

# Reduceret jordbearbejdning og italiensk rajgræs som efterafgrøde

## II. Jordtæthed, rodudvikling og jordkemi

*Reduced soil tillage and Italian ryegrass as catch crop*  
*II. Soil bulk density, root development and soil chemistry*

KARL J. RASMUSSEN

---

### Resumé

På tre jordtyper: en grovsandet jord (JB1), en morænelerjord (JB7) og en marsklerjord (JB7) er der gennemført 18 års fastliggende forsøg med ensidig korndyrkning. Forsøgsbehandlingerne var pløjning til 20 cm og fræsning til 3-5 cm i kombination med italiensk rajgræs som efterafgrøde. Endvidere omfattede planen fræsning til ca. 10 cm's dybde og stubharvning til 10-12 cm's dybde uden efterfølgende pløjning.

Nedpløjning af italiensk rajgræsstub har reduceret jordtætheden svagt i pløjelaget.

Reduceret jordbearbejdning forårsagede en sammentrykning af jorden i den centrale og nederste del af pløjelaget.

Der var tendens til dannelse af en trafikalsål i 30-40 cm's dybde i forbindelse med pløjning på morænelerjord.

Rodudviklingen i de øverste 5 cm jordlag var lidt større efter reduceret jordbearbejdning, mens der i den nederste del af pløjelaget var lidt større rodudvikling efter pløjning. I de dybere

jordlag var der ingen forskelle.

I den grovsandede jord fandtes 86-87 pct. af rødderne i pløjelaget og 13-14 pct. i undergrunden. I lerjordene fandtes 60-67 pct. af rødderne i pløjelaget og 33-40 pct. i undergrunden.

Nedbringning af italiensk rajgræs gav en svag stigning i jordens C-indhold. Stigningen var størst i de øverste jordlag efter nedfræsning.

Reduceret jordbearbejdning øgede jordens C-indhold i de øvre jordlag og reducerede det i den nederste del af pløjelaget.

Jordens Rt var kun svagt påvirket af nedbringning af italiensk rajgræs samt af forskellige jordbearbejdningsmetoder.

Fjernelse af italiensk rajgræs reducerede jordens P- og K-indhold.

Reduceret jordbearbejdning øgede jordens P- og K-indhold i pløjelagets øverste del, mens det reduceredes i den nederste del. For pløjelaget som helhed har de forskellige jordbearbejdningsmetoder ikke ændret jordens P- og K-indhold.

**Nøgleord:** Reduceret jordbearbejdning, efterafgrøde af italiensk rajgræs, jordtæthed, rodudvikling, jordkemi.

## Summary

Long-term trials with continuous cereal-growing extending over a period of 18 years were conducted on three soil types: a coarse sandy soil, a morain clay and a marine clay soil.

The experimental plan was to plough to about 20 cm depth and rotovate to 3-5 cm depth respectively in combination with Italian ryegrass as a catch crop which was harvested before incorporation in the soil. Further to rotovate to about 10 cm depth and stubble-cultivate to 10-12 cm depth respectively without following ploughing and without catch crop.

This report deals with soil density, root development and soil chemistry.

Incorporating the stubble of Italian ryegrass gave a slightly decrease in the soil bulk density of the top soil.

Reduced cultivation caused a compaction of the soil in the central and lowest part of the plough layer.

In the depth 30-40 cm there was a tendency to formation of a plough pan in the ploughed treatment.

Root development in the topsoil 0-5 cm was a little higher after reduced cultivation than after ploughing. In the lowest part of the plough-layer

the root development was highest after ploughing.

In the subsoil there were no differences between treatments in the root-development.

In the coarse sandy soil 86-87% of the plant-roots developed in the plough layer and 13-14% in the subsoil. In the clay soils 60-67% of the roots was developed in the plough layer and 33-40% in the subsoil.

Incorporating the stubble of Italian ryegrass gave a slight increase in the C-content of the soil. The increase was largest in the upper soil-layer after rotovating.

Reduced cultivation increased the soil organic C-content in the topsoil 0-10 cm and decreased it in the 10-20 cm depth.

Incorporating a catch crop and different soil tillage methods had only a little influence on the soil pH.

Harvesting and removing a crop of Italian ryegrass reduced the soil P- and K-content.

Reduced cultivation increased the soil P- and K-content in the topsoil 0-10 cm and decreased it in the 10-20 depth. For the plough-layer as a whole different soil tillage methods did not change the soil P- and K-content.

**Key words:** Reduced cultivation, catch crop of Italian ryegrass, soil bulk density, root development, soil chemistry.

## Indledning

Det er velkendt, at reduceret jordbearbejdning medfører en øget jordtæthed i den centrale og nederste del af pløjelaget (4,8,11,12), samt at årlig pløjning kan medføre dannelse af en trafikalsål under pløjedybden (10,12).

Øget jordtæthed øver indflydelse på en række faktorer såsom trækraftbehov, vandinfiltration, luftskifte og rodudvikling og dermed på næringsstofoptagelsen (12).

Fræsning og harvning har formindsket rumfanget af store porer sammenlignet med pløjning (14).

Et veludviklet rodnet er en forudsætning for optimal udnyttelse af jordens vand- og næringsstoffer, hvorved tab af næringsstoffer til omgivelserne reduceres. Rodudviklingen er imidlertid forskellig på sand- og lerjorde (1).

Årlig pløjning i et system med monokultur af korn reducerer pløjelagets aggregat-stabilitet, mens dyrkning af en efterafgrøde af italiensk rajgræs samt især reduceret jordbearbejdning stabiliserer aggregatdannelsen (13).

Efter flere års pløjefri dyrkning sker der en op-hobning af humus og næringsstoffer i de øvre jordlag, mens indholdet i den nederste del af pløjelaget aftager (3,4,8,10,11,12).

I en tidligere beretning om reduceret jordbearbejdning og italiensk rajgræs som efterafgrøde i et sædskifte med kontinuerlig bygdyrkning er 18 års resultater af vækstbetingelser, udbytter, afgrødeanalyser og ukrudt omtalt (9). I nærværende beretning omtales jordbearbejdningens og efterafgrødens indflydelse på jordens tæthed, rodudvikling og jordkemi.

## Metodik

### Jordtyper og markforsøg

Undersøgelserne er gennemført i fastliggende markforsøg på en grovsandet jord (JB1) ved Jyndevad, på en morænelerjord (JB7) ved Rønhave og på en marsklerjord (JB7) ved Højer.

Markforsøgene med forskellige jordbearbejdningsmetoder blev anlagt i 1967. De første fire års resultater er publiceret af *Rasmussen* (7). Planen blev på nogle punkter ændret i 1973 og fortsatte efter den ændrede plan ved Rønhave indtil 1979 og ved Jyndevad og Højer indtil 1986.

Forsøgsplanen fremgår af tabel 1, og detaljer i planen er beskrevet af *Rasmussen* (9) i en beretning om vækstbetingelser, udbytter, afgrødeanalyser og ukrudt, der omfatter perioden 1973-1986.

### Analyseprogram og metoder

Jordprøver er udtaget i cylindre à 100 cm<sup>3</sup> til bestemmelse af jordens volumenvægt i fire dybder i pløjelaget 0-20 cm's dybde i årene 1977-79 ved Rønhave, 1980-86 ved Jyndevad og 1978-86 ved Højer. Der blev udtaget ni prøver pr. forsøgsled pr. dybde hvert år efter høst. Prøverne blev tørret ved 105°C, hvorpå volumenvægten blev beregnet.

I årene 1978-81 blev der efter byggens skridning udtaget jordsøjler til bestemmelse af rodudvikling og jordtæthed efter samme princip som beskrevet af *Andersen* (1). Der blev udtaget to jordsøjler i hvert af tre kvælstofniveauer i det pløjede (ca. 20 cm), det forårsfræsede (3-5 cm) og det stubharvede (10-12 cm) forsøgsled – i alt seks jordsøjler pr. forsøgsled pr. år.

