

Nedmuldning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg

II. Indflydelse af halm og stubbearbejdning på jordens indhold af kulstof, kvælstof, kalium og fosfor

Incorporation of straw in continuous growing of spring barley

II. Influence of straw and stubble tillage upon the soil content of carbon, nitrogen, potassium and phosphorus

Per Schjønning

Resumé

Efter 10 års gentagne behandlinger med fjernelse og nedmuldning af halm samt forskellig stubbehandling på 4 jordtyper blev der udtaget prøver i pløjelaget til analyse for reaktionstal samt indhold af kulstof, kvælstof, fosfor og kalium.

Resultaterne viser, at halmnedmuldning ikke påvirker jordens reaktionstal samt fosforindhold. Derimod øgedes jordens indhold af kalium. Effekten var gennemsnitligt 2,0 Kt-enheder – størst for lerjordene.

Jordens indhold af organisk C var gennemsnitligt for de 4 jordtyper 0,09%-enheder højere i jord med 10 års halmnedmuldning end i jord, hvor halmen var blevet fjernet. Ved beregninger vises det, at denne mængde af organisk stof i jorden med oprindelse i tilført halm gradvis vil øges til et ligevægtsniveau, hvor årlig tilførsel af halmtørstof balancerer med nedbrydning af halmprodukter. Ligevægtstilstanden beregnes til gennemsnitligt for de undersøgte jorde at indtræde ca. 35 år efter indledning af den årlige halmtilførsel. På dette tidspunkt er akkumuleret en organisk stofmængde hidrørende fra halm på ca. 1,7 gange den årlige tildeling, svarende til 7,6% af C-niveaue i jord uden halmtilførsel.

Resultaterne sandsynliggør, at samme årlige halmtilførsel vil medføre en større forøgelse af jordens humusindhold i lerjorde end i sandjorde.

Jordens indhold af kvælstof blev fundet lidt højere efter nedmuldning end efter fjernelse af halmen. Denne stigning opvejede dog ikke helt stigningen i C-indhold, hvorved der gennemsnitligt for de 4 jorde fandtes en lille, svagt sikker stigning i C/N-forholdet efter halmnedmuldning.

Resultaterne viser endvidere, at stubbearbejdning om efteråret i et dyrkningssystem med årlig pløjning til 20 cm reducerer jordens indhold af organisk stof i forhold til ubehandlet stub.

Nøgleord: Halmnedmuldning, stubbearbejdning, humus, kalium, fosfor.

Summary

After 10 years of repeated removal and incorporation of straw and with different stubble tillage operations in 4 Danish soil types, soil samples were taken from the plough layer and analyzed for soil pH and content of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium.

The results indicate that incorporation of straw has no influence on soil acidity and content of phosphorus.

Soil content of readily exchangeable potassium, however, increased by an amount ranging from about 10 kg/ha in a coarse sandy soil to about 80 kg/ha in a sandy loam.

The average of the 4 soils with 10 years of repeated amendment of 4-5 tons of straw per hectare was found to increase the quantity of organic carbon in soil by 0.09%-units compared to soil receiving no straw.

Calculations show, that the quantity of soil organic matter derived from straw increases to an equilibrium level, at which the yearly supply balances the succeeding breakdown of straw. It is estimated, that on average the equilibrium condition for the examined soils will appear about 35 years after straw application was initiated. At that time the amount of organic matter in the soils has increased by 1.7 times the yearly addition of straw. This quantity corresponds to about 7.6% of the organic matter level in untreated soil.

The equilibrium level is lower in the sandy soils than in the clay soils and is arrived at faster in the sandy soils.

The soil content of nitrogen was found to increase due to incorporation of straw. However, the increase was smaller than the increase in C, which is reflected in a small increase in the C/N-ratio compared to un-treated soil.

Stubble tillage appeared to reduce soil content of carbon compared to un-tilled stubble.

Key words: Straw incorporation, stubble tillage, organic matter, potassium, phosphorus.

Indledning

Ved ensidig dyrkning af vårbyg ligger jorden ubevokset i 7-8 måneder om året. Endvidere omfatter denne dyrkningspraksis oftest en forholdsvis intensiv mekanisk bearbejdning af jorden. Sammenlignet med naturlige økosystemer eller blot dyrkningsformer med græsrigge sædskifter giver denne landbrugspraksis helt andre betingelser for biologiske omsætninger i jorden.

