

Nedmuldning af halm og efterafgrøde ved forskellig jordbearbejdning og kvælstofgødskning i fastliggende forsøg med vårbyg

Incorporation of straw and catch crop at different soil tillage and nitrogen fertilization in long term trials with spring barley

KARL J. RASMUSSEN og ANNETTE ANDERSEN

Resumé

Forsøg med pløjning og fræsning i kombination med nedmuldning af organisk stof blev gennemført på fem jordtyper i årene 1980-1986. Jordtyperne varierede fra en grov lerblandet sandjord til en marsklerjord. Afgrøden var vårbyg. Der var tre forskellige kvælstofniveauer hvert sted, men de eksakte kvælstofmængder afhang af jordtypen. Det organiske stof, som blev nedmuldet, var enten halm eller efterafgrøde (gul sennep) eller begge dele.

Der var tendens til, at pløjning gav større udbytte end fræsning. Nedmuldning af halm og/eller efterafgrøde havde ingen signifikant indflydelse på kerneudbyttet, og der var ingen signifikante vekselvirkninger med jordbearbejdningen eller kvælstofniveauet. De fleste steder steg udbyttet signifikant ved stigende N-tildeling.

Kvikbestanden var nogle steder større, hvor

der blev fræset, end hvor der blev pløjet – især hvor der dyrkedes efterafgrøde. Bestanden af tokimbladet ukrudt var størst, hvor der blev fræset samt ved laveste N-niveau, mens tilførslen af organisk stof ingen effekt havde.

Lejesæd øgedes med stigende N-tildeling, mens nedmuldning af halm og efterafgrøde var uden betydning. Fræsning gav lidt mere lejesæd end pløjning.

Fræsning medførte et forøget indhold af fosfor, kalium, kulstof og kvælstof i det øverste 10 cm jordlag, mens Rt var omtrent upåvirket af jordbearbejdningen. Halmnedmuldning øgede i gennemsnit jordens Kt med 3,5 enheder – mest på lerjord. Nedmuldning af halm, og i mindre grad efterafgrøde, resulterede, især på lerjordene, i en forøgelse af såvel kulstof- som kvælstofindholdet i jorden.

Nøgleord: Pløjning, fræsning, nedmuldning af halm, efterafgrøde, kvælstofgødskning, udbytter, kvik, ukrudt, lejesæd, jordkemi, byg, gul sennep, fastliggende forsøg.

Summary

Experiments with ploughing and rotovating in combination with incorporation of organic mat-

ter were conducted at five Danish soil types in the years 1980-86. Soil types were ranging from

coarse loam to a marsh clay soil. The crop was spring barley, and three different nitrogen fertilizer levels were also included in the trial. The exact amounts of nitrogen varied with the soil type. The incorporated organic matter was either straw or catch crop (*Sinapis alba*) or both.

Ploughing tended to give higher yields than rotovating. The average difference was 3.0 hkg grain per ha. Incorporation of straw or catch crop had no effect on grain yield. This was true whether the soil was cultivated by ploughing or rotovating, and irrespective of nitrogen level.

Weeds were most numerous in rotovated plots,

Key words: Barley, ploughing, rotovating, incorporation of organic matter, straw, catch crop, *Sinapis alba*, nitrogen fertilizer, grain yield, weeds, soil chemistry, carbon, nitrogen, potassium, soil acidity, C/N-ratio, long term trial.

Indledning

Ved dyrkning af vårbyg ligger jorden ubevokset størstedelen af året. Traditionel jordbearbejdning med stubbearbejdning, pløjning og såbedstilberedning betyder, at der sker en hurtig mineralisering og omsætning af organisk materiale i jorden. For at imødegå en nedgang i jordens humusindhold og dermed en forringelse af jordstrukturen kan der tilføres jorden organisk materiale i form af halm og efterafgrøde. *Skriver* (18) fandt en nedgang i humusindholdet på ca. 10 pct., hvor halm blev fjernet gennem en ti års forsøgsperiode, samt at årlig nedmuldning af halm kunne halvere denne nedgang. Det er derfor nærliggende at udså en efterafgrøde sammen med det nedmuldede halm for at tilføre jorden yderligere organisk materiale. I flerårige forsøg med reduceret jordbearbejdning i forbindelse med efterafgrøder af såvel gul sennep som italiensk rajgræs er der fundet øget indhold af organisk C i de øverste jordlag (10, 11).

I Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 655 af 9. oktober 1987 er der fastsat regler for grønne marker, som er en af de foranstaltninger, der ifølge vandmiljøplanen skal bidrage til en halvering af kvælstofudledningen fra landbruget.

Grønne marker omfatter i denne forbindelse bl.a. vintersæd, græsmarks-, frø- og grovfoderafgrøder samt efterafgrøder og halmnedmuldning. Til erstatning for 1 ha efterafgrøde kan der foretages nedmuldning af halm på mindst 1,6 ha på indtil 15 pct. af den enkelte jordbrugsbedrifts areal.

especially at low nitrogen levels.

Incorporation of straw or catch crop increased soil content of carbon and nitrogen. Soil C/N-ratio was slightly increased by straw and slightly decreased by catch crop. When both straw and catch crop was incorporated, the C/N-ratio was unchanged. Straw incorporation also increased the soil potassium content, especially on clay soil. The average increase was about 105 kg per ha. Rotovating increased nutrient content in the upper ten cm of soil, while soil acidity was unaffected.

Forbud mod halmafbrænding fra 1990 betyder, at større mængder halm i fremtiden skal nedmuldes.

Med det formål at undersøge halmens og efterafgrødens indflydelse på udbyttet og de kemiske forhold i jorden blev der anlagt fastliggende forsøg med såvel traditionel som reduceret jordbearbejdning.

I nærværende forsøgsserie fandt *Djurhuus* (5), at udbytteforskelle som følge af jordbearbejdning og halmnedmuldning under danske klimaforhold kun i ringe grad kan forklares ud fra planternes vandforbrug. I samme forsøgsserie fandt *Schjønning* (14) på sandjorden en halmforårsaget reduktion i udvaskning af N på 9 kg pr. ha pr. år. For lerbunden var effekten i gennemsnit 6–12 kg N pr. ha pr. år. *Schjønning* (13) fandt endvidere, at nedmuldning af halm gav en lille forøgelse af jordens porøsitet i pløjelaget.