Jordsøjlerne blev opdelt i sektioner: 5 cm i dybden 0-5 cm og 10 cm i dybden 5-95 cm. Jordprøverne blev behandlet og analyseret som beskrevet af *Highnett* (5). Efter tørring blev jordprøverne knust i en speciel jordknuser, og der blev udtaget en delprøve løs jord til analysen. Rødderne blev rensset for jord ved skylning med vand, hvorefter rødderne blev fordelt jævnt i en klar, vandfyldt plasticbakke, hvor der i bunden var indtegnet et kvadratnet med kantlængden 5 mm. Under lup blev alle skæringer mellem rødder og linier optalt, og rodlængden kunne bestemmes efter følgende ligning:

$$L = \frac{\pi \cdot N \cdot A}{2H},$$

hvor L er rodlængden (cm), N antallet af skæringer mellem rødder og linier, A arealet af tællefla-

den (cm<sup>2</sup>), og H er den samlede længde af linierne (cm).

Rodlængden pr. vægtenhed jord  $L_w$  (cm/g) beregnes derefter:

$$L_w = L/W(1-P),$$

hvor W er den lufttørre vægt af delprøverne og P (g/g) er jordens vandindhold.

Rodlængden pr. volumenenhed  $L_v$  (cm/cm<sup>3</sup>) beregnes:

$$L_v = \rho_t \cdot L_w,$$

hvor  $\rho_t$  (g/cm<sup>3</sup>) er jordens tørre volumenvægt i den pågældende dybde.

Idet der blev udtaget et veldefineret jordvolumen i hele profilen, blev jordprøverne samtidig anvendt til beregning af volumenvægten.

Den totale rodlængde pr. arealenhed  $L_a$  (cm/cm<sup>2</sup>) beregnes ved at summere over profilen.

I perioden 1976-79 ved Rønhave og 1976-80 ved Jyndevad og Højer blev der to gange årligt – dels efter fremspiring og dels efter høst – målt jordtæthed for hver 10 cm i dybden 20-80 cm ved hjælp af gammastråling ved brug af et-rørsmetoden som beskrevet af *Aslyng* (2).

I perioden 1972-78 ved Rønhave, 1975-87 ved Jyndevad og 1974-86 ved Højer blev der hvert andet år efter høst udtaget jordprøver i dybderne 0-10 og 10-20 cm's dybde til bestemmelse af  $R_t$ ,  $F_t$ ,  $K_t$  og  $pct.C$ . Der blev udtaget 10-12 stik pr. parcel, og jorden fra fællesparcellerne blev blandet, hvorefter der blev udtaget en prøve, som blev analyseret på Centrallaboratoriet.

## Resultater og diskussioner

### Jordens tæthed

Tabel 1 viser jordens volumenvægt efter høst. Nedpløjning af italiensk rajgræs (B) har reduceret volumenvægten svagt i alle fire dybder alle tre steder. Overfladisk fræsning (D) har ikke påvirket volumenvægten nævneværdigt i dybden 5-10 cm ved Jyndevad og Højer, hvorimod volumenvægten i denne dybde er reduceret med 0,18 g/cm<sup>3</sup> i forhold til det pløjede ved Rønhave. Dette kan skyldes en for dyb fræsning ved Rønhave. I dybden 10-15 cm ved Højer er volumenvægten øget som følge af fræsningen og den dermed forbundne trafik.

Fræsning til 10 cm's dybde (E) har reduceret volumenvægten ned til 15 cm's dybde ved Jyndevad

**Table 1.** Jordens volumenvægt, g/cm<sup>3</sup>, efter høst. Gns. af ni prøver pr. år.  
Soil bulk density, g/cm<sup>3</sup>, after harvest. Average of nine samples per year.

	Dybde cm <i>Depth</i>	Antal år <i>Number of years</i>	A	B	C	D	E	F
Jyndevad	0- 5	7	1,28	1,25	1,25	1,26	1,28	1,29
	5-10	7	1,44	1,42	1,45	1,44	1,38	1,48
	10-15	7	1,45	1,43	1,52	1,53	1,40	1,53
	15-20	7	1,45	1,42	1,51	1,52	1,49	1,52
Rønhave	0- 5	3	1,34	1,29	1,19	1,29	1,25	1,36
	5-10	3	1,57	1,49	1,30	1,39	1,27	1,55
	10-15	3	1,56	1,53	1,54	1,60	1,35	1,61
	15-20	3	1,53	1,48	1,55	1,58	1,56	1,58
Højer	0- 5	8	1,22	1,20	1,15	1,18	1,15	1,17
	5-10	9	1,44	1,37	1,44	1,46	1,23	1,41
	10-15	5	1,40	1,40	1,46	1,45	1,39	1,46
	15-20	9	1,44	1,40	1,44	1,45	1,45	1,48

Forsøgsplan – *Experimental plan*

	Stubharvning <i>Stubble cultivating</i> 10-20 cm	Pløjning <i>Ploughing</i> ca. 20 cm	Såbedstilberedning <i>Seed bed preparation</i>	Efterafgrøde* <i>Catch crop</i>
A	+	+	harvning 3-5 cm <i>harrowing</i>	-
B	-	+	harvning 3-5 cm	+
C	-	-	fræsning 3-5 cm <i>rotovating</i>	+
D	-	-	fræsning 3-5 cm	-
E	-	-	fræsning ca. 10 cm	-**
F	+	-	harvning 3-5 cm	-

\* Italiensk rajgræs (*Lolium multiflorum*)

\*\* Italiensk rajgræs ved Jyndevad – *Italian ryegrass at Jyndevad*

og Rønhave, hvilket også tyder på en for dyb fræsning.

Ved Højer har 10 cm's fræsning kun reduceret volumenvægten ned til 10 cm's dybde. Stubharvning uden efterfølgende pløjning (F) har øget volumenvægten i 10-20 cm's dybde alle tre steder.

For at belyse, om de forskellige jordbearbejdningsmetoder og dermed de forskellige færdselsstrategier øver indflydelse på jordens volumenvægt under pløjelaget, blev der i årene 1976-1980 foretaget målinger med gamma-udstyr i dybden 20-80 cm, dels efter fremspiring og dels efter høst.

Da der ikke konstateredes forskelle imellem de to måletidspunkter, er der beregnet gennemsnit af disse over årene som vist i fig. 1. Når målingerne tættere ved jordoverfladen ikke er medtaget, skyldes det, at usikkerheden bliver større, desto tættere ved overfladen der måles. Dette skyldes, at der måles i et jordvolumen på omkring 25 cm, varierende med jordtypen, jordtætheden og kildens styrke (2).