Halmen efter kerneproduktionen er ofte et ikke anvendeligt overskudsprodukt. Nedmuldning af denne pulje af organisk stof kan formodes at påvirke stoftransporten i det forholdsvis inaktive økosystem, som ensidig korndyrkning udgør.

I nærværende beretning fremlægges resultaterne af jordkemiske analyser på 4 danske jorde med 10 års gentagen nedmuldning af halm ved ensidig vårbygdyrkning.

Halmnedmuldningens indflydelse på kerneudbytte, jordstruktur samt jordens fauna i denne forsøgsserie er beskrevet i særskilte publikationer (8, 10, 11, 13).

Forsøgsplan og jordtyper

Forsøget blev anlagt efteråret 1973 på 4 jordtyper, alle placeret i det sydlige Jylland. Tekstur, geologisk oprindelse samt jordtypebenævnelse (1) fremgår af tabel 1.

Nedmuldning af 4-5 t halm pr. ha er sammenlignet med fjernelse af halmen. Desuden blev indflydelsen af forskellig stubbearbejdning undersøgt. Detaljeret beskrivelse af forsøgsplan kan findes i beretningen om udbytteforhold (13).

Umiddelbart efter høst 1983 blev der udtaget jordprøver i 0-20 cm dybde til analyse for reaktionstal samt indhold af kulstof, kvælstof, kalium og fosfor. Prøver blev udtaget og analyseret enkeltvis for hver kombination af halmnedmuldning, stubbearbejdning og blokke (3 blokke hvert sted) i parceller med normal N-gødskning.

Resultater og diskussion

Reaktionstal, fosfor og kalium

10 års gentagen halmnedmuldning har ikke påvirket jordens reaktionstal samt fosfortilstand, tabel

Tabel 1. Lokalitet, geologisk jordart, jordtype og tekstur 0–20 cm for de 4 forsøgsarealer.
Location, geological origin, soil type (Danish classification) (I), and texture 0–20 cm for soils in investigation.

Lokalitet <i>Location</i>	Geologisk jordart <i>Geological origin</i>	Jordtype <i>Soil type</i>	Tekstur, vægtprocent <i>Texture, % by weight</i>				
			org. stof <i>org. matter</i>	ler < 2 µm <i>clay</i>	silt 2–20 µm <i>silt</i>	finsand 20–200 µm <i>fine sand</i>	grovsand 200–2000 µm <i>coarse sand</i>
Jynde vad	Smelte vandssand	Grovsandet jord	2,3	2,5	5,0	13,7	76,5
Askov	Moræneler, Würm	Grov lerbl. sandjord	3,0	8,8	11,7	38,6	37,9
Rønhave	Moræneler, Würm	Lerjord	2,3	17,4	17,6	47,9	14,8
Højer	Marsk	Lerjord	3,0	17,4	15,6	60,2	3,8

2. Dette er i overensstemmelse med en anden dansk undersøgelse på 9 fortrinnsvis sandede jorde (14).

Derimod kan de 10 års tilførsel af halmens indhold af kalium spores på jordens kaliumtal, Kt, se tabellen. Effekten er dog afhængig af jordtypen. I sandjorden ved Jynde vad er kaliumtallet således kun 0,4 enheder højere end i jorden uden halmtildeling, mens halmeffekten er stigende med øget lerindhold i jordene.

Halmens indhold af kalium er bl. a. afhængig af jordens gødningstilstand. Forudsættes en kaliumkoncentration på ca. 1,3% af halmtørstof (2, 3), vil en halmmængde på 4–5 t indeholde ca. 40 kg kalium. I det aktuelle forsøg er der altså i perioden 1973–82 tilført ca. 400 kg kalium pr. ha ekstra til forsøgsled med halmnedmuldning.