Metodik

I årene 1980–1986 gennemførtes fastliggende forsøg med vårbyg ved Askov (JB3), Borris (JB4), Roskilde (JB6), Rønhave (JB7) og Højer (JB7) forsøgsstationer efter følgende plan:

Jordbearbejdning:

- A. Pløjning 20–25 cm's dybde
- B. Fræsning 5–10 cm's dybde

Nedmuldning af organisk stof:

- 1. Intet (stubharvning)
- 2. Halm

3. Efterafgrøde (gul sennep)
4. Halm og efterafgrøde (gul sennep)

Kvælstofniveau:

- x. Normal N – 30 kg
- y. Normal N
- z. Normal N + 30 kg

Ved Rønhave var forsøget anlagt som krydset split split plot og de øvrige steder som split split plot med jordbearbejdning som helplotfaktor og nedmuldning af organisk stof som delplotfaktor. Kvælstofparcellerne var systematisk placeret inden for delplot. Forsøget var alle steder anlagt med to gentagelser.

Efter høst blev al halm fjernet, og i forsøgsled 2 og 4 tildeltes samme mængde halm, som der blev fjernet, dvs. 3–5 tons halm pr. ha. Mængden varierede fra sted til sted og fra år til år.

Efterafgrøden var gul sennep, som blev bred-sået snarest muligt efter høst. Udsædsmængden var 20–30 kg pr. ha. Der blev ikke givet kvælstof til efterafgrøden. Forsøgsled 1 og 2 blev stubharvet eller fræset en til flere gange i løbet af efteråret afhængig af behov og vejrforhold. Forsøgsled 3 og 4 blev fræset én til to gange i ca. 3–5 cm's dybde umiddelbart efter såning af efterafgrøden.

Den afsluttende bearbejdning, som var pløjning til 20–25 cm (A) eller fræsning til 5–10 cm, (B), blev foretaget i nov./dec. Enkelte år med megen nedbør eller tidlig frost blev den afsluttende bearbejdning udsat til foråret.

Kvælstofmængderne, der tildeltes om foråret, var følgende:

Askov	: 60, 90 og 120 kg N pr. ha
Borris	: 85, 115 og 145 kg N pr. ha
Roskilde	: 60, 90 og 120 kg N pr. ha
Rønhave	: 90, 120 og 150 kg N pr. ha
Højer	: 30, 60 og 90 kg N pr. ha

P- og K-gødning blev tildelt efter behov på grundlag af jordanalyser de enkelte steder.

De anvendte bygsorter ses i nedenstående oversigt:

	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer
1980	Zita	Nery	Zita	Zita	Mona
1981	Welam	Nery	Zita	Zita	Mona
1982	Welam	Ida	Zita	Zita	Ida
1983	Welam	Ida	Nery	Zita	Ida
1984	Welam	Nery	Zita	Zita	Ida
1985	Triumph	Jarl	Zita	Gorm	Ida
1986	Triumph	Jarl	Zita	Gorm	Ida

I forsøget blev der målt kerneudbytte og udbytte af efterafgrøden. Der blev desuden givet karakterer for kvik, tokimbladet ukrudt og lejesæd, og ved forsøgets afslutning blev der udtaget jordprøver i to dybder til kemiske analyser.

Ved Højer var der en del kvik på arealet ved forsøgets start. Dette blev i efteråret 1979 og 1980 bekæmpet med TCA uden væsentlig virkning. Derfor blev der i efteråret 1981 sprøjtet med Roundup, som havde en god virkning. Der blev ikke senere foretaget kemisk kvikbekæmpelse, selv om der udvikledes en svag kvikbestand. Ingen af de øvrige steder var der kvik på arealet ved forsøgets start, og kun ved Borris udvikledes en bestand af kvik, som dog ikke var så kraftig, at kemisk bekæmpelse skønnedes nødvendig.

Tokimbladet ukrudt blev bekæmpet som i god praksis med midler, der var tilpasset den aktuelle flora.

Resultater og diskussion

Udbytter af korn

Pløjning *contra* fræsning

Tabel 1 viser de gennemsnitlige udbytter for henholdsvis pløjning og fræsning. Alle steder gav

Table 1. Udbyttet af byg (hkg/ha) ved to forskellige jordbearbejdningsmetoder om efteråret. Gns. af syv år hvert sted.

Yield of barley (hkg/ha) after ploughing and rotovating in autumn. Average of seven years on each location.

Led <i>Treatment</i>	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. <i>Average</i>
A. Pløjning <i>Ploughing</i>	38,9	49,3	41,9	54,3	46,1	46,1
B. Fræsning <i>Rotovating</i>	33,0	47,1	41,1	51,2	42,9	43,1
LSD ₉₅	3,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

hkg kerne pr. ha
hkg grain per hectare

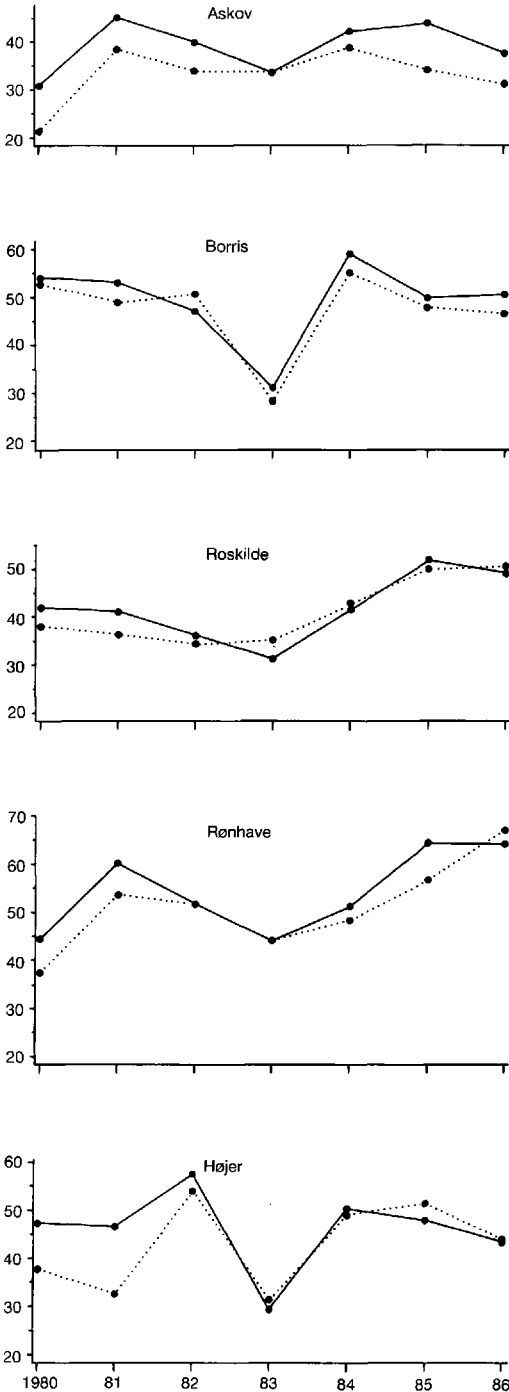


Fig. 1. Årsvariationer i udbytte ved pløjning og fræsning.
Year to year variations in yields at ploughing and rotovating.

