

Kvælstofgødskningens indflydelse på vækst og udvikling af vårraps

The influence of nitrogen fertilizing on growth and development of spring oilseed rape

Erik Augustinussen

Resumé

Tørstof- og kvælstofakkumuleringen i vårraps efter tilførsel af kvælstofgødning i seks mængder fra 0 til 300 kg N pr. ha (0–300 N) blev fulgt gennem vækstperioden i tre år.

Ved hver kvælstofmængde akkumuleredes tørstoffet efter en S-formet kurve med omtrent samme tilvæksthastighed fra sidst i maj til midt i juli. Nettotilvæksten ophørte i 1. uge af august. Den samlede maksimale tørstofproduktion varierede fra ca. 60 hkg pr. ha ved 0 N til ca. 110 hkg pr. ha ved 240 og 300 N.

I begyndelsen af vækstsæsonen foregik kvælstofoptagelsen i et forholdsvis langt hurtigere tempo end tørstofformingen, og ved de største N-tilførsler skete der i dette tidsrum en betydelig stigning i nitratindholdet, specielt i stænglen. Ved 0 N fortsatte nettooptagelsen af kvælstof en uge ind i august med varierende hastighed påvirket af bladfald, stængelvækst og frødannelse, medens den ved de største N-tilførsler ophørte midt i juli, formentlig på grund af, at nitratinholdet allerede da var stort. Dette indhold reduceredes lidt under frødannelsen, men var stadig betydeligt ved modenhed. Afgrødens maksimale kvælstofindhold varierede fra 88 kg pr. ha ved 0 N til 239 kg ved 300 N. Heraf fjernedes med frøet ved modenhed 60 kg pr. ha ved 0 N og 119 kg pr. ha ved 300 N.

De vigtigste frøudbyttebestemmende komponenter i relation til kvælstoftilførslen var antal sidegrene pr. plante og antal skulper pr. sidegren. Da et stort bladareal er en forudsætning for fremskaffelse af fotosyntater til udvikling af grene og knopper, er tidlig tilgængelighed af kvælstof, der medfører øget bladmasse, af stor betydning for frøudbyttet.

Nøgleord: Vårraps, kvælstofoptagelse, nitratoophobning, vækstanalyse.

Summary

The accumulation of dry matter and nitrogen in spring oilseed rape after application of six rates of nitrogen (0–300 kg N per ha) was followed during the growth period for three years.

At each nitrogen rate the dry matter was accumulated by a S-shaped curve at about the same rate from late May until mid-July. The net increase ceased in the first week of August. The total maximum dry matter production varied from about 60 hkg per ha at 0 N up to about 110 hkg per ha at 240 and 300 N.

The nitrogen uptake took place much faster than the dry matter formation at the beginning of the growth season. A considerable nitrate accumulation, particularly in the stem, occurred at the greatest N-rates.

Without nitrogen application the net accumulation continued into the first week of August at a varying rate, affected by leaf fall, stem growth and seed formation. At the largest N-rates nitrogen absorption stopped already in the middle of July. This was probably due to the large content of nitrate which was somewhat reduced during seed formation but was still considerable at ripeness. The maximum nitrogen content of the crop varied from 88 kg per ha at 0 N to 239 kg per ha at 300 N. 60 kg N per ha was removed with the ripe seed at 0 N and 119 kg N per ha at 300 N.

The most important seed yield components in relation to the nitrogen application were the number of side branches per plant and the number of pods per side branch. Because a large leaf area is necessary for production of carbon assimilates for development of branches and buds an early supply of nitrogen to the plants is of extreme importance for the seed yield.

Key words: Spring rapeseed, nitrogen absorption, growth analysis, nitrate accumulation.

Indledning

Kvælstofgødning er en af de vigtigste produktionsfaktorer i rapsdyrkingen. I forhold til andre landbrugsplanter er raps temmelig kvælstofkrævende, således ligger den økonomisk optimale N-mængde til vårraps, ifølge forsøg udført af de landøkonomiske foreninger, på 150–180 kg pr. ha (7). Hidtil er der udført mange undersøgelser over kvælstoftilførsels indflydelse på udbytte og frøkvalitet (3, 4, 5, 6, 11), men kun få, der belyser kvælstoffets optagelse i planterne og indvirkning på væksten. *Allen og Morgan* (1) viste, at stigende kvælstoftilførsel især øger antallet af skulper pr. plante og kun i mindre grad påvirker antal frø pr. skulpe og frøvægten. Ved overgødskning med kvælstof fandt *Scott et al.* (12), at skulpevægten forøgedes på bekostning af frøvægten. Optagelsen af kvælstof i en vårrapsafgrøde havde i en canadisk undersøgelse (9) et S-formet kurveforløb med den største optagelseshastighed i perioden lige før blomstring. Den maksimale kvælstofmængde i den samlede afgrøde var 253 kg pr. ha.

Ved Roskilde forsøgsstation er i forsøg med vårraps undersøgt kvælstoffets optagelsesforløb, indvirkning på udbytteparametre og videre omsætning, og resultaterne beskrives i det følgende. Hovedtabeller vil kunne lånes ved henvendelse til Roskilde forsøgsstation.

Materiale og metoder

Forsøgene blev udført i årene 1983–85, og i alle tre forsøg blev anvendt den dobbeltlave vårraps-sort Topas.