Den største effekt på jordens indhold af kalium, +3,2 Kt-enheder ved Rønhave, svarer dog kun til ca. 80 kg kalium pr. ha. Den resterende del af puljen må formodes dels at være indgået i lermineralernes gitterstruktur som immobilt kalium, dels at være blevet bortført som »luksusoptagelse« i afgrøden. Endvidere vil der især på sandjordene kunne forekomme en ikke uvæsentlig udvaskning af kalium.

Halm og organisk stof i jorden

Som gennemsnit af de 4 forsøgssteder har halmnedmuldningen forårsaget en signifikant forøgelse af jordens indhold af organisk kulstof på 0,09%-enheder i forhold til jord uden halmtildeling, tabel 3. Dette svarer til en relativ forskel på

Tabel 2. Halmnedmuldningens indflydelse på pløjelagens (0–20 cm) reaktionstal, Rt, fosfortal, Pt, fosforsyre-tal, Ft, og kaliumtal, Kt. Analyseresultater efter 10 års forsøg.

Indices of soil acidity (Rt = pH(CaCl₂) + 0.5) and soil content of phosphorus (Pt, Ft) and potassium (Kt) after 10 years of different disposal of straw. 0–20 cm depth.

Parameter <i>Index</i>	Lokalitet <i>Location</i>	Halm – Straw fjernet nedmuldet <i>removed incorporated</i> LSD		
Rt	Jynde vad	6,3	6,3	n.s.
	Askov	6,7	6,7	n.s.
	Rønhave	7,3	7,3	n.s.
	Højer	7,7	7,7	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper <i>Average of 4 soils</i>	7,0	7,0	n.s.
Pt (mg P/100 g)	Jynde vad	3,4	3,1	n.s.
	Askov	3,1	3,1	n.s.
	Rønhave	4,4	4,5	n.s.
	Højer	1,4	1,7	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper <i>Average of 4 soils</i>	3,1	3,1	n.s.
Ft (mg P/33 g)	Jynde vad	6,7	6,7	n.s.
	Askov	10,6	10,3	n.s.
	Rønhave	7,7	7,6	n.s.
	Højer	8,1	8,2	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper <i>Average of 4 soils</i>	8,3	8,2	n.s.
Kt (mg K/100 g)	Jynde vad	5,2	5,6	n.s.
	Askov	8,8	10,0	1,1
	Rønhave	11,6	14,8	3,2
	Højer	14,6	17,3	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper <i>Average of 4 soils</i>	10,0	12,0	2,1

Tabel 3. Indflydelse af halmnedmuldning og stubbearbejdning på pløjelagets (0-20 cm) indhold af kulstof og kvælstof efter 10 års gentagne behandlinger.
Soil content of carbon and nitrogen in relation to straw disposal method and stubble tillage. 10 years accumulated effect. 0-20 cm depth.

Parameter Index	Lokalitet Location	Halm - Straw		LSD	Stubbearbejdning - Stubble tillage				LSD
		fjernet removed	nedmuldet incorporated		ubehandlet no tillage	skrælle- pløjning shallow ploughing	fræsning 4-7 cm rotavating 4-7 cm	fræsning 8-12 cm rotavating 8-12 cm	
% C	Jyndeved	1,53	1,58	n.s.	1,65	1,56	1,55	1,45	0,14
	Askov	1,18	1,24	0,04	1,24	1,20	1,21	1,22	n.s.
	Rønhave	1,33	1,43	0,01	1,41	1,38	1,40	1,33	n.s.
	Højer	1,56	1,71	n.s.	1,69	1,63	1,60	1,61	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper Average of 4 soils	1,40	1,49	0,07	1,50	1,44	1,44	1,40	0,06
% N	Jyndeved	0,107	0,106	n.s.	0,106	0,101	0,120	0,099	n.s.
	Askov	0,109	0,114	n.s.	0,116	0,108	0,107	0,115	n.s.
	Rønhave	0,137	0,144	0,008	0,145	0,141	0,140	0,135	n.s.
	Højer	0,174	0,189	n.s.	0,183	0,184	0,179	0,180	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper Average of 4 soils	0,132	0,138	n.s.	0,138	0,134	0,136	0,132	n.s.
C/N-forhold* C/N-ratio*	Jyndeved	14,7	14,9	n.s.	15,7	15,6	13,5	14,6	n.s.
	Askov	10,9	10,9	n.s.	10,7	11,1	11,3	10,6	n.s.
	Rønhave	9,7	9,9	n.s.	9,7	9,8	10,0	9,8	n.s.
	Højer	8,9	9,0	n.s.	9,2	8,8	9,0	8,9	n.s.
	Gns. af 4 jordtyper Average of 4 soils	10,9	11,0	n.s.	11,1	11,1	10,8	10,8	n.s.

