliseringen som följd av varje enskild halmgiva får antas vara lika stor genom alla försöksåren.

Den ökade remineraliseringen påverkade givetvis skördarna. Under de första åren erhöles en betydande "kvävedepression", där halm tillförts – ju mer halm desto större depression. Under de första åren blev kväveskörden endast 40 % av kväveskörden i de icke halmbehandlade försöksleden, där den högsta halmmängden tillförts. På grund av remineraliseringen ökade den relativa skörden, och efter 26 år hade processerna kommit så långt att remineraliseringen av den samlade mängden immobiliserat kväve för ett visst år var lika stor som immobiliseringen samma år. Resultatet blev att kväveskördarna med halm-tillförsel närmade sig skördarna utan halmtillförsel med samma insats av mineralkväve (675 mg N). Förloppet demonstreras för de olika halmgivorna i figur 2. Skördarna i försöksled utan halm har satts till 100, och skördarna i de halmade leden har relaterats till detta.

Inte i något fall togs allt tillfört kväve upp av grödan (tabell 3). Utnyttjandet var mindre där halm tillförts än där ingen halm tillförts och utnyttjandet blev lägre ju mer halm som tillfördes. Inte heller i det försöksled som erhöles mineralkväve men ingen halm blev kväveutnyttjandet fullständigt. Man har således anledning räkna med en viss immobilisering också i detta led. Orsaken torde vara att också i detta försöksled tillfördes färskt organiskt material, nämligen rötter. Detta innebär tillförsel av såväl kväve som kol (energi) till jorden. Rötterna omsätts på samma sätt som halmen, det vill säga det är en ny portion rötter som tillsätts varje år. Det är välkänt att långvarig tillförsel av kvävegödselmedel resulterar i positiv effekt på humushalten, en effekt av att inte endast den ovanjordiska delen av växten utan också rotsystemet blir större som följd av gödsling. Av jordanalyserna (tabell 4) att döma hade rotsystemet inte haft någon stor effekt på jordens kväveinnehåll. Effekten av halmen i kombination med mineralkvävet var mycket större.

I tabell 7 har mängden jordkväve vid försökets avslutning beräknats dels ur en balans mellan tillfört och bortfört kväve, dels ur jordanalysdata. Det förelåg god överensstämmelse mellan de båda beräknings-sätten.

Tabell 7. Halmens inverkan på jordkvävemängden beräknat som differens jämfört med jordanalysdata enl. tabell 4. Halmen tillförd vartannat år
Table 7. Soil nitrogen as effected by the straw. Straw added every 2nd year

| Halm <i>Straw</i> g kärl ¹ | Total N-giva <i>Total N-rate</i> mg | N-upptag <i>N-uptake</i> mg | Kvar i jorden <i>Left in soil</i> mg | Jordanalys <i>Analysis</i> % | Förändr. <i>Change</i> mg |
|---|---|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 8775 | 8035 | 739 | 0,118 | |
| 15 | 9555 | 7835 | 1719 | 0,154 | 1836 |
| 30 | 10335 | 7425 | 2909 | 0,174 | 2856 |
| 45 | 11115 | 7446 | 3668 | 0,176 | 2958 |
| 60 | 11895 | 6995 | 4899 | 0,207 | 4539 |

I det försöksled som erhöll vare sig mineralkväve eller halm erhöjls en total kväveskörd om 1617 mg kväve, som bortfördes. Det måste vara en del av jordens ursprungliga humuskväve som mineraliserats. Denna kvävemängd motsvarar en sänkning av jordens kvävehalt med 0,03%. Detta kunde inte verifieras i jordanalysen. Effekten beaktades inte vid behandling av försöksmaterialet.

Bilaga 1 sammanfattar kvävedata vad avser halmens effekt på jordens N-halt, N-balansen och humusbalansen. Det framgår att halmens kväveinhåll inte räckte för den immobilisering som förorsakades av halmomsättningen. En del av mineralkvävet måste utnyttjas. Detta belyser halmens kväveomsättning, som i praktiken visar sig som kvävedepression. Vad som inte behövdes för halmomsättningen kunde utnyttjas av grödan. Den mängd kväve som kunde utnyttjas av grödan stämde väl med vad som blev över sedan omsättningen fått sitt. Enligt beräkningarna i bilagan överfördes 12-23 % av halmkolet till stabila humussubstanser.

Uppgifter om humusutbytet varierar mycket från undersökning till undersökning. Kirchmann et al (1991) redovisade resultat som ganska väl ansluter sig till beräkningarna i föreliggande undersökning. Detta gäller också om resultat som presenterades av Thomsen & Christensen (2004). De fann att 14 % av halmkolet stabiliserades. Flera undersökningar redovisar ett humusutbyte om ca 10 % (Persson 1974, Mattsson 1991, Mattsson 1992, Schjønning 1986). Dessa undersökningar kontrasterar mot resultat som presenterades av Mattsson & Larsson

(2005) samt av Mattsson & Persson (2006). De visade nästan ingen humuseffekt alls av halmen.