I den grovsandede jord ved Jyndevad er der ikke væsentlige forskelle imellem de tre bearbejdningsmetoder. I 20 cm's dybde er volumenvægten

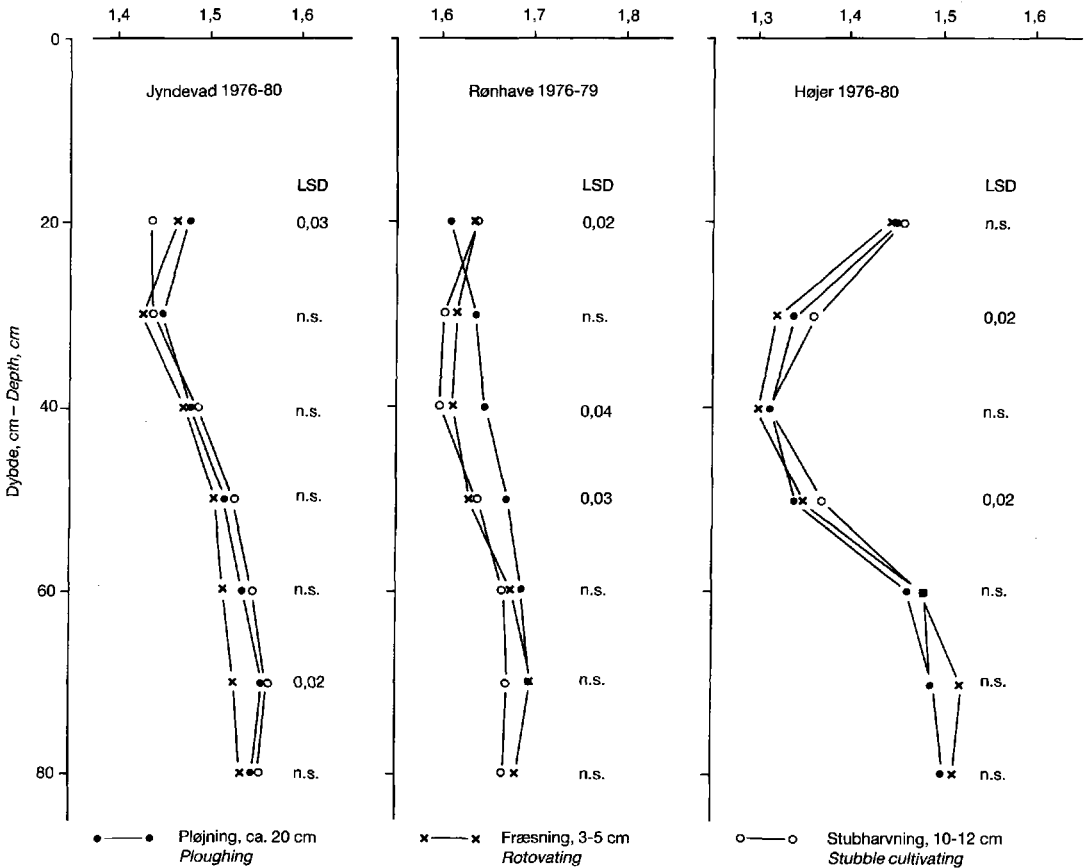


Fig. 1. Jordens volumenvægt målt med gammaudstyr. Gennemsnit af seks fællesmålinger pr. år.  
Soil bulk density measured by means of gamma ray transmission technique. Average of six repetitions per year.

signifikant lavest i det stubharvede forsøgsled. Den signifikante forskel i 70 cm's dybde kan næppe skyldes forskelle i bearbejdningsteknik, men må tilskrives jordvariation.

I lerjorden ved Rønhave er volumenvægten signifikant lavest i 20 cm's dybde efter pløjning, mens volumenvægten i 40-50 cm's dybde er størst, hvor der er pløjet. Dette kan skyldes dannelse af en trafikalsål i forbindelse med pløjningen.

Selv om der i marskjorden ved Højer er målt signifikante forskelle i 30 og 50 cm's dybde, kan det være svært at drage nogen konklusion af dette. Det ses, at jordens volumenvægt i dybden 30-50 cm er betydelig lavere end den over- og underliggende jord samt lavere end sand- og lerjorden.

Dette skyldes, at der i denne dybde findes vekslende finsand- og lerlag, der stammer fra den marine aflejring.

De jordsøjler, der blev udtaget til bestemmelse af rodudviklingen, blev samtidig benyttet til bestemmelse af jordens volumenvægt. På grund af relativt store variationer imellem fællesprøverne er der beregnet gennemsnit af de tre jordtyper som vist i fig. 2. Undersøgelsen bekræfter de tendenser, der tidligere er omtalt, nemlig at reduceret jordbearbejdning forårsager en sammentrykning af jorden i den centrale og nederste del af pløjelaget, samt at der i 30-40 cm's dybde dannes en trafikalsål som følge af færdsel i forbindelse med pløjning. Dette i overensstemmelse med Rydbergs

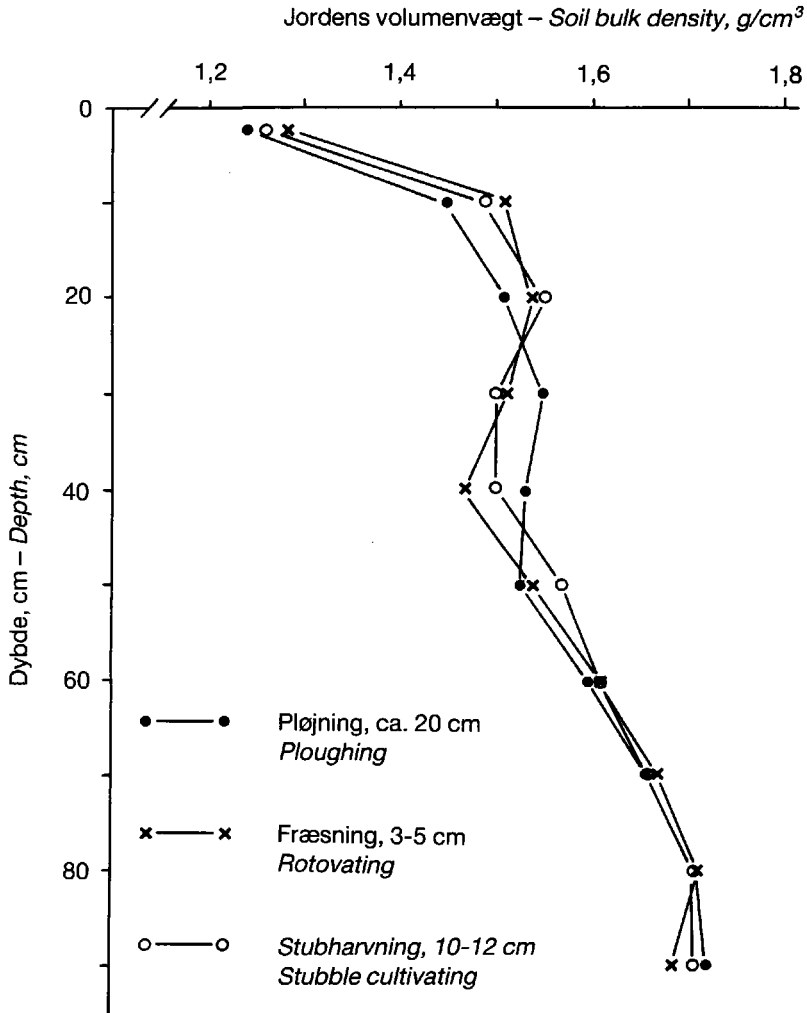


Fig. 2. Jordens volumenvægt beregnet på grundlag af jordsøjler til rodundersøgelser 1978-79. Gennemsnit af 36 jordsøjler på tre jordtyper.

Soil bulk density calculated on the basis of soil columns for root investigations 1978-79. Average of 36 samplings at three soil types.

undersøgelse i fastliggende forsøg med pløjefri dyrkning (12).

### Rodudviklingen

I årene 1978-1981 blev der foretaget undersøgelser af rodudviklingen i det pløjede (20 cm) forsøgsled, det forårsfræsede (3-5 cm) og det stubharvede (10-12 cm) forsøgsled. I hvert forsøgsled blev der udtaget to jordsøjler i hvert af de tre kvælstofniveauer – i alt seks jordsøjler pr. forsøgsled. Som udtryk for variationerne på rodudviklin-

gen er variationskoefficienterne på rodlængden,  $L_v$ , beregnet på den grovsandede jord og på marskjorden, hvor der begge steder er udtaget jordprøver til rodbestemmelse i fire år. Når lerjorden ved Rønhave ikke er medtaget i denne sammenhæng, skyldes det, at der kun blev taget prøver i to år. Variationskoefficienterne er vist i tabel 2. I den grovsandede jord ved Jydevad stiger variationskoefficienterne stærkt med dybden i alle tre forsøgsled. Dette hænger sammen med en ringere rodtæthed i de dybere jordlag samt en mere

**Tabel 2.** Variationskoefficienter,  $CV = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}$ , på rodlængden,  $L_v$ , beregnet på resultater af fire års undersøgelser (forsøgsplan se tabel 1).