* geometrisk gns., *geometric means*

ca. 6,4%. Effekten kommer til udtryk på alle 4 jordtyper – også her i størst udstrækning på de lerholdige jorde.

Desværre foreligger der ikke talmateriale for jordens indhold af organisk kulstof ved forsøgets start. Det absolutte tal for den halmforårsagede stigning i organisk stofmængde er derfor behæftet med en vis usikkerhed. Prøvetagningsstrategien (se afsnittet om forsøgsplan og jordtyper) er dog tilrettelagt således, at split-plot planens eliminerende virkning på jordvariationen bliver så effektiv som muligt.

Forudsættes – på grundlag af ovenstående – de målte forskelle i C-indhold at være rimelige estimater for halmnedmuldningens indflydelse på organisk stof i jorden, kan omsætningens forløb i de 4 jordtyper vurderes.

I tabel 4 er den akkumulerede mængde organisk stof efter 10 års halmtildelelse beregnet for de 4 jordtyper. Volumenvægte er målt i pløjelaget (11) og anvendt til beregning af vægten af de øverste 20 cm jordlag, hvorfra videre vægten af den akkumulerede organiske stofmængde er beregnet. Det organiske stof er forudsat at indeholde 58% C.

I danske undersøgelser af halmomsætning i jord er det første års nedbrydning estimeret til 65-80% af det tilførte tørstof – størst for lerholdige jorde (4, 5). Dette er i overensstemmelse med talværdier fra adskillige undersøgelser samlet af Jenkinson (7), som påpeger, at jordtype og klimaforhold kun har ringe indflydelse på omsætningen. På dette grundlag er restmængden af organisk stof hidrørende fra den tilførte halm efter 1

Tabel 4. Beregning af akkumuleret mængde organisk stof efter 10 års halmnedmuldning.*Calculation of accumulated quantity of organic matter due to 10 years of straw incorporation.*

	Volumenvægt g/cm ³ <i>Volume weight</i> g/cm ³	Mer-C i halmparceller (tabel 3) %-enheder <i>Excess-C in straw-plots</i> (table 3) %-units	Mer-organisk stof i halmparceller, %-enheder <i>Excess-org. matter</i> <i>in straw-plots,</i> %-units	Mer-organisk stof i halmparceller, kg/ha pløjelag (0-20 cm) <i>Excess-org. matter</i> <i>in straw-plots,</i> kg/ha of plough layer (0-20 cm)
Jyndeved	1,53	0,051	0,088	2690
Askov	1,54	0,060	0,103	3170
Rønhave	1,60	0,098	0,169	5410
Højer	1,40	0,149	0,256	7170
Gennemsnit <i>Average</i>	1,52	0,090	0,154	4680

års nedbrydning ansat til 25% på de 3 lerholdige jordtyper Askov, Rønhave og Højer samt til 30% på den grovsandede jord ved Jyndeved. Med 80% tørstof i den årligt tildelte halm er det der-

næst muligt at beregne mængden af halmforårsaget organisk stof i jorden efter 1 års nedbrydning, tabel 5.

Tabel 5. Beregning af mængden af halmforårsaget organisk stof i jorden efter 1 års nedbrydning.*Calculation of the quantity of residual straw derived organic matter in soil after 1 year of incubation.*

	Årlig halm- tildeling kg/ha <i>Yearly application</i> <i>of straw</i> kg/ha	Tørstof % <i>Dry matter</i> %	Årlig tørstof- tildeling kg/ha <i>Yearly application</i> <i>of dry matter</i> kg/ha	Halmforårsaget org. stof efter 1 år (% af tilført) <i>Straw derived org. matter</i> <i>remaining after 1 year</i> (% of added)	Tørstofmængde efter 1 år kg/ha <i>Quantity of dry matter</i> <i>after 1 year</i> kg/ha
Jyndeved	4000	80	3200	30	960
Askov	4000	80	3200	25	800
Rønhave	4000	80	3200	25	800
Højer	5000	80	4000	25	1000
Gennemsnit <i>Average</i>	4250	80	3400	25	850

Sauerbeck & Gonzales (9) har fundet, at om-sætningen af nedmuldet halm efter 1 års forløb kan beskrives med en 1. ordens reaktion:

$$W_t = W_0 \cdot e^{-kt}, \quad (1)$$

hvor W er mængden af halm, t er tiden, og k er nedbrydningens hastighedskonstant.