— A. Pløjning - Ploughing
····· B. Fræsning - Rotovating

pløjning et lidt større udbytte end fræsning; men kun ved Askov var der signifikant forskel. Her gav pløjning et merudbytte på 5,9 hkg i forhold til fræsning. I gennemsnit af alle stederne var der et merudbytte for pløjning på 3,0 hkg kerne pr. ha.

Årsvariationerne fremgår af fig. 1. Ved Askov lå udbyttet ved fræsning hvert år – bortset fra 1983 – under udbyttet ved pløjning. Ved Borris gav pløjning i seks ud af syv år større udbytte end fræsning. Ved Roskilde, Rønhave og Højer gav pløjning i fire-fem ud af syv år størst udbytte.

I 1983 høstedes flere steder lave udbytter såvel efter pløjning som efter fræsning. Dette år var april og maj meget regnrige og kølige med sen såning og stor risiko for kvælstofudvaskning til følge (1), mens juni-juli var meget nedbørsfattige og varme.

Ved Roskilde og Højer var der tendens til, at pløjningen klarede sig bedst de første tre år, mens pløjning og fræsning derefter lå på nogenlunde samme niveau.

I to tidligere forsøgsserier med sammenligning af pløjning og fræsning til byg på fem jordtyper i hver serie fandtes udbyttetab i byg for fræsning i forhold til pløjning på henholdsvis 0,8 hkg pr. ha og 2,0 hkg pr. ha (8,11). I landboorganisationernes forsøg var merudbyttet for efterårspløjning i forhold til pløjefri dyrkning af byg på mellem 1,5 og 2,0 hkg pr. ha (18). Disse forsøgsserier viste, at udbytterelationerne til årlig pløjning kunne være såvel stedsbestemte som årsbestemte, men i almindelighed var forskellene så små, at merudbytterne for pløjning helt modsvarede den reelle pløjeudgift. Fordele og ulemper ved pløjning bør vurderes efter de aktuelle forudsætninger og formålet. Pløjning kan ofte med fordel udelades med års mellemrum (18).

Kvælstofvirkning

Ved Askov, Borris og Højer var der en signifikant effekt af stigende kvælstoftildeling. For alle tre steder gjaldt det, at udbyttet var lavest ved mindste kvælstofniveau (tabel 2). Kun ved Højer var der signifikant forskel mellem alle tre N-mængder. Dette hænger sammen med, at der ved Højer blev tildelt væsentligt mindre kvælstof ved alle tre niveauer end de øvrige steder.

Når der ved Roskilde og Rønhave ikke var signifikante forskelle imellem de tre N-niveauer, kan det skyldes, at lejesæd var mest udpræget ved den største kvælstofmængde.

Tabel 2. Kerneudbytte (hkg/ha) ved forskellige kvælstofniveauer. Gns. af syv år hvert sted.
Grain-yield (hkg/ha) at different nitrogen levels. Average of seven years on each location.

Led <i>Treatment</i>	N-niveau <i>N-level</i>	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer
x	Normal-30	31,7	44,2	40,8	50,6	37,6
y	Normal	37,1	48,9	42,1	53,3	44,8
z	Normal+30	38,9	51,5	41,6	54,4	50,9
LSD ₉₅		2,0	4,1	n.s.	n.s.	3,1

Nedmuldning af organisk stof

Fig. 2 illustrerer den tidsmæssige udvikling i merudbytter ved nedmuldning af organisk stof.

Især på lerjordene var der udsving fra år til år, men forskelligt fra sted til sted. Ved Højer var der en generel kraftig stigning i merudbytter igennem forsøgsperioden, både for nedmuldning af halm og efterafgrøde. Ved Roskilde sås der efter et stort negativt udslag i 1982 en lignende stigende tendens ved nedmuldning af efterafgrøde. Kun ved Askov sås generelt svagt aftagende merudbytter igennem årene.

Der blev ingen af stederne målt signifikante vekselvirkninger imellem jordbearbejdning og nedmuldning af organisk stof. Dvs. at virkningen af organisk stof ikke afhang af, om der blev pløjet eller fræset. Der er derfor beregnet gennemsnit af pløjning og fræsning samt alle kvælstofniveauer og år som vist i tabel 3. Der blev ingen af stederne målt signifikante udbytteforskelle imellem de fire forsøgsled. I gennemsnit af alle stederne gav ned-

muldning af halm (led 2) et udbyttetab på 0,5 hkg kerne pr. ha, efterafgrøden (led 3) gav et merudbytte på 0,3 hkg, mens halm + efterafgrøde (led 4) gav et udbyttetab på 0,3 hkg kerne pr. ha i forhold til forsøgsled 1, som kun blev stubharvet.

Schjønnig (15) fandt, at nedmuldning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg medførte et lille udbyttetab på lerholdige jorde og omtrent uændret udbytte på sandjorde.

Skriver (18) fandt, at ti års snitning og nedmuldning af normale halmmængder var uden sikker indflydelse på udbyttet af byg.

Første til fjerde års virkningen af dyrkning af gul sennep som efterafgrøde blev undersøgt i 111 forsøg i landboorganisationerne (17). Første år var der et merudbytte for efterafgrøden på 1 hkg pr. ha. Tredje og fjerde år var der udbyttetab på henholdsvis 1,0 og 0,7 hkg pr. ha. I gennemsnit af årene fandtes ingen effekt af nedmuldning af gul sennep som efterafgrøde.

Tabel 3. Kerneudbytte af byg (hkg/ha) med eller uden nedmuldning af organisk stof. Gns. af syv år hvert sted.
Grain-yield of barley (hkg/ha) with or without incorporation of organic matter. Average of seven years on each location.