*Coefficient of variance, CV, on the root-length,  $L_v$ . Calculated on results from four years experiments (experimental plan see table 1).*

Dybde, cm Depth, cm	Jyndeved			Højer		
	A	D	F	A	D	F
0- 5	42	36	32	47	77	57
5-15	33	28	25	23	38	28
15-25	32	53	48	25	25	26
25-35	61	67	83	69	32	32
35-45	121	86	123	47	37	42
45-55	125	153	159	57	75	52
55-65	153	120	138	62	83	60
65-75	222	149	126	68	82	85
75-85	265	203	245	59	50	68
85-95	227	172	163	72	61	68

ujævn fordeling af disse rødder. I marskjorden er variationskoefficienterne i de øvre jordlag af samme størrelse som i den grovsandede jord, mens variationskoefficienterne i de dybere jordlag er betydelig mindre. Dette skyldes en større og mere ensartet rodudvikling i dybden i denne

jord. Variationerne i den grovsandede jord er af samme størrelse som fundet af Andersen (1).

Rodprofilerne i fig. 3 angiver rodlængden,  $L_v$ , i cm pr.  $\text{cm}^3$  jord i den pågældende dybde.

På grund af ovennævnte store variationer i rodlængden er der ikke i noget tilfælde målt signifi-

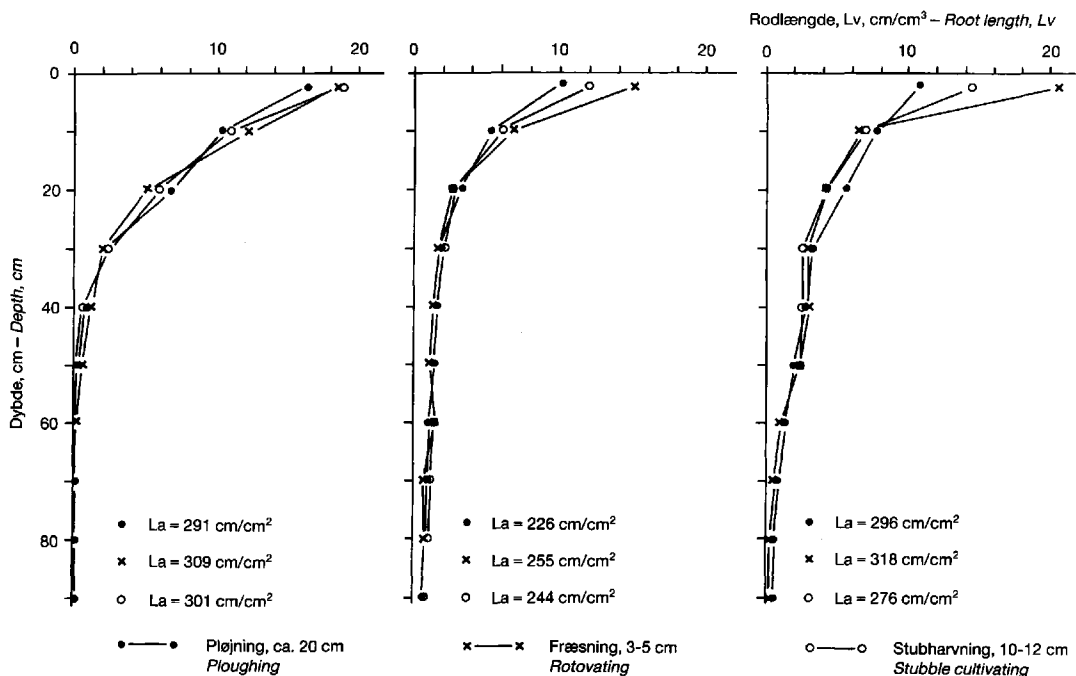


Fig. 3. Rodlængde efter bygplanternes skridning 1978-81. Gennemsnit af 12 prøveudtagninger ved Rønhave og 24 ved Jyndeved og Højer.

*Root length after earing of barley plants 1978-81. Average of 12 samplings at Rønhave and 24 samplings at Jyndeved and Højer.*

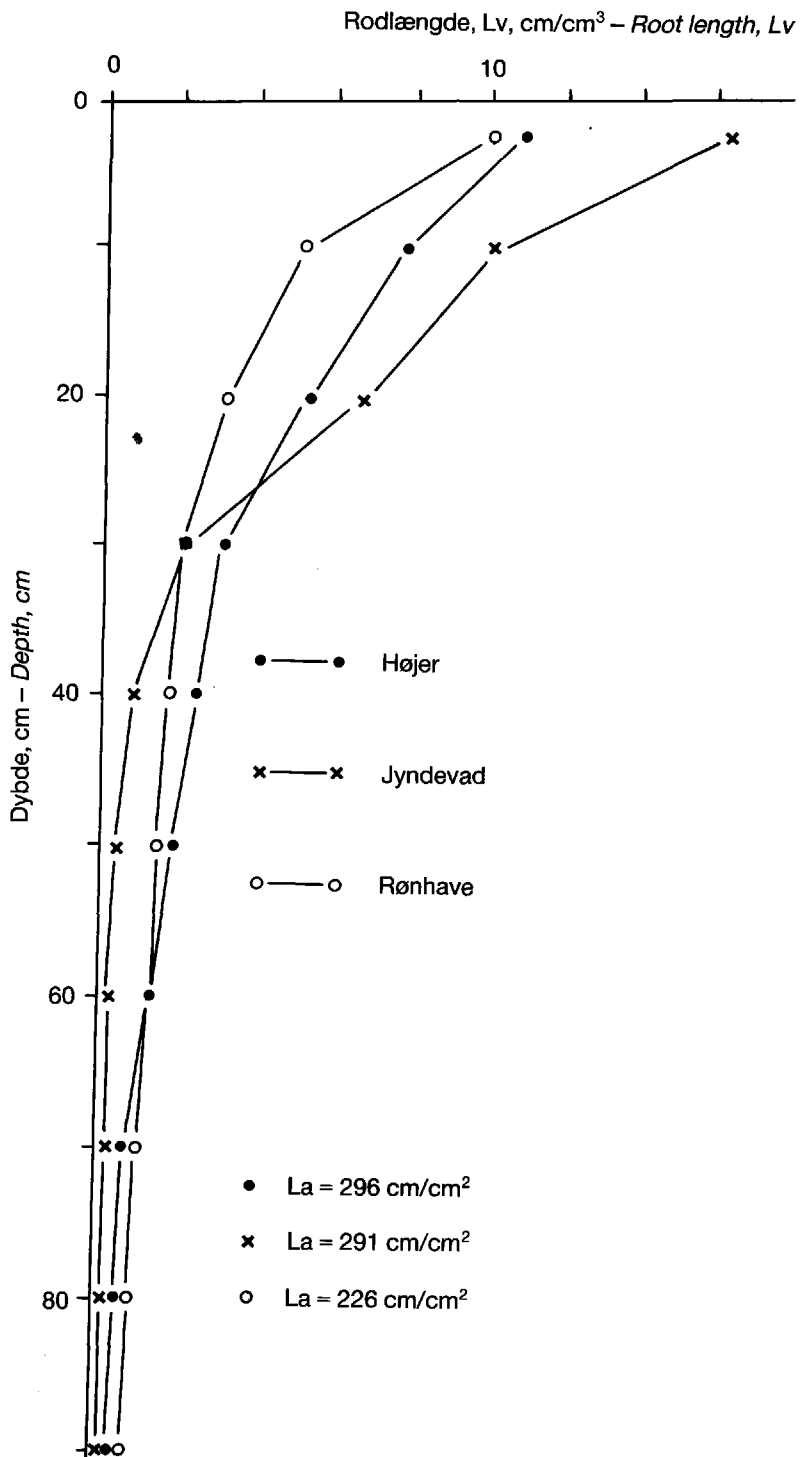


Fig. 4. Bygplanternes rodudvikling i det pløjede forsøgssled ved Jyndevad og Højer 1978-81 samt Rønhave 1978-79.  
 Root length of barley plants after earing in the ploughed treatment at Jyndevad and Højer 1978-81 and Rønhave 1978-79.



kante forskelle imellem forsøgsleddene, men enkelte tendenser kan dog udledes af figuren. I dybden 0-5 cm er der alle tre steder målt den største rodlængde, og rodlængden i det pløjede forsøgsled er mindre end i de upløjede forsøgsled. Dette kan skyldes, at der i de upløjede forsøgsled registreredes en større ukrudtsbestand – og dermed større rodmasse – end i det pløjede forsøgsled (9).