Ved årlig gentagne nedmuldninger i samme jord kan den på et givet tidspunkt tilbageværende mængde af tilført organisk stof derfor beregnes ved

$$W_n = W_0 \cdot \sum_{i=0}^{n-1} e^{-ki}, \quad (2)$$

hvor n er tiden i år siden første nedmuldning.

Da jordanalyserne er foretaget 10 år efter den første tildeling af halm, kan hastighedskonstanten, k , for hver jordtype beregnes fra ligning (2) med $n = 10$, og W_n = mængden af halmforårsaget organisk stof i jorden efter 10 års nedmuldning (fra tabel 4). W_0 antager i disse beregninger de i tabel 5 anførte værdier for resterende halm-mængde efter 1 års nedbrydning. Resultatet fra beregningerne er angivet i tabel 6, hvor der også er opstillet andre parametre til beskrivelse af halmnedmuldningens effekt på jordens indhold af organisk stof.

Tabel 6. Hastighedskonstant, k , og halveringstid, $T_{1/2}$, for omsætning af halm i jorden fra 1 år efter nedmuldning samt estimater for parametre til beskrivelse af ligevægtstilstand for akkumulering af organisk stof.

Rate constant, k , and half-live, $T_{1/2}$, for the process of straw breakdown after 1 year of initial turn-over and estimates for parameters describing the equilibrium condition for straw derived organic mater.

	Hastighedskonstant, k , år ⁻¹ <i>Rate constant, k, year⁻¹</i>	Halveringstid, $T_{1/2}$, år <i>Half-live, $T_{1/2}$, year</i>	Ved ligevægt <i>At equilibrium</i>			
			tid, år <i>time, years</i>	X tons	Y %	Z %
Jynde vad	0,432	1,6	15	2,7	85	3,3
Askov	0,268	2,6	22	3,4	106	5,1
Rønhave	0,096	7,2	49	8,6	270	11,0
Højer	0,080	8,7	56	12,8	321	15,6
Alle jordtyper* <i>All soil types</i>	0,154	4,5	34	5,9	174	7,6

X = akkumuleret mængde, tons – *accumulated org. matter, tons*

Y = akkumuleret mængde i % af årlig tilført mængde – *accumulated org. matter as percentage of yearly supply*

Z = akkumuleret mængde i % af niveau i ikke-halmtilført jord – *accumulated org. matter as a percentage of the level in non-treated soil*

* selvstændig beregning på grundlag af tabel 4 og 5 – *calculated directly from table 4 and 5*

Sauerbeck & Gonzales (9) har for 7 forskellige vesteuropæiske jorde fundet næsten identiske værdier for hastighedskonstanten ved nedbrydning af hvedehalm. Halveringstiden, $T_{1/2}$, beregnet som $\ln 2/k$ ligger således for disse jorde alle mellem 4,7 og 5,4 år. Den samme størrelsesorden fremkommer ved beregning på et gennemsnit af de 4 jordtyper i denne undersøgelse, $T_{1/2}$ således beregnet til 4,5 år, se tabel 6. Differentieringen på jordtyper med værdier mellem 1,6 år (Jynde vad) og 8,7 år (Højer) kunne på dette grundlag mistænkes for at være tilfældig og beroende på

den tidligere omtalte usikkerhed på den absolutte værdi for halmforårsaget stigning i jordens indhold af organisk stof. Der er dog en systematisk sammenhæng mellem omsætningshastighed og lerindhold i jordene. Forskelle mellem jordtyper fremgår også af tabel 7, som viser resultater fra i alt 15 danske jorde med mindst 10 års halmnedmuldning. I tabellen indgår data fra en 10-årig forsøgsserie med halmnedmuldning ved de landøkonomiske foreninger (14), analyseresultaterne i de aktuelle forsøg samt ikke publicerede analyseresultater fra en 16-årig forsøgsserie ved Sta-

Tabel 7. Halmnedmuldningens indflydelse på jordens indhold af organisk stof. 15 forsøgsarealer med mindst 10 års gentagen halmnedmuldning.