Led <i>Treatment</i>	Organisk stof <i>Organic matter</i>	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. <i>Average</i>
1	Intet <i>Nothing</i>	36,3	47,8	42,1	53,2	44,0	44,7
2	Halm <i>Straw</i>	35,3	47,5	41,9	52,0	44,3	44,2
3	Efterafgrøde <i>Catch crop</i>	36,3	48,9	41,0	53,3	45,6	45,0
4	Halm + efterafgr. <i>Straw + catch crop</i>	35,8	48,7	41,1	52,5	43,9	44,4
LSD ₉₅		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

hkg kerne pr. ha
hkg grain per hectare

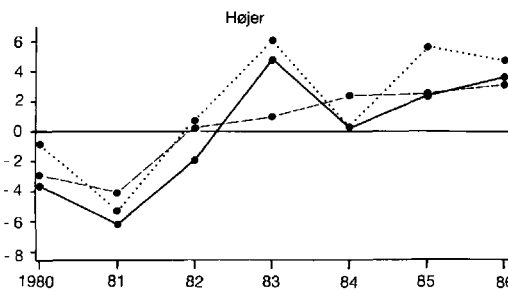
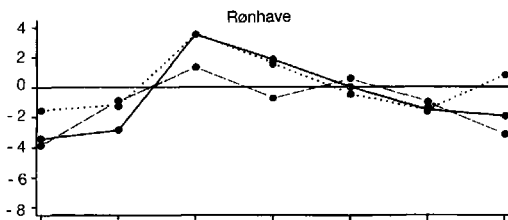
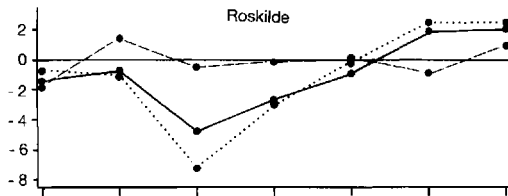
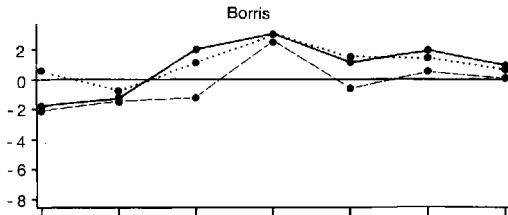
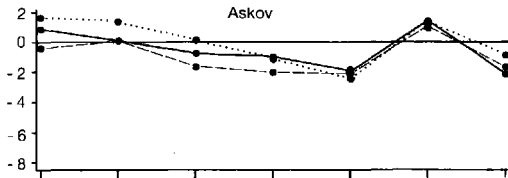


Fig. 2. Merudbytte for nedmuldning af organisk stof i forhold til kun stubharvning (1).

Yield increase caused by incorporation of organic matter related to only stubble cultivation (1).

- 2. Halm - Straw
- 3. Efterafgrøde - Catch crop
- 4. Halm + efterafgrøde - Straw + Catch crop

Rasmussen og Olsen (11) fandt ved Roskilde, Rønhave og Højer ingen signifikant effekt af at nedpløje gul sennep som efterafgrøde. Nedfræsning gav et signifikant udbyttetab ved Rønhave på 3,5 hkg pr. ha, men ingen signifikante udslag ved Roskilde og Højer. Nielsen (7) fandt imidlertid et merudbytte på 2 hkg byg-kerne pr. ha for nedfræsning af gul sennep som efterafgrøde på en fin lerblandet sandjord.

Såvel nærværende som tidligere undersøgelser viser altså, at der normalt ikke opnås væsentlige udslag i udbyttet for dyrkning af gul sennep som efterafgrøde.

Der er ikke tidligere lavet undersøgelser over dyrkning af efterafgrøde i kombination med halmnedmuldning, men nærværende undersøgelse viser, at denne dyrkningsmetode udbyttmæssigt ligger på niveau med halmnedmuldning og efterafgrøde hver for sig.

Vekselvirkninger

Som nævnt i foregående afsnit var der ingen vekselvirkning imellem jordbearbejdning og nedmuldning af organisk stof.

Ved Borris var der en svag signifikant og ved Rønhave en næsten signifikant vekselvirkning imellem nedmuldning af organisk stof og tilført kvælstof. Begge steder gjaldt det, at halmnedmuldning reducerede udbyttet signifikant ved laveste kvælstofniveau. Ved Borris blev udbyttet til gengæld øget ved nedmuldning af efterafgrøde, også ved laveste kvælstoftrin. På de øvrige tre lokaliteter sås ingen vekselvirkninger af denne art.

Fig. 3 viser, at vekselvirkningen ved Borris især forekom, hvor der blev fræsset. Ved pløjning forløb udbyttekurverne stort set parallelt, således at stubharvning (led 1) lå højest ved alle tre kvælstofniveauer og halmnedmuldning (led 2) lå lavest. Ved fræsning var der ved laveste kvælstofniveau et merudbytte for nedmuldning af efterafgrøde (led 3) på 4,5 hkg i forhold til stubharvning (led 1). Ved højeste kvælstofniveau gav halmnedmuldning (led 2) et merudbytte på 2,5 hkg i forhold til stubharvning (led 1).

I overensstemmelse med ovennævnte fandt Rasmussen og Olsen (11) merudbytter for nedbringning af gul sennep ved lavt N-niveau på sandjord og lerjord.