I 10 cm's dybde er rodlængden mindst i de pløjede forsøgsled ved Jyndeved og Rønhave, mens det omvendte er tilfældet ved Højer. I 20 cm's dybde er rodlængden alle tre steder størst i det pløjede forsøgsled. Dette kan hænge sammen med, at jorden – som tidligere nævnt – er blevet komprimeret i den centrale og nederste del af pløjelaget, hvor der gennemføres pløjefri dyrkning. Denne komprimering kan virke hæmmende på rodudviklingen.

Rydberg (12) omtaler komprimeringen i den centrale del af muldlaget som den største negative effekt af pløjningsfri dyrkning. Den øgede tæthed har bl.a. vist sig at kunne have en meget hæmmende indvirkning på rodudviklingen, og årsagerne antages først og fremmest at være en øget mekanisk modstand. Fra 30 cm's dybde og nedad er der ikke konstateret forskelle imellem de forskellige bearbejdningsmetoder, men det ses af figuren, at rødderne udvikles til større dybde i de to lerjorde end i sandjorden.

Madsen (6) angiver en rodtæthed på 0,1 cm rod pr. cm<sup>3</sup> jord som grænse for udnyttelse af jordens tilgængelige vandmængde, således at der i jord med færre rødder ikke vil ske nævneværdig vandoptagelse. Den dybde, hvor rodlængden er større end 0,1 cm pr. cm<sup>3</sup> jord, kaldes den effektive rod-

dybde. Ifølge fig. 3 er den effektive roddebyde i den grovsandede jord for bygs vedkommende 60-70 cm, hvilket er i overensstemmelse med Andersen (1). I de to lerjorde ved Rønhave og Højer er den effektive roddebyde større end de i denne undersøgelse målte 90 cm's dybde. Andersen (1) har for Rønhaves vedkommende fundet en effektiv roddebyde på 120 cm. Rodprofilernes totale rodlængde, La, udtrykt i cm rod pr. cm<sup>2</sup> jordoverflade, er vist nederst i fig. 3. Den totale rodlængde er størst i den grovsandede jord og i marskjorden. Der er ingen signifikante forskelle imellem bearbejdningsmetoderne, men der er en tendens til en større rodsmængde i de pløjefri forsøgsled, hvilket kan skyldes en større ukrudtsbestand.

Fig. 4 viser rodprofilerne i det pløjede forsøgsled. Rodudviklingen i pløjelaget er størst i den grovsandede jord ved Jyndeved og mindst i lerjorden ved Rønhave. Dette skyldes sandsynligvis, at lerjorden har en betydelig større volumenvægt – og dermed lavere porøsitet – end de andre to jorde. I de dybere jordlag er rodudviklingen størst i de to lerjorde og mindst i sandjorden.

Den procentiske fordeling af rodlængden i pløjelag og undergrund er vist i tabel 3. I den grovsandede jord findes 86-87 pct. af rødderne i pløjelaget og 13-14 pct. i undergrunden. I lerjordene ved Rønhave findes 60-67 pct. af rødderne i pløjelaget og 33-40 pct. i undergrunden. Den tilsvarende fordeling i lerjorden ved Højer er 64-66 pct. i pløjelaget og 34-36 pct. i undergrunden.

### Jordkemiske analyser

De kemiske analyser omfatter jordens C, Rt, Ft og Kt. Jorden er desuden undersøgt for Mg, men da der ikke i noget tilfælde er målt forskelle, er disse analyser ikke medtaget.

Tabel 4-7 viser jordanalyserne i den sidste del af forsøgsperioden, dvs. for Jyndeveds vedkommende er tallene fra jordprøver udtaget i 1983, 1985 og 1987, for Rønhaves vedkommende 1974, 1976 og 1978 og for Højers vedkommende i 1982, 1984 og 1986.

Da der forekommer store årsvariationer på analysetallene, har det været nødvendigt at beregne disse gennemsnitstal for at få et rimeligt sikkert overblik over slutsituationen efter mange års anvendelse af forskellige jordbearbejdningsmetoder samt efterafgrøde.

I figurerne 5-8 er udviklingen over årene vist. Det pløjede forsøgsled (A) er sammenlignet med det fræsede forsøgsled med efterafgrøde af itali-

**Tabel 3.** Procentisk fordeling af rodlængden i pløjelag (0-25 cm) og undergrund (25-95 cm).  
*Relative distribution of the root-length in the topsoil (0-25 cm) and the subsoil (25-95 cm).*

	Dybde, cm Depth, cm	A	D	F
Jyndeved	0-25	86	86	87
	25-95	14	14	13
Rønhave	0-25	60	67	61
	25-95	40	33	39
Højer	0-25	64	66	65
	25-95	36	34	35

**Tabel 4.** Jordens C-indhold, %, de sidste fem år af forsøgsperioden (forsøgsplan se tabel 1).  
*Soil C-content, %, in the last five years of the experimental period (experimental plan see table 1).*

	Dybde, cm Depth, cm	A	B	C	D	E	F	LSD
Jyndevad	0-10	1,86	2,07	2,15	1,96	2,08	2,17	0,21
	10-20	1,85	1,92	1,88	1,89	2,11	1,99	n.s.
Rønhave	0-10	1,34	1,38	1,56	1,53	1,40	1,42	0,09
	10-20	1,34	1,45	1,32	1,32	1,28	1,29	0,05
Højer	0-10	1,58	1,73	2,03	1,90	1,80	1,72	0,05
	10-20	1,55	1,69	1,75	1,65	1,68	1,62	0,06

**Tabel 5.** Jordens Rt de sidste fem år af forsøgsperioden (forsøgsplan se tabel 1).  
*Soil pH in the last five years of the experimental period (experimental plan see table 1).*

	Dybde, cm Depth, cm	A	B	C	D	E	F	LSD
Jyndevad	0-10	6,60	6,45	6,63	6,77	6,58	6,64	0,25
	10-20	6,62	6,49	6,48	6,56	6,56	6,44	n.s.
Rønhave	0-10	6,30	6,47	6,77	6,67	6,50	6,73	n.s.
	10-20	6,70	6,73	6,47	6,30	6,37	6,33	0,25
Højer	0-10	7,63	7,62	7,17	7,29	7,44	7,48	0,14
	10-20	7,63	7,57	7,56	7,54	7,61	7,61	n.s.