Influence of straw incorporation on soil content of organic matter. 15 field trials with 10 years of repeated straw application, at least.

% ler <i>% clay</i>	Jordtype <i>Soil type</i>	Organisk stof, % – <i>Organic matter, %</i>		Relativ stigning % <i>Relative increase %</i>	Antal forsøgssteder <i>Number of soils</i>
		halm – <i>straw</i> fjernet <i>removed</i>	nedmuldet <i>incorporated</i>		
2– 5	sandjord	3,2	+0,05	1,6	7
7–10	lerblandet sandjord	2,2	+0,05	2,3	3
11–14	sandblandet lerjord	2,0	+0,12	6,0	3
17–18	lerjord	2,5	+0,22	8,8	2

tens Planteavlsvforsøg. Endvidere har nuancerede analyser af omsætning af organisk stof i jord påpeget de lerholdige jordes større evne til at stabilisere og tilbageholde organisk stof (6, 15, 16).

Ved anvendelse af ligning (2) er i fig. 1 konstrueret det sandsynlige forløb for udviklingen i jordens indhold af organisk stof gennem tiden (W_n). Mængden af »halmforårsaget« organisk stof i jorden er angivet i relation til den årlig tilførte halm-mængde (= 100%). Den årlige fluktuation er illustreret ved momentan stigning i W_n på 100%-enheder på nedmuldningsstidspunktet efterfulgt af et hurtigt henfald. Dette henfald kan beskrives ved en sum af 1. ordens reaktioner, dels et led med den hurtige omsætning af den frisk tilførte halm ($k \cong 1,20$ for Jynde vad, $k \cong 1,39$ for de øvrige jorde), dels et antal led med den langsomme »langtids«-nedbrydning ($k = 0,08-0,43$, se tabel 6). Endvidere er i figuren vist forløbet af nedbrydningen ved kun en enkelt tildeling af halm til jorden (W_1).

Af tabel 6 og fig. 1 fremgår, at der skal forløbe langt længere tid for lerjordene end for sandjordene, før der indtræder ligevægt i tilførsel og nedbrydning af organisk stof fra halm. For lerjordene går der således ca. 50 år, før ligevægt indtræder, mens de mere sandede jorde når denne tilstand efter ca. 15-20 år. Gennemsnitligt for jordtyperne vil ligevægt indtræde efter ca. 35 år, hvor der er akkumuleret 5,9 t organisk stof pr. ha fra den fortløbende halmtildeling. Denne mængde svarer til kun 1,74 gange den gennemsnitlige årlige tildeling og betyder en stigning i jordens indhold af organisk stof i forhold til ikke-halmtilført jord på 7,6%.

Stubbearbejdning og organisk stof i jorden

På alle 4 jordtyper er der registreret et højere C-indhold i ubehandlet jord i forhold til de stubbearbejdede parceller, se tabel 3, hvor stubbearbejdningseffekten er vist gennemsnitligt for forsøgsled både uden og med halm. Effekten er gennemsnitligt for de 4 forsøgssteder signifikant og udgør relativt ca. 4% af C-niveaue t. På enkeltstederne er udslaget dog kun signifikant for den grovsandede jord ved Jynde vad med en gennem-