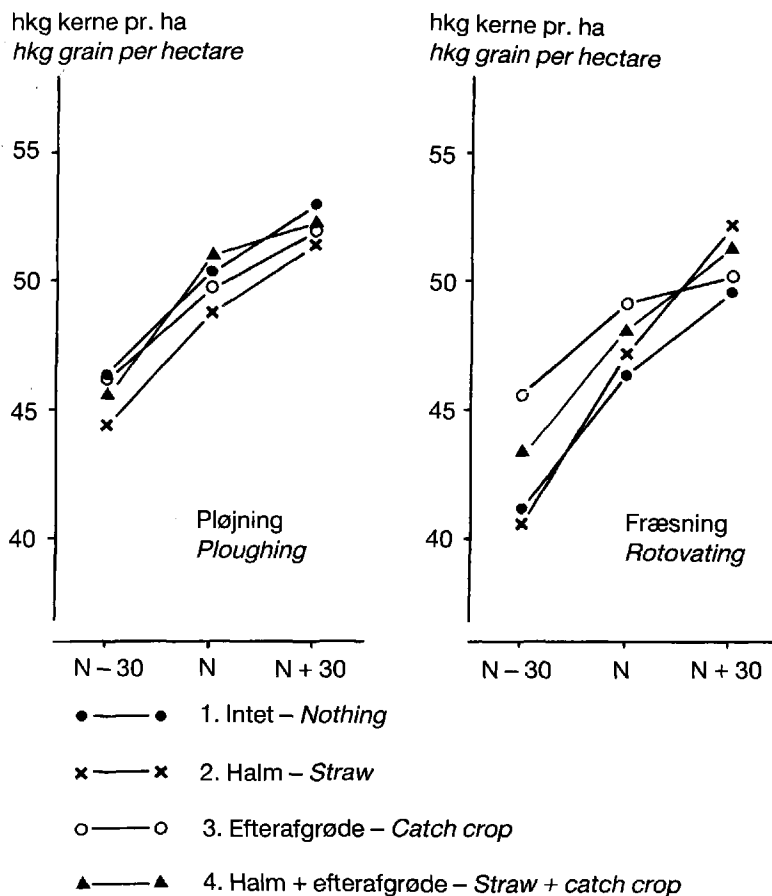


Fig. 3. Vekselvirkning imellem tilført organisk stof og kvælstof ved pløjning og fræsning ved Borris. Gns. af syv år.
Interaction between organic matter and nitrogen at ploughing and rotovating at Borris. Average of seven years.

Udbytter af efterafgrøden

For at få en tilfredsstillende vækst af gul sennep skal den sås senest 1. september. Ved Roskilde lykkedes det i alle syv år, mens efterafgrøden ved Askov i alle syv år blev sået efter 1. september.

De øvrige steder lykkedes det i halvdelen af årene, at få senneppeen sået rettidigt.

De varierende såtidter samt de klimatiske forhold i efterårsperioden betød, at der nogle år udvikledes en kraftig afgrøde af gul sennep, mens der i andre år var så svag en udvikling, at det ikke var muligt at høste afgrøden.

Der blev normalt høstet et lille skår til udbyttebestemmelse i november. Udbytteerne varierede fra 0 til ca. 16 hkg tørstof pr. ha, og plantehøjden

varierede fra ca. 3 til ca. 45 cm. I gennemsnit af de år, hvor der var noget at høste, høstedes i led 3 med pløjning 7,0 hkg tørstof pr. ha. Med fræsning var udbyttet 6,9 hkg. I led 4, hvor der også nedmuledes halm, var de gennemsnitlige udbytter af gul sennep 0,7 hkg lavere.

Rasmussen og Olsen (11) fandt i kvælstofgødet efterafgrøde af gul sennep gennemsnitlige udbytter på 8,4, 11,3 og 8,5 hkg tørstof pr. ha ved henholdsvis Roskilde, Rønhave og Højer.

Ukrudt

Kun ved Højer og Borris forekom der kvik af betydning. Karakterer for kvikbestanden, noteret ved høst på to lokaliteter, er vist i tabel 4. I gen-

Table 4. Karakter for kvik. Gns. af fem år ved Borris og seks år ved Højer. 0 = ingen, 10 = jordoverfladen dækket.
Marks for couch grass. Average of five years at Borris and six years at Højer. 0 = no, 10 = soil surface covered.

Led <i>Treatment</i>	Organisk stof <i>Organic matter</i>	Pløjning <i>Ploughing</i>		Fræsning <i>Rotovating</i>	
		Borris	Højer	Borris	Højer
1	Intet <i>Nothing</i>	0,2	0,2	1,4	0,9
2	Halm <i>Straw</i>	0,2	0,2	0,5	1,7
3	Efterafgrøde <i>Catch crop</i>	0,9	0,2	5,1	2,8
4	Halm + efterafgrøde <i>Straw + catch crop</i>	0,6	0,5	3,6	2,8
Gns. – Average		0,5	0,3	2,7	2,1

nemsnit af de tre N-mængder var der begge steder mest kvik, hvor der var efterafgrøde, samt hvor denne var kombineret med halmnedmuldning, uafhængigt af jordbearbejdningen.

Forekomsten af kvik var størst efter fræsning.

Stigende N-mængder havde ikke indflydelse på bestanden af kvik.

Nedmuldning af organisk stof havde ingen indflydelse på bestanden af tokimbladet ukrudt, hverken ved pløjning eller ved fræsning. Det ses af tabel 5, at ukrudtsbestanden aftog med stigende kvælstoftildeling. Dette er også påvist af *Anderesen* (2). Endvidere ses det, at ukrudtsbestanden var betydelig større, hvor der blev fræset, end hvor der blev pløjet.

Thorup og *Pinnerup* (19) fandt, at fræsning af lerbord resulterede i en opformering af frøukrudt, især arter som alm. fuglegræs, hvidmelet gåsefod, storkronet ærenpris og svinemælk, at stigende

mængder kvælstofgødning reducerede den samlede ukrudtsmængde, samt at efterafgrøden i nogen grad virkede begrænsende på ukrudtsmængden. Sidstnævnte er dog ikke konstateret i nærværende undersøgelse.

Lejesæd

Lejesæden var ikke påvirket af nedmuldning af organisk stof, men var oftest mere udpræget ved fræsning end ved pløjning (tabel 6). Andre undersøgelser har tidligere vist tendens til mere lejesæd, hvor der blev foretaget fræsning i forbindelse med nedmuldning af gul sennep som efterafgrøde (9,11).

Ændringer i strukturforhold og tilgængelige næringsstoffer i jorden kan være årsag til, at stråene blev svagere. Lejesæden tiltog med stigende tildeling af kvælstof. Mest lejesæd fandtes på lerbordene ved Roskilde og Rønhave.

Table 5. Karakter for tokimbladet ukrudt inden sprøjtning. Gns. af ti enkeltforsøg ved Borris, Roskilde, Rønhave og Højer. 0 = ingen, 10 = jordoverfladen dækket.
Marks for weeds before chemical control. Average of ten experiments at Borris, Roskilde, Rønhave and Højer. 0 = no, 10 = soil surface covered.

Led <i>Treatment</i>	N-niveau <i>N-level</i>	Pløjning <i>Ploughing</i>	Fræsning <i>Rotovating</i>	Gns. <i>Average</i>
x	Normal–30	2,3	3,9	3,1
y	Normal	1,8	3,2	2,5
z	Normal + 30	1,5	2,7	2,1
Gns. – Average		1,9	3,3	

Tabel 6. Jordbearbejdningens indflydelse på lejesæden de år, hvor lejesæd forekom. 0 = ingen, 10 = helt i leje.
The influence of soil tillage on the lodging. 0 = no, 10 = total lodging.