**Tabel 6.** Jordens Ft de sidste fem år af forsøgsperioden (forsøgsplan se tabel 1).  
*Soil P-index in the last five years of the experimental period (experimental plan see table 1).*

	Dybde, cm Depth, cm	A	B	C	D	E	F	LSD
Jyndevad	0-10	6,68	6,71	10,01	8,13	10,30	8,83	3,06
	10-20	6,39	6,80	5,13	5,94	5,50	4,34	n.s.
Rønhave	0-10	7,90	7,63	9,17	9,60	9,37	9,70	0,86
	10-20	7,33	6,83	5,43	6,73	5,90	6,10	0,93
Højer	0-10	9,81	8,06	8,39	9,19	9,04	9,03	0,76
	10-20	9,74	7,69	7,88	7,63	8,19	8,23	0,64

**Tabel 7.** Jordens Kt de sidste fem år af forsøgsperioden (forsøgsplan se tabel 1).  
*Soil K-index in the last five years of the experimental period (experimental plan see table 1).*

	Dybde, cm Depth, cm	A	B	C	D	E	F	LSD
Jyndevad	0-10	4,70	2,22	4,86	4,96	4,30	5,26	2,00
	10-20	3,68	2,15	2,97	3,73	2,65	3,37	1,39
Rønhave	0-10	15,50	11,07	14,93	21,60	21,63	21,67	2,89
	10-20	14,20	12,20	8,57	13,83	11,93	11,00	2,64
Højer	0-10	18,91	12,24	16,83	21,54	21,70	20,92	2,33
	10-20	15,22	9,60	9,92	11,57	12,03	14,10	3,44

ensk rajgræs (C) samt et gennemsnit af det forårsfræsede forsøgsled uden efterafgrøde (D) og det stubharvede forsøgsled (F). Når der er beregnet gennemsnit på disse to forsøgsled, er det dels for at udligne nogle store årsvariationer og dels, fordi analysetallene i de fleste tilfælde falder ret nøje sammen.

Jordens C-indhold ved Jyndevad og Højer er vist i fig. 5. Da der kun er to års resultater fra Rønhave, er disse udeladt her, men kan aflæses i tabel 4. Ved både Jyndevad og Højer er der i 0-10 cm's

dybde sket en ophobning af organisk C, hvor pløjning er udeladt. Dette ses især i den sidste del af forsøgsperioden. I 10-20 cm's dybde er forskellene mindre, men også i denne dybde er der tendens til et højere C-indhold, hvor der ikke er pløjet.

Det kan ikke afvises, at der i nogle tilfælde har været pløjet dybere end 20 cm, hvorved rå jord er blevet opblandet i pløjelaget, og at dette kan være årsag til et lavere C-indhold i det pløjede forsøgsled i forhold til upløjede forsøgsled.

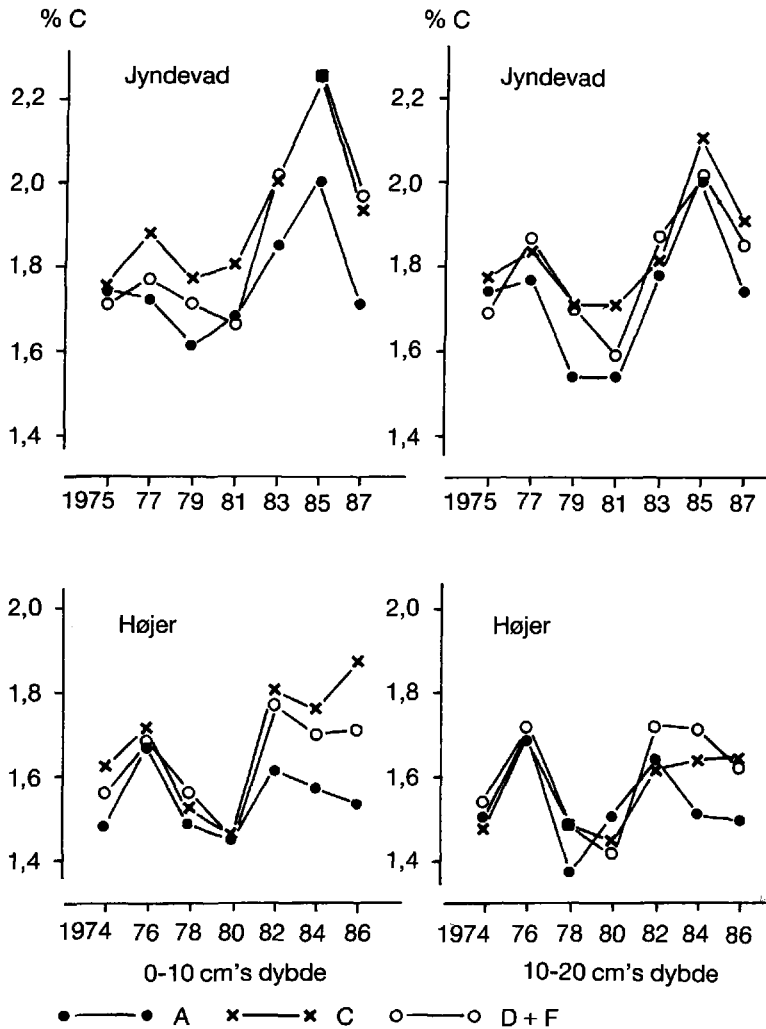


Fig. 5. Jordens C-indhold ved Jyndevad og Højer.  
Soil C-content at Jyndevad and Højer.

Dyrkning af italiensk rajgræs som efterafgrøde (C) har ikke forårsaget en forøgelse af C-indholdet i forhold til de øvrige overfladiske bearbejdnings. Tabel 4 viser, at der i 0-10 cm's dybde i relation til pløjning uden efterafgrøde (A) er sket en signifikant forøgelse af C-indholdet i periodens slutning, hvor der er gennemført pløjefri dyrkning. Dette ses især, hvor der har været dyrket italiensk rajgræs. I 10-20 cm's dybde er C-indholdet alle tre steder lavere end i 0-10 cm's dybde, hvor der er gennemført pløjefri dyrkning, men det er kun små forskelle, der er imellem de forskellige bearbejdnings.

Jordens Rt er vist i tabel 5 og fig. 6. Der er som ventet ikke de store forskelle, men enkelte tendenser skal dog fremhæves. I 0-10 cm's dybde ved Jyndeved er den eneste signifikante forskel, at Rt er lavere, hvor italiensk rajgræs er pløjet ned (B), end hvor der er fræsset overfladisk (D). På denne jord, hvor der med års mellemrum er tilført kalk, kunne det måske nok forventes, at Rt ville stige i 0-10 cm's dybde i forhold til 10-20 cm's dybde, hvor der gennemføres pløjefri dyrkning, men det er der kun svage tendenser til som vist i fig. 6.

Ved Rønhave er der i 0-10 cm's dybde ingen signifikante forskelle imellem forsøgsleddene (tabel 5), men dog en tendens til højere Rt i det pløjefri (fig. 6). I 10-20 cm's dybde er Rt i gennemsnit af de sidste 3 prøveudtagninger signifikant lavest, hvor der er gennemført pløjefri dyrkning (tabel 5). Ved Højer er Rt i 0-10 cm's dybde signifikant lavest, hvor der er gennemført pløjefri dyrkning (tabel 5). Dette skyldes, at der ved Højer ikke er tilført kalk i forsøgsperioden. Til gengæld er Rt steget svagt i disse forsøgsled i 10-20 cm's dybde.

Fosforsyretallet, Ft, er vist i tabel 6 og fig. 7. I de upløjede forsøgsled er Ft alle steder højere i 0-10 cm's dybde end i 10-20 cm's dybde. Fig. 7 viser, at Ft i 0-10 cm's dybde ved Jyndeved og Rønhave er højest og stigende med årene i det upløjede (D+F) uden efterafgrøde i forhold til pløjning (A) samt fræsning med efterafgrøde (C). Det højere Ft i de upløjede forsøgsled skyldes, at der i de øvre jordlag ophobes P efter årlig tilførsel. Når Ft i det fræsede forsøgsled med efterafgrøde ikke viser samme stigning, må det skyldes, at der fjernes P med efterafgrøden ved slæt omkring 1. november.