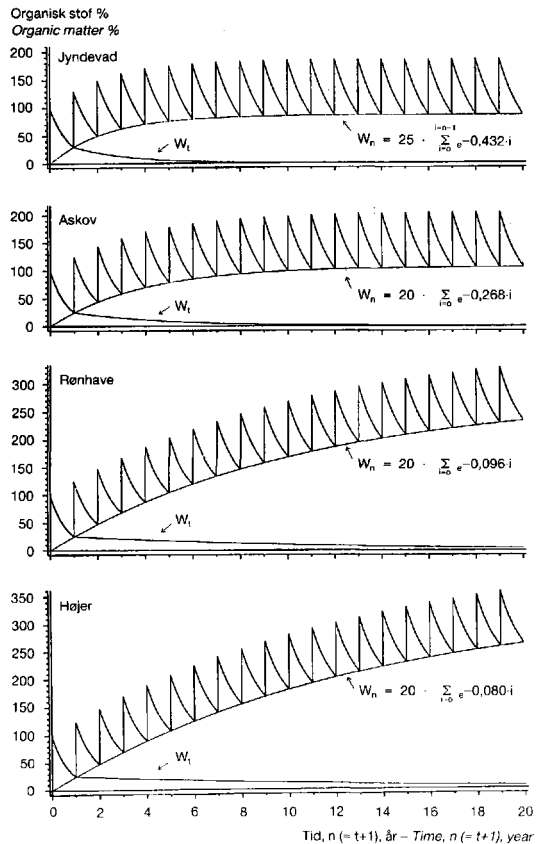


Fig. 1. Beregnet akkumulering i jorden af halmforårsaget organisk stof ved gentagen årlig nedmuldning, udtrykt som procentdel af årlig tildeling.

Estimated accumulation in soil of straw derived organic matter after repeated yearly incorporation, expressed as a percentage of the yearly application.

snitlig relativ forskel mellem ubehandlet og bearbejdet jord på ca. 8%.

Da hele forsøgsarealet behandles ensartet med pløjning til ca. 20 cm dybde i november-december, må den her registrerede effekt alene tilskrives den forskelligartede behandling fra høst til pløjetidspunkt. Såvel en direkte virkning af forskellige mineraliseringsbetingelser i bearbejdet og ubearbejdet jord som et C-tilskud fra spild- og ukrudtsplanters assimilation i den ubearbejdede jord må formodes at bidrage til et højere C-indhold i den uforstyrrede jord.

Ved Jynde vad og Rønhave dækker gennemsnitstallene i tabel 3 over vekselvirkninger mellem halmhåndtering og stubbearbejdning. Således er forskellen mellem ubehandlet og stubbearbejdet jord på sandjorden ved Jynde vad særlig udpræget i jord uden halmtildeling, mens det modsatte er tilfældet på lerjorden ved Rønhave. Dette kunne tolkes som en jordtypeforskel i behovet for overfladisk nedmuldning af halmen. På de 2 øvrige jorde fandtes dog ingen vekselvirkning, hvorfor ovennævnte formodning må betragtes som usikker.

Kvælstof

Nedmuldning af halm med et C/N-forhold på ca. 60-90 (3, 4) vil forårsage en påvirkning af jordens N-dynamik. For danske jordtyper er processen med immobilisering og efterfølgende frigivelse af N beskrevet af *Christensen* (2, 3, 4, 5), mens effekten på N-nedvaskningen er bestemt af *Schjønning* (12).

Af tabel 3 fremgår, at langvarig halmnedmuldning på de 3 lerholdige jorde har forøget jordens N-indhold med gennemsnitligt 90 ppm (0,009%-enheder) svarende til relative forskelle på ca. 4-8%. Det er dog kun forskellen ved Rønhave, som er statistisk sikker. Tabellens angivelser for C/N-forhold viser endvidere, at stigningen i kvælstofindholdet er mindre end forøgelsen af kulstofkoncentrationen, idet der gennemsnitligt for de 4 jordtyper er fundet en lille forskel i C/N-forholdet med 90-95% signifikansniveau (i tabellen angiver LSD mindste signifikante differens ved 95% niveau). Bemærk, at C/N-kvotienten i tabellen er beregnet som geometriske gennemsnit for at opnå normalfordeling for denne parameter.

Jordbearbejdningen har ikke givet signifikante forskelle i N-indhold og C/N-forhold. Bemærk dog, at der også for N-indholdet er estimeret den højeste værdi i ubehandlet jord.

Konklusion

Nedmuldning af halm påvirker ikke jordens reaktionstal samt fosforindhold.