Sted Site	År med lejesæd Years with lodging	Pløjning Ploughing	Fræsning Rotovating	Gns. Average
Askov	3	2,0	3,5	2,8
Borris	7	1,5	1,5	1,5
Roskilde	7	3,7	4,5	4,1
Rønhave	7	2,1	3,4	2,8
Højer	7	1,2	1,4	1,3
Gns. - Average		2,1	2,8	

Jordkemi

Pløjning contra fræsning

Der var ingen generelle forskelle i reaktionstal (Rt) som følge af jordbearbejdningen. Ved Roskilde var der dog i 0-10 cm's dybde signifikant lavere Rt efter fræsning end efter pløjning (tabel 7).

Jordens fosforsyretilstand (Ft) var alle steder efter fræsning lidt højere i de øverste ti cm (tabel 7) og lidt lavere i de underliggende ti cm (tabel 8) end efter pløjning. Ingen af stederne var forskellen dog signifikant. I gennemsnit af alle steder var Ft i 0-10 cm's dybde 0,7 enhed højere efter fræsning end efter pløjning, mens Ft i 10-20 cm's dybde var 0,5 enhed højere efter pløjning end efter fræsning.

I 0-10 cm's dybde gav fræsning alle steder et større kaliumtal (Kt) end pløjning, men kun ved Roskilde var forskellen signifikant (tabel 7). I 10-20 cm's dybde var der ingen klar tendens, men ved Borris var der i denne dybde også signifikant større kaliumtal efter fræsning.

Rasmussen og Olsen (11) har tidligere fundet, at Rt og Ft ikke var væsentligt påvirkede af, om jorden blev pløjet eller fræset. Derimod var Kt i 0-10 cm's dybde lidt højere efter fræsning end efter pløjning.

Det samme forhold gjaldt i nærværende undersøgelse for kulstof i jorden, hvor der ligeledes var større værdier i 0-10 cm's dybde efter fræsning alle steder. Forskellen var kun signifikant ved Askov (tabel 7).

Også kvælstofindholdet i 0-10 cm's dybde var størst efter fræsning (tabel 7), dog kun signifikant ved Højer, mens værdierne i 10-20 cm's dybde ikke viste nogen generel tendens (tabel 8).

Nedmuldning af organisk stof

Der var ingen generelle virkninger af organisk stof på jordens fosforindhold og reaktionstal. Schjøning (16) fandt ligeledes, at halmnedmuldning hverken påvirkede jordens reaktionstal eller fosforindhold.

Den største effekt sås på jordens kaliumindhold, hvor halmnedmuldning medførte signifikant stigning i begge dybder alle steder. I gennemsnit øgedes kaliumtallet med 3,5 enheder (tabel 9) svarende til ca. 105 kg kalium pr. ha. Mest på lerjordene. Schjøning (16) fandt en forøgelse i jordens kaliumindhold på 2,0 Kt-enheder efter 10 års halmnedmuldning.

I gennemsnit tilførtes 3,3 t halmtørstof om året. Halmen i nærværende forsøg blev ikke analyseret for indhold af næringsstoffer. Antages et indhold på 1,3 pct. kalium i tørstof (3), tilførtes der i gennemsnit årligt med halmen 43 kg kalium eller ca. 300 kg på syv år. Derfor er stigningen i jordens Kt ikke overraskende. Tværtimod kunne en større stigning have været forventet, men som følge af, at mere end 90 pct. af halmens kaliumindhold frigives i løbet af den første måned (4), vil en stor del heraf antagelig udvaskes med efterårets overskudsnedbør, især på sandjord.

Nedmuldning af efterafgrøde havde i denne sammenhæng kun ringe eller ingen betydning.

Jordens totale indhold af kvælstof i 0-10 cm's dybde viste signifikante forskelle imellem forsøgsleddene på lerjordene ved Roskilde, Rønhave og Højer. Nedmuldning af halm og efterafgrøde øgede kvælstofindholdet signifikant på disse tre jorde (tabel 10). Schjøning (16) fandt til-

Tabel 7. Jordens surhedsgrad og indhold af fosfor, kalium, kulstof og kvælstof i 0-10 cm's dybde efter syv år med forskellig jordbearbejdning.

Soil acidity ($Rt = pH(CaCl_2) + 0.5$) and *soil content of phosphorous* ($Ft \sim 3 \text{ mg P per } 100 \text{ g soil}$), potassium ($Kt \sim 1 \text{ mg K per } 100 \text{ g soil}$), carbon (weight %) and nitrogen (weight %) in 0-10 cm depth after seven years with different soil tillage. A = Ploughing, B = Rotovating.

	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. Average
Rt						
A. Pløjning	6,6	6,6	6,8	6,7	7,4	6,8
B. Fræsning	6,8	6,8	6,6	6,8	7,5	6,9
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	0,1	n.s.	n.s.	
Ft						
A. Pløjning	7,2	9,9	6,2	7,7	13,6	8,9
B. Fræsning	8,8	10,3	6,5	8,0	14,5	9,6
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Kt						
A. Pløjning	9,0	12,8	12,9	13,8	17,1	13,1
B. Fræsning	14,2	15,4	20,3	20,0	22,5	18,5
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	3,1	n.s.	n.s.	
Pct. C						
A. Pløjning	1,49	1,57	1,49	1,38	1,65	1,51
B. Fræsning	1,88	1,66	1,68	1,55	1,88	1,73
LSD ₉₅	0,12	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Pct. N						
A. Pløjning	0,127	0,124	0,144	0,147	0,164	0,141
B. Fræsning	0,155	0,135	0,157	0,159	0,189	0,159
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,024	

svarende, at jordens indhold af kvælstof var lidt højere efter halmnedmuldning.

Jordens kulstofindhold i 0-10 cm's dybde ændredes også ved nedmuldning af organisk stof (tabel 11). Forskellene var imidlertid kun signifikante på lerjordene ved Højer og Rønhave i 0-10 cm's dybde og ved Roskilde i 10-20 cm's dybde. Tendenserne var en forøgelse af humusindholdet efter halmnedmuldning og nogle steder en ganske svag forøgelse efter nedmuldning af efterafgrøde.