Ved Højer ligger Ft højest i det pløjede forsøgsled i 0-10 cm's dybde. Dette skyldes, at denne jord har et naturligt højt P-indhold, hvorfor der ikke er tilført P før i de sidste fire år af forsøgsperioden.

I 10-20 cm's dybde aftager Ft med tiden i de pløjefri forsøgsled i forhold til de pløjede forsøgsled.

Kaliumtallet, Kt, er i 0-10 cm's dybde lavest, hvor italiensk rajgræs er fjernet inden pløjning (B) (tabel 7), men også hvor der er fræsset, ses der lavere Kt. Dette skyldes, at der er fjernet kalium med efterafgrøden ved slæt omkring 1. november. Også i 10-20 cm's dybde er Kt lavest efter nedbringning af italiensk rajgræsstub, men her er forskellene imellem pløjning og fræsning mindre udtalte. I de upløjede forsøgsled (D, E og F) er Kt steget i 0-10 cm's dybde i forhold til det pløjede forsøgsled A, mens det i 10-20 cm's dybde er faldet. Dette skyldes manglende opblanding af næringsstofferne i et større jordvolumen, hvor der ikke er pløjet.

Fig. 8 viser, at Kt varierer en del fra år til år. Største variation ses ved Højer. Dette skyldes, at der pga. et naturligt højt kaliumindhold i denne jord først fra 1983 blev tilført K-gødning. Det ses også af figurene, at Kt alle tre steder er lavest i forsøgsled C (nedfræsning af italiensk rajgræsstub) igennem hele vækstperioden. Dette kan være årsag til et lavere udbytniveau i dette forsøgsled i de seneste år ved Jyndeved (9).

I andre langvarige forsøg er det ligeledes vist, at såvel kulstofindholdet som P- og K-indholdet er øget i overfladen samt reduceret i den centrale og nederste del af pløjelaget ved pløjefri dyrkning (4,8,11,12).

## Konklusion

Nedpløjning af italiensk rajgræs har reduceret jordens tæthed svagt i pløjelaget.

Reduceret jordbearbejdning forårsagede en sammentrykning af jorden i den centrale og nederste del af pløjelaget.

Der var tendens til dannelse af en trafikalsål i 30-40 cm's dybde i forbindelse med pløjning på lerjord ved Rønhave.

Rodudviklingen i de øverste jordlag var lidt større efter reduceret bearbejdning, mens den i den nederste del af pløjelaget var lidt større efter pløjning. I de dybere jordlag var der ingen forskelle.

I den grovsandede jord fandtes 86-87 pct. af rødderne i pløjelaget og 13-14 pct. i undergrunden. I lerjorden fandtes 60-67 pct. af rødderne i pløjelaget og 33-40 pct. i undergrunden.

Nedbringning af italiensk rajgræsstub gav en svag stigning i jordens C-indhold. Stigningen var størst i pløjelagets øverste del efter nedfræsning.

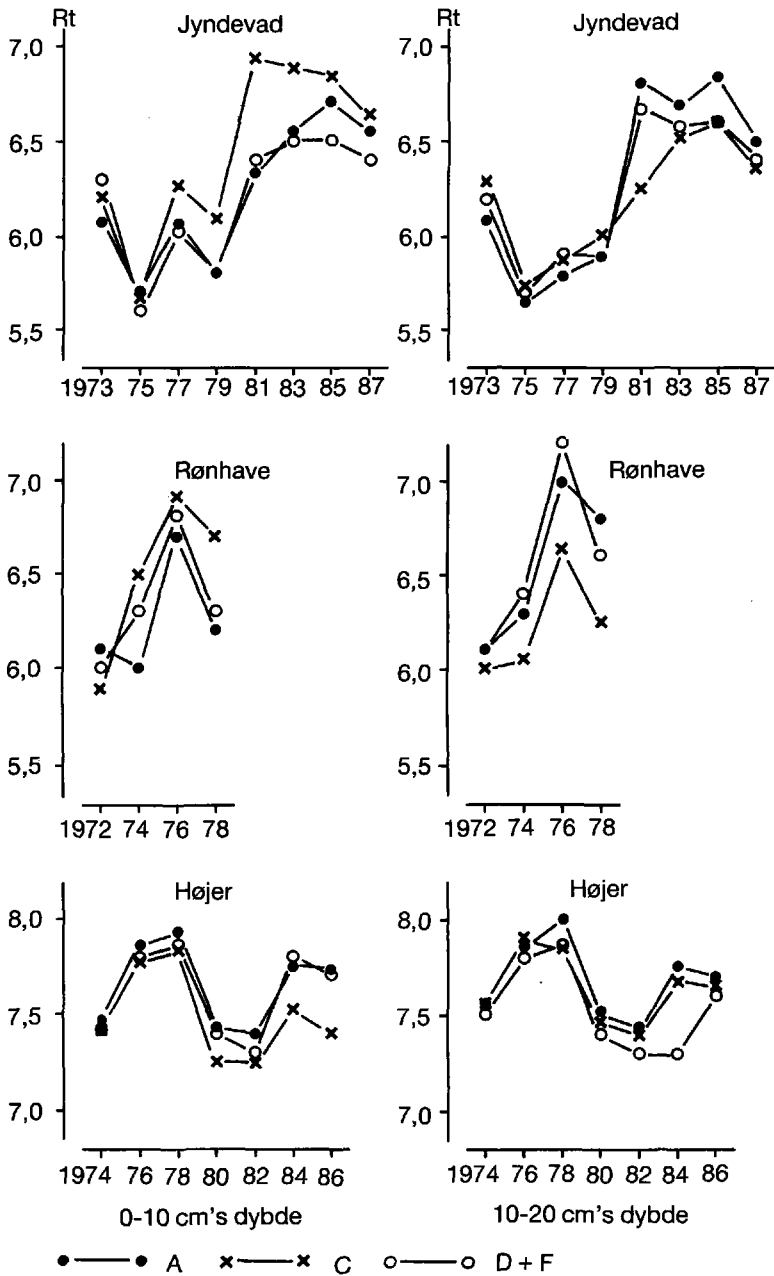


Fig. 6. Jordens Rt.  
Soil pH-index.