Ved gentagen nedmuldning af halm med samtidig normal kaliumgødskning stiger jordens kali-

umtal. Undersøgelsen har afdækket jordtypeforskelle, som må tilskrives udvaskning af kalium fra jord med lille kationbytningskapacitet.

Efter 10 års gentagen halmnedmuldning fandtes gennemsnitligt for de 4 jordtyper en stigning i pløjelagets C-indhold på 0,09%-enheder eller relativt 6,4% i forhold til C-niveauet i jord uden halmtilførsel.

Det kan beregnes, at gentagen halmnedmuldning på danske jorde vil øge jordens indhold af organisk stof med en mængde svarende til ca. 1,7 gange den årligt tilførte stofmængde i halmen. Dette niveau vil blive nået efter ca. 35 års gentagen nedmuldning, hvorefter der er ligevægt mellem tilførsel og nedbrydning af halmprodukter.

Resultaterne fra de 4 jordtyper indikerer, at ovennævnte proces er afhængig af jordtype. På lerholdige jorde tilbageholdes en større mængde af det halmtilførte kulstof end på sandjorde. Samstemmende hermed opnås ligevægt mellem årlig tilførsel og nedbrydning efter 15-20 år på sandede jorde og først efter 50-60 år på lerjorde.

Efter mange års gentagen halmnedmuldning vil jordens indhold af kvælstof være forøget svagt. Stigningen er dog mindre end for kulstofindholdet, hvorfor C/N-forholdet er lidt større efter nedmuldning end efter fjernelse af halm.

I et dyrkningssystem med årlig pløjning til ca. 20 cm dybde vil mekanisk stubbearbejdning i efteråret svagt reducere jordens indhold af organisk stof i forhold til ubearbejdet jord.

Litteratur

1. *Anonym* 1976. Teknisk redegørelse. Den danske jordklassificering. Landbrugsministeriet, Sekretariatet for Jordbundsklassificering.
2. *Christensen, B. T.* 1983. Nedbrydning af halm. I. Byghalms tab af næringssalte og tørstof som følge af udvaskning med vand. Tidsskr. Planteavl 87, 477-487.
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. *Christensen, B. T.* 1986. Barley straw decomposition under field conditions: effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biol. Biochem.* (under trykning).
6. *Christensen, B. T. & Sørensen, L. H.* 1985. The distribution of native and labelled carbon between soil particle size fractions isolated from long-term incubation experiments. *J. Soil Sci.* 36, 219–229.
7. *Jenkinson, D. S.* 1971. Studies on the decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from ¹⁴C labelled ryegrass decomposing under field conditions. *J. Soil Sci.* 28, 424–434.
8. *Jensen, M. B.* 1985. Interaction between soil invertebrates and straw in arable soil. *Pedobiologia* 28, 59–69.
9. *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. I, 159–170, IAEA.
10. *Schjøning, P.* 1984. Halmnedmuldning og afbrænding i relation til aggregater i jord. *Tidsskr. Planteavl* 88, 593–608.
11. *Schjøning, P.* 1985. Porøsitetsforhold i landbrugsjord. II. Effekt af jordbearbejdning og halmnedmuldning. *Tidsskr. Planteavl* 89, 425–433.
12. *Schjøning, P.* 1986. Halmnedmuldning og N-udvaskning. NJF-publikation, Seminar nr. 81: *Plantenæringsstoffer og vandmiljø*, 86–95.
13. *Schjøning, P.* 1986. Nedmuldning af halm ved ensidig dyrkning af vårbyg. I. Jordtypens, stubbearbejdningens og kvælstofgødsningens betydning for halmens indflydelse på udbyttet. *Tidsskr. Planteavl* 90, 133–140.
14. *Skriver, K.* 1984. Nedbringning af halm. *Oversigt over landsforsøgene 1983*, 50–52.
15. *Sørensen, L. H.* 1975. The influence of clay on the rate of decay of amino acid metabolites synthesized in soils during decomposition of cellulose. *Soil Biol. Biochem.* 7, 171–177.
16. *Sørensen, L. H.* 1981. Carbon-nitrogen relationships during the humification of cellulose in soils containing different amounts of clay. *Soil Biol. Biochem.* 13, 313–321.

Manuskript modtaget den 11. marts 1986.