Som gennemsnit af alle steder blev indholdet af organisk kulstof fundet at være 0,08 pct.-enheder

højere efter syv års halmnedmuldning. *Schjøning* (16) fandt tilsvarende en forøgelse på 0,09 pct.-enheder efter ti års halmnedmuldning.

Da der kun var to blokke hvert sted, og der ikke blev bestemt organisk kulstof i jorden før anlæg af forsøget, er der stor usikkerhed på målte forskelle imellem forsøgsleddene. Der kan imidlertid med rimelighed gøres visse betragtninger over gennemsnittet af de fem lokaliteter.

Omsætningen af halm kan beskrives ved et første ordens eksponentielt udtryk af formlen (12, 16):

Table 8. Jordens surhedsgrad og indhold af fosfor, kalium, kulstof og kvælstof i 10-20 cm's dybde efter syv år med forskellig jordbearbejdning.

Soil acidity (Rt = pH(CaCl₂) + 0.5) and soil content of phosphorous (Ft ~ 3 mg P per 100 g soil), potassium (Kt ~ 1 mg K per 100 g soil), carbon (weight %) and nitrogen (weight %) in 10-20 cm depth after seven years with different soil tillage. A = Ploughing, B = Rotovating.

	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. Average
Rt						
A. Pløjning	6,5	6,8	6,8	6,8	7,4	6,8
B. Fræsning	6,5	6,8	6,8	6,9	7,5	6,9
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Ft						
A. Pløjning	7,7	9,1	6,3	7,4	12,8	8,7
B. Fræsning	6,4	9,0	6,3	6,9	12,7	8,2
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Kt						
A. Pløjning	9,8	8,8	11,1	15,8	15,9	12,3
B. Fræsning	8,3	9,5	11,6	13,3	16,8	11,9
LSD ₉₅	n.s.	0,3	n.s.	n.s.	n.s.	
Pct. C						
A. Pløjning	1,43	1,54	1,50	1,38	1,66	1,50
B. Fræsning	1,62	1,53	1,49	1,38	1,68	1,54
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Pct. N						
A. Pløjning	0,127	0,124	0,144	0,145	0,165	0,141
B. Fræsning	0,133	0,126	0,144	0,144	0,170	0,143
LSD ₉₅	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

Table 9. Forøgelse i jordens kaliumtal (Kt) efter syv års halmnedmuldning [(led (2 + 4) - led (1 + 3)) / 2].
Increase in soil potassium (Kt) after seven years incorporation of straw.

Dybde, cm Depth	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. Average
0-10	1,6	1,3	4,3	4,6	6,3	3,6
10-20	1,1	2,1	6,3	2,9	5,1	3,5

Tabel 10. Jordens totale indhold af kvælstof (pct. N) i 0-10 cm's dybde efter syv år med eller uden nedmuldning af organisk stof.

Soil content of nitrogen (% N) in 0-10 cm depth after seven years with or without incorporation of organic matter.

Led <i>Treatment</i>	Organisk stof <i>Organic matter</i>	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. <i>Average</i>
1	Intet <i>Nothing</i>	0,139	0,127	0,144	0,144	0,169	0,144
2	Halm <i>Straw</i>	0,144	0,130	0,153	0,154	0,180	0,152
3	Efterafgrøde <i>Catch crop</i>	0,136	0,130	0,147	0,153	0,176	0,148
4	Halm + efterafgr. <i>Straw + catch crop</i>	0,145	0,132	0,156	0,161	0,182	0,155
LSD ₉₅		n.s.	n.s.	0,004	0,006	0,005	

$$W_n = W_0 \cdot \sum_{i=0}^{n-1} e^{-ki}$$

hvor n er antal år, hvori der tilføres halm, W_0 er mængden af halm efter det første års nedbrydning, W_n er forøgelsen af organisk stof i jorden stammende fra halm efter n år, og k er en hastighedskonstant for nedbrydningen.

Da kulstofprocenten er øget med i gennemsnit 0,08 pct.-enheder svarer det til 0,139 pct. organisk stof med et kulstofindhold på 58,7 pct. Med en gennemsnitlig volumenvægt af jord på 1,5 g pr. cm^3 (1, 6, 16) bliver W_n da 4170 kg organisk stof pr. ha i pløjelaget, svarende til 0-20 cm's dybde.

Den årligt tilførte halmmængde var i gennemsnit for alle steder og år ca. 3,9 t pr. ha. Det svarer til 3315 kg tørstof, hvoraf der efter et års forløb rester ca. 25 pct. (4), og W_0 bliver derfor 829 kg tørstof pr. ha.

Ud fra de fundne værdier for W_n og W_0 kan k nu beregnes til 0,184. Schjøning (16) fandt i et lignende forsøg med halmedmuldning på fire lokaliteter en gennemsnitlig k-værdi på 0,154, hvilket altså er i rimelig overensstemmelse med den her fundne værdi.

Halveringstiden, $T_{1/2}$, for omsætning af halm i jorden fra et år efter nedmuldning, beregnet som $\ln(2/k)$, er i nærværende forsøg 3,8 år.

Tabel 11. Jordens indhold af kulstof (pct. C) i 0-10 cm's dybde efter syv år med eller uden nedmuldning af organisk stof.

Soil content of carbon (% C) in 0-10 cm depth after seven years with or without incorporation of organic matter.

Led <i>Treatment</i>	Organisk stof <i>Organic matter</i>	Askov	Borris	Roskilde	Rønhave	Højer	Gns. <i>Average</i>
1	Intet <i>Nothing</i>	1,64	1,62	1,54	1,37	1,67	1,57
2	Halm <i>Straw</i>	1,73	1,60	1,63	1,50	1,82	1,65
3	Efterafgrøde <i>Catch crop</i>	1,59	1,64	1,56	1,42	1,70	1,58
4	Halm + efterafgr. <i>Straw + catch crop</i>	1,77	1,61	1,60	1,56	1,86	1,68
LSD ₉₅		n.s.	n.s.	n.s.	0,09	0,10	

Tablet 12. C/N-forholdet i jorden efter syv år med eller uden nedmuldning af organisk stof. Gns. af alle steder.
C/N-ratio in soil with or without incorporation of organic matter. Average of all locations.