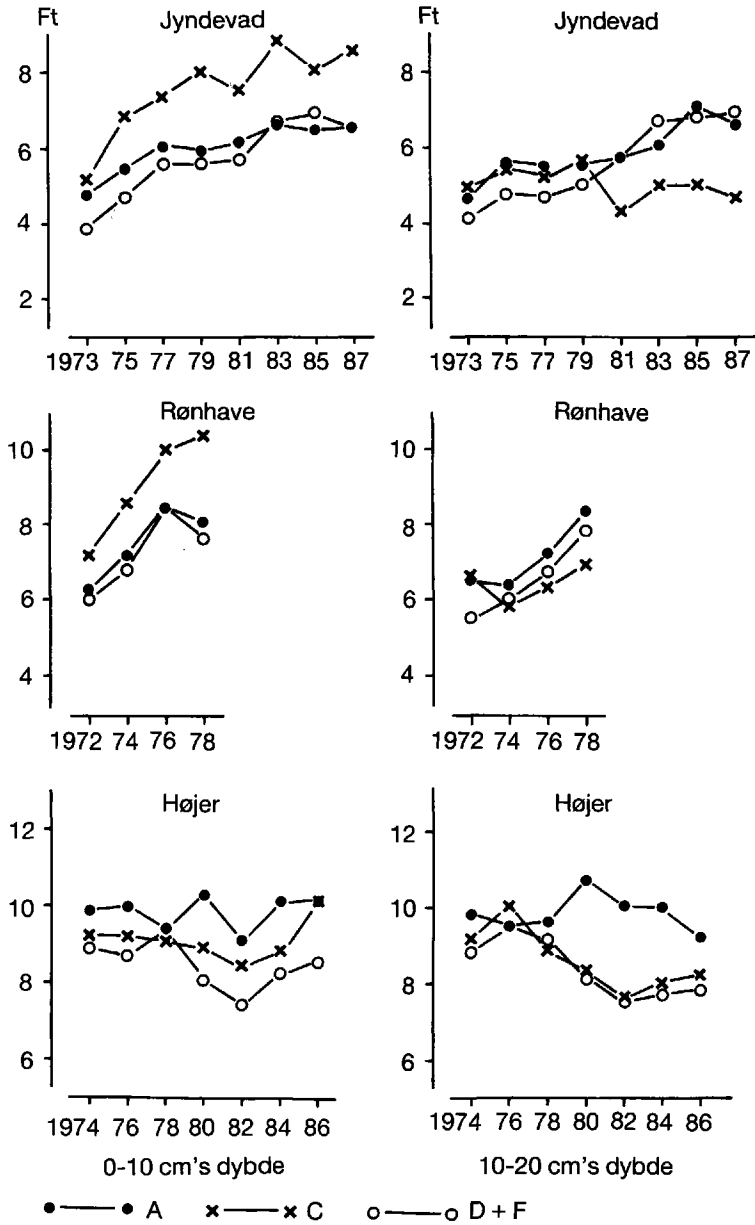


Fig. 7. Jordens Ft.  
Soil P-index.

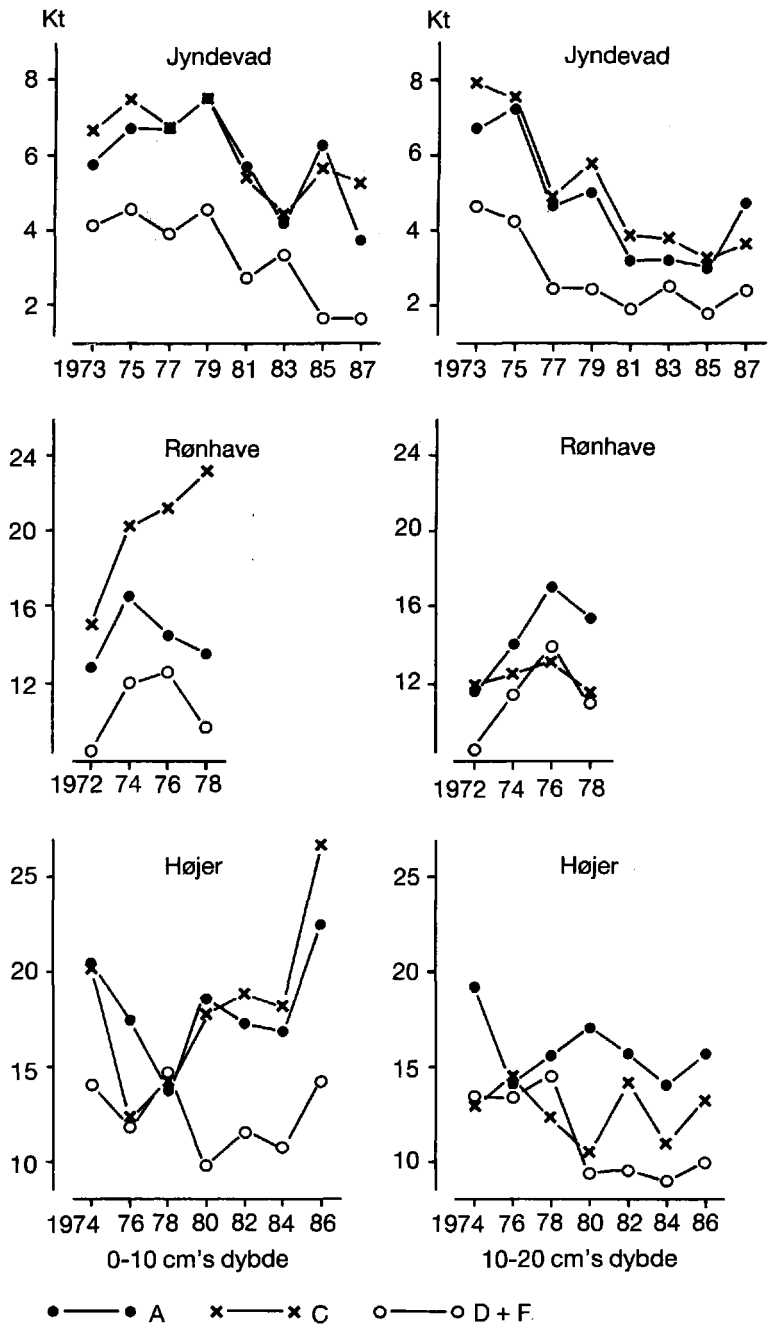


Fig. 8. Jordens Kt.  
Soil K-index.

Reduceret jordbearbejdning øgede jordens C-indhold i de øvre jordlag og reducerede det i den nederste del af pløjelaget.

Jordens Rt var kun svagt påvirket af nedbringning af italiensk rajgræs samt forskellige jordbearbejdningmetoder.

Fjernelse af en efterafgrøde af italiensk rajgræs påvirkede jordens Ft og Kt i negativ retning.

Reduceret jordbearbejdning øgede jordens P- og K-indhold i pløjelagets øverste del, mens det reduceredes i den nederste del. For pløjelaget som helhed har de forskellige jordbearbejdningmetoder ikke ændret jordens P- og K-indhold.

## Litteratur

1. *Andersen, A.* 1986. Rodvækst i forskellige jordtyper. Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. S 1827, 90 pp.
2. *Aslyng, H.C.* 1968. Klima, jord og vandbalance i jordbruget. DSR Forlag, 303 pp.
3. *Cannel, R.Q.* 1985. Reduced tillage in North-West Europe – A Review. *Soil Tillage Res.* 5, 129-177.
4. *Ellis, F.B.; Elliot, J.G.; Barnes, B.T. & Howse, K.R.* 1977. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 2. Spring barley on a sandy loam soil: soil physical conditions and root growth. *J. agric. Sci., Camb.* 89, 631-642.
5. *Hignett, C.T.* 1976. A method for sampling and measuring cereal roots. *J. Austral. Inst. Agric. Sci.* 42, 127-129.
6. *Madsen, H.B.* 1979. Jordbundskartering og bonitering belyst ved hjælp af jordens vandretention, bygs rodudvikling og simuleret planteproduktion. *Folia Geographia Danica.* TOM x, No. 5, 205 pp.
7. *Rasmussen, K.J.* 1973. Minimal jordbehandling. Statens Planteavlsvforsøg. Meddelelse. nr. 1104, 4 pp.
8. *Rasmussen, K.J.* 1988. Pløjning, direkte såning og reduceret jordbearbejdning til korn. *Tidsskr. Planteavl* 92, 233-248.
9. *Rasmussen, K.J.* 1990. Reduceret jordbearbejdning og italiensk rajgræs som efterafgrøde. I. Vækstbetingelser, udbytter, afgrødeanalyser og ukrudt. *Tidsskr. Planteavl* 95, 119-138.
10. *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.
11. *Riley, H. & Ekeberg, E.* 1989. Ploughless tillage in largescale trials. II. Studies of soil chemical and physical properties. *Norsk landbruksforskning* 3, 107-115.
12. *Rydberg, T.* 1987. Studier i pløjningsfri odling i Sverige 1975-1986. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, Swedish University of Agricultural Sciences, No. 76, 129 pp.
13. *Schjønnig, P. & Rasmussen, K.J.* 1989. Long-term reduced cultivation. I. Soil strength and stability. *Soil Tillage Res.* 15, 79-90.
14. *Schjønnig, P.* 1989. Long-term reduced cultivation. II. Soil pore characteristics as shown by gas diffusivities and permeabilities and air-filled porosities. *Soil Tillage Res.* 15, 91-103.

Manuskript modtaget den 10. december 1990