Vid Avdelningen för växtnäringslära genomförs långliggande fältförsök med tonvikt på organiskt material, men dessa är inte renodlade halmförsök. De omfattar också förfruktseffekter (Jansson 1975, Persson & Mattsson 1993, Carlgren & Mattsson 2001).

Referenser

- Bartholomew, W.V. 1965. Immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: Soil nitrogen (W.V. Bartholomew & F.E. Clark eds). Agronomy, Monograph No 10, 285-306.
- Carlgren, K. & Mattsson L. 2001. Swedish soil fertility experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica* 51, 49-78.
- Jansson, S.L. 1963. Balance sheet and residual effects of fertilizer nitrogen in a 6- year study with ^{15}N . *Soil Sci*, 95, 31-37.
- Jansson, S.L. 1968. On the role of immobilized fertilizer nitrogen in long-term nitrogen economy of cropped soil. *Festskrift for Hans Laurits Jensen*.
- Jansson, S.L. 1975. Bördighetsstudier för markvård. Försök i Malmöhus län 1957-74. *K.Skogs- o Lantbr.Akad tidskr. Suppl.* 10. 4-60.
- Kirchmann, H., Persson, J. & Carlgren, K. The Ultuna Long-term Soil Organic Matter Experiment, 1956-1991. Department of Soil Sciences. *Reports and Dissertations* 17, 7-55.
- Mattsson, L. 1991. Effekter av årlig halmtillförsel på jordar och grödor. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 180.
- Mattsson, L. 1992. Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland. SLU, Inst. för markvetenskap. Avd. för växtnäringslära, Rapport 186.

- Mattsson, L. 2002. Soil Organic C Development in Cereal and Ley Systems. Data from 20 Years old Swedish Field Experiments. Arch. Acker Pfl. Boden. 48, 107-115.
- Mattsson, L. & Larsson, H. 2005. Att föra bort eller bruka ner halmen påverkar mullhalt, dagmaskar och skadedjur. Undersökningar i långliggande försök i Skåne. SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Rapport 210.
- Mattsson, L. & Persson, J. 2006. Impacts of rotations and crop residue treatments on soil organic matter content in two Swedish long-term experiments. Archives of agronomy and soil science 52, 485-494.
- Persson, J. 1974. Försök med halmnedbrukning – Rapport från försöksserierna R3-0900 och R3-0004. SLU. Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära. Rapport 85.
- Persson, J. & Mattsson, L. 1993. Effect of crop rotation and previous crop on N-uptake. Norsk lantbruksforskning. Suppl. 16, 63-70.
- Persson, J. & Valdmaa K. 1971. Preliminär rapport från halmnedbrukningsförsök. Riksförsöksserierna R3-0008 och R3-0009. SLU. Rapporter från Avd. för växtnäringslära. Rapport 38.
- Schjønning, P. 1986. Nedmulning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg. II. Indflydelse af halm og stubbearbejdning på jordens indhold af kulstof, kvaestof, kalium og fosfor. Tidsskr. Planteavl 90, 141-149.
- Stevenson, F.J. 1986. Cycles of soil. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Thomsen, I. & Christensen, BT. 2004. Yields of wheat and soil carbon and nitrogen contents following long-term incorporation of barley straw and ryegrass catch crops. Soil Use Manage 20:432-438.

Bilaga 1. Kolet och kvävet i samverkan

15 g halm per behandlingsår

Utgångsläge: $15 \times 13 = 195$ g halm
 $0,4 \times 195 = 78$ g C; 780 mg N

Jordanalys: Med halm 0,154 % N
Utan halm 0,118 % N
Skillnad 0,036 % N → 1836 mg N
0,36 % C → 18,36 g C

N-balans: Behövs för halmomsättningen 1836 mg N
Fanns i halmen 780 mg N (räcker ej)
Från min-N $1836 - 780 = 1056$ mg N
Rest av min-N $8775 - 1056 = 7719$ mg N
Grödans upptag 7836 mg N
Fattades, min-N $7719 - 7836 = -117$ mg

Humusbalans: Ökning av C-halt, 0,36 % C 18,36 g C
Ursprunglig C-mängd i halmen $0,4 \times 195 = 78$ g C
Utbyte av humus-C $X \times 78 / 100 = 18,36$ 23,5%

30 g halm per behandlingsår

Utgångsläge $30 \times 13 = 390$ g halm
 $0,4 \times 390 = 156$ g C; 1560 mg N

Jordanalys Med halm 0,174 % N
Utan halm 0,118 % N
Skillnad 0,056 % N → 2856 mg N
0,56 % C → 28,56 g C

N-balans Behövs för halmomsättningen 2856 mg N
Fanns i halmen 1560 mg N (räcker ej)
Från min-N $2856 - 1560 = 1296$ mg N
Rest av min-N $8775 - 1296 = 7479$ mg N
Grödans upptag 7425 mg N
Ej upptaget min-N $7479 - 7425 = 54$ mg N