Forsøgsplanen var følgende:

A	0 kg N pr. ha (0 N)
B	60– – – – (60 N)
C	120– – – – (120 N)
D	180– – – – (180 N)
E	240– – – – (240 N)
F	300– – – – (300 N)

Forfrugt var i 1983 og 1985 vårbyg og i 1984 dild til frøavl. Kvælstofgødningen blev i 1983 tilført ad en gang forud for såningen, men blev i 1984 og 1985 tilført ad to gange for at mindske en eventuel spirehæmning. Forinden var forsøgene grundgødet med P og K, i 1983 med 500 kg 0–4–21+Mg (2,5%) pr. ha, i 1984 og 1985 med 400 kg 0–5–12+Mg (2,5%) pr. ha.

I alle forsøgene anvendtes 4 kg thiram-bejdsset udsæd pr. ha, og der såedes på 50 cm rækkeafstand. Såtidene fremgår af tabel 1. Ukrudtsbekæmpelse foretoges ved sprøjtning med Lasso (1983 og 1984) eller Treflan (1985), og skadedyrsbekæmpelse blev foretaget i fornødent omfang. Der blev udtaget prøver (1,5 m²) fra alle parceller i tre gentagelser på de i tabel 2 anførte tidspunk-

Tabel 1. Tidspunkter for såning, N-gødskning, blomstring, skårlægning og tærskning.
Date of sowing, nitrogen fertilization, flowering, swathing and threshing.

	Såning Sowing	N-gødskning Nitrogen fertilization		Blomstring Flowering		Skårlægning Swathing	Tærskning Threshing
		I	II	beg. init.	afslut. end.		
1983	6/5	15/4		26/6	18/7	17/8	24/8
1984	18/4	17/4	16/5	15/6	21/7	23/8	7/9
1985	25/4	22/4	23/5	18/6	25/7	26/8	9/9

ter. I tre gentagelser foretoges udbyttebestemmelse (20 m² netto pr. parcel) ved skårlægning, tørring på skår og tærskning, datoer er anført i tabel 1.

Ved hver prøveudtagning blev planterne gravet op med rod (til en dybde af ca. 25 cm) og opdelt i følgende organer: rod, stængel, blade, blomster, skulper, frø. Stængel inkluderer sidegrene og skulpestilke. Skulperne blev yderligere opdelt efter placering på planten, 1) skulper på hovedstænglen og 2) skulper på sidegrenene. Der blev bestemt tørvægt, og tørstoffet blev analyseret for indhold af total-N og NO₃-N. Frøene blev desuden analyseret for fedt. Råprotein er beregnet som (total N ÷ NO₃-N) × 6,25.

Tabel 2. Tidspunkter for prøveudtagning.
Date of sampling.

Høst nr. Harvestno.	1983	1984	1985
1	13/6	22/5	10/6
2	27/6	6/6	24/6
3	11/7	18/6	8/7
4	25/7	2/7	22/7
5	8/8	16/7	5/8
6	22/8	30/7	19/8
7		13/8	
8		27/8	

Resultater

Plantebestand

Antal planter pr. ha beregnet som gennemsnit af alle høsttider i det enkelte år er anført i tabel 3.

Der var ingen sikker reduktion i plantetallet som følge af stigende N-gødskning, og der var hel-

Tabel 3. Plantetal, 1000/ha, gns. af alle høsttider.
No. of plants, 1000/ha, mean of all harvests.

kg/ha	1983	1984	1985	Gns. Mean
0N	969	1203	953	1042
60-	928	1091	1037	1019
120-	957	1096	1130	1061
180-	990	1110	938	1013
240-	926	1015	1030	990
300-	947	1007	1090	1015

ler ikke nogen sikker bevægelse i plantetallet gennem vækstperioden.

Tørstofakkumulering

I fig. 1 er vist en grafisk fremstilling af tørstofakkumuleringen i 1984, som var det år, der gav den største totale tørstofmængde pr. ha. Forløbet af tørstofakkumuleringen i 1983 og 1985 adskilte sig dog ikke principielt fra forløbet vist i fig. 1.

Tørstofmængden i roden steg jævnt indtil juli, hvorefter den forblev nogenlunde konstant. Der er kun målt den del af rodmassen, som fandtes i 25 cm dybde, hvilket næppe er mere end 50% af den totale rodmasse, men alligevel fremgår det, at roden kun udgør en mindre del af den samlede biomasse, og at andelen bliver forholdsvis mindre, jo stærkere der gødes med kvælstof.

Tørstoffophobningen i den overjordiske del af planten forløb efter en svagt S-formet kurve med den største tilvækst i juni og begyndelsen af juli. Vækstforløbet kan opdeles i tre perioder, der hver var karakteriseret ved tørstoffophobning i en plantedel, først i bladene, dernæst i stænglen og sidst i skulper og frø.

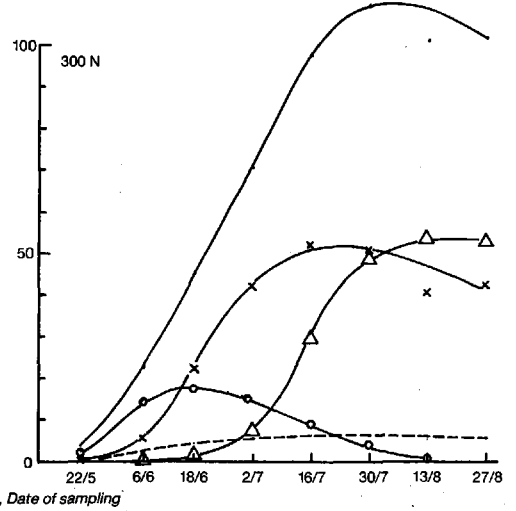