Led <i>Treatment</i>	Organisk stof <i>Organic matter</i>	Dybde - <i>Depth</i>		Gns. <i>Average</i>
		0-10 cm	10-20 cm	
1	Intet <i>Nothing</i>	10,83	10,67	10,75
2	Halm <i>Straw</i>	10,91	10,92	10,91
3	Efterafgrøde <i>Catch crop</i>	10,71	10,57	10,64
4	Halm + efterafgr. <i>Straw + catch crop</i>	10,87	10,71	10,79

Der vil i teorien opnå ligevægt efter 29 år, hvor den årligt tilførte halmmængde opvejer den mineraliserede mængde. På dette tidspunkt vil der være akkumuleret 4,9 t organisk stof pr. ha stammende fra den tilførte halm. Denne mængde svarer imidlertid kun til 1,48 gange den gennemsnitlige årlige tildeling, og betyder i forhold til jord, hvor halmen fjernes, en forøgelse i jordens indhold af organisk stof på 6,2 pct. *Schjønning* (16) fandt tilsvarende, at der ville opnå en ligevægt efter 34 år, hvor der ville være ophobet en mængde på 5,9 t pr. ha svarende til en forøgelse i jordens pulje af organisk stof på 7,6 pct.

Af tabel 12 ses, at selv om både kulstof- og kvælstofindholdet i jorden steg ved halmnedmuldning, blev også jordens C/N-forhold ændret. I tabellen er vist de geometriske gennemsnit af værdier beregnet for hver enkelt parcel.

Halmnedmuldning medførte en svag stigning i C/N-forholdet, mens efterafgrøden medførte et svagt fald. Blev både halm og efterafgrøde nedmuldet, var C/N-forholdet faktisk uændret i forhold til jord, som kun blev stubbehandlet.

Schjønning (16) fandt ligeledes en svag stigning i C/N-forholdet efter halmnedmuldning.

Konklusion

Kerneudbyttet af byg i monokultur afhænger ikke af, om halmen fjernes eller nedmuldes, ej heller af, om der dyrkes og nedmuldes gul sennep som efterafgrøde. Dette gælder, uanset om jordbearbejdning udføres traditionelt eller reduceret.

Tilførsel af organisk stof påvirker imidlertid jordens kemi.

Halmnedmuldning medfører en betragtelig stigning i jordens kaliumindhold. Over syv år kan

kaliumtallet forøges med 1-6 enheder afhængig af jordtypen.

Jordens indhold af kvælstof og kulstof forøges ligeledes efter halmnedmuldning, mest på lerjorde. Ved nedmuldning af halm hvert år vil der opnå en ny ligevægt efter ca. 30 år, hvor jordens humusindhold vil være forøget med ca. 0,2 pct.-enhed.

Dyrkning og nedmuldning af efterafgrøde kan have lignende effekt som halmnedmuldning, men i meget ringere grad.

Jordens reaktionstal og fosforindhold ændres derimod ikke betydeligt.

Fræsning medfører generelt et forøget indhold af fosfor, kalium, kulstof og kvælstof i det øverste 0-10 cm jordlag i forhold til pløjet jord.

Erkendtlighed

Forsøgene er gennemført under ledelse af afdøde agronom *Carl Nielsen*, Højer.

Litteratur

1. *Andersen, A.* 1986. Rodvækst i forskellige jordtyper. Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. S 1827.
2. *Andersen, A.* 1987. Ukrudtsfloraen i forsøg med direkte såning og pløjning ved forskellige kvælstofniveauer. Tidsskr. Planteavl 91, 243-254.
3. *Christensen, B. T.* 1984. Nedbrydning af halm. II. Vægttab af byghalm placeret på jordoverfladen og ændringer i halmens indhold af plantenæringsstoffer. Tidsskr. Planteavl 88, 37-48.
4. *Christensen, B. T.* 1984. Nedbrydning af halm. III. Jordtype og plantedækkes indflydelse på nedmuldet havre- og hvedehalms vægttab og indhold af næringssalte. Tidsskr. Planteavl 88, 431-442.

5. *Djurhuus, J.* 1985. Vandforbrug i vårbyg i relation til jordbearbejdning og halmnedmuldning. Tidsskr. Planteavl 89, 47-59.
6. *Hansen, L.* 1976. Jordtyper ved Statens Forsøgsstationer. Tidsskr. Planteavl 80, 742-758.
7. *Nielsen, V.* 1982. Undersøgelser vedrørende reduceret jordbehandling. Statens Jordbrugstekniske Forsøg. Beretning nr. 14.
8. *Rasmussen, K. J.* 1981. Reduceret jordbearbejdning ved monokultur i byg. Tidsskr. Planteavl 85, 171-183.
9. *Rasmussen, K. J.* 1984. Jordbearbejdningsmetoder til vårbyg på sandjord. Tidsskr. Planteavl 88, 443-452.
10. *Rasmussen, K. J.* 1991. Reduceret jordbearbejdning og italiensk rajgræs som efterafgrøde. II. Jordtæthed, rodudvikling og jordkemi. Tidsskr. Planteavl 95, 139-154.
11. *Rasmussen, K. J. & Olsen, C. C.* 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrkning. I. Vækstbetingelser, jordfysiske målinger og udbytter ved ensidig byg og sædskiftebyg. Tidsskr. Planteavl 87, 193-215.
12. *Sauerbeck, D. R. & Gonzalez, M. A.* 1977. Field decomposition of carbon-14-labelled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany and Costa Rica. In: Soil organic matter studies, Vol. 1, 159-170, IAEA.
13. *Schjønning, P.* 1985. Porøsitetsforhold i landbrugsjord. II. Effekt af halmnedmuldning og jordbearbejdning. Tidsskr. Planteavl 89, 425-433.
14. *Schjønning, P.* 1986. Halmnedmuldning og kvælstofudvaskning. NJF-publikation, Seminar 81: Plantenæringsstoffer og vandmiljø, 86-95.
15. *Schjønning, P.* 1986. Nedmuldning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg. I. Jordtypens, stubbearbejdningens og kvælstofgødsningens betydning. Tidsskr. Planteavl 90, 133-140.
16. *Schjønning, 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.
17. *Skriver, K.* 1983. Fastliggende forsøg med grøngødningsafgrøde og pløjefri dyrkning. Oversigt over Landsforsøgene 1982, 51-52.
18. *Skriver, K.* 1984. Forsøg med nedbringning af halm. Oversigt over Landsforsøgene 1983, 50-52.
19. *Thorup, S. & Pinnerup, S. P.* 1983. Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrkning. 3. Indflydelse på ukrudtsbestanden. Tidsskr. Planteavl 87, 237-256.

Manuskript modtaget den 10. december 1990.