Humusbalans: Ökning av C-halt, 0,56 % C 28,56 g C
Ursprunglig C-mängd i halmen $0,4 \times 390 = 156$ g C
Utbyte av humus-C $X \times 156 / 100 = 28,56$ 18,3%

45 g halm per behandlingsår

Utgångsläge: $45 \times 13 = 585$ g halm
 $0,4 \times 585 = 234$ g C; 2340 g N

Jordanalys: Med halm 0,176 % N
Utan halm 0,118 % N
Skillnad 0,058 % N \rightarrow 2958 mg N
0,58 % C \rightarrow 29,58 g C

N-balans Behövs för halmomsättningen 2958 mg N
Fanns i halmen 2340 mg N (räcker ej)
Från min-N $2958 - 2340 = 618$ mg N
Rest av min-N $8775 - 618 = 8157$ mg N
Grödans upptag 7446 mg N
Ej upptaget min-N $8157 - 7446 = 711$ mg N

Humusbalans: Ökning av C-halt, 0,58 % C 29,58 g C
Ursprunglig C-mängd i halmen $0,4 \times 585 = 234$ g C
Utbyte av humus-C $X \times 234 / 100 = 29,58$ 12,6%

60 g halm per behandlingsår

Utgångsläge: $60 \times 13 = 780$ g halm
 $0,4 \times 780 = 312$ g C; 3120 mg N

Jordanalys: Med halm 0,207 % N
Utan halm 0,118 % N
Skillnad 0,089 % N \rightarrow 4539 mg N
0,89 % C \rightarrow 45,39 g C

N-balans Behövs för halmomsättningen 4539 mg N
Fanns i halmen 3120 mg N (räcker ej)
Från min-N $4539 - 3120 = 1419$ mg N
Rest av min-N $8775 - 1419 = 7356$ mg N
Grödans upptag 6995 mg N
Ej upptaget min-N $7356 - 6995 = 361$ mg N

Humusbalans : Ökning av C-halt, 0,89 % C 45,39 g C
Ursprunglig C-mängd i halmen $0,4 \times 780 = 312$ g C
Utbyte av humus-C $X \times 312 / 100 = 45,39$ 14,5%

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

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

- 181 1991 Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
Nitrification inhibitors - slurry.
- 182 1991 Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
- 183 1991 Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.
- 185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.
- 186 1992 Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvävebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and N additions in a long term experiment in Central Sweden.
- 187 1992 Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växttillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to AL/standard and AL/ICP.
- 188 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar till olika basmättnadsgrad.
Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.
- 189 1992 Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstveten på gårdar med och utan djurhållning.
Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal husbandry.

- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.
- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnäringslära och Fabrikspotatiskommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriks-son: Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kär- och laboratorieundersökningar med Fosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.
- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.

- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.
Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kväve mineralisering i åkermark.
Soil organic matter and N mineralization in arable land
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling.
Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.
- 203 2003 Käll Carlgren: Länsförsök med koppargödsling 1971-73.
Regional field experiments with copper fertilization 1971-73.
- 204 2003 Jan Persson & Käll Carlgren: Långsiktig verkan hos markens kopparföråd.
Long-term copper maintenance.
- 205 2003 Lennart Mattsson: Växtnäring, produktion och miljö
Plant nutrients, production and environment.
- 206 2003 Lennart Mattsson: Kvävebalans i korn och höstvet.
Nitrogen balance in barley and winter wheat.
- 207 2003 Jan Persson: Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet.
Nitrogen losses and N management. Possible improvements in agriculture. Short term and long term soil biological processes with special regard to nitrogen.
- 208 2004 Käll Carlgren & Holger Kirchmann, red. /eds./: Växtnäringsförsörjningen i ekologisk odling. Föredrag hållna 4 mars 2004 på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.
Lectures held on 4 March 2004 at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry
- 209 2004 Lennart Mattsson: Kväveintensitet i höstvet vid olika förutsättningar.
Nitrogen fertilization in winter wheat.
- 210 2005 Lennart Mattsson & Hans Larsson: Att föra bort eller bruka ner halmen påverkar mullhalt, dagmaskar och skadedjur. Undersökningar i långliggande försök i Skåne
To remove or to incorporate straw affects organic matter, earth-worms and pests Studies in three long-term field experiments

- 211 2005 Käll Carlgren & Holger Kirchmann, red. /eds./: Nya metoder för återcirkulation av växtnäringsämnen från avfall. Föredrag hållna på Kungl. Skogs- och lantbruksakademien 3 mars 2005.
New Methods for Recirculation of Plant Nutrients from Wastes. Lectures held on 3 March 2005 at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry.
- 212 2006 Lennart Mattsson: Kväveintensitet i korn – avkastning och kväveupptag
Nitrogen intensity in barley – yields and N off-take
- 213 2006 Jan Persson, Lennart Mattsson & Käll Carlgren: Halmnedbrukning – effekt på skörd och mark.
Straw incorporation – effects on yield and soils

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

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

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd. för växtnäringslära

750 07 UPPSALA
Tel 018-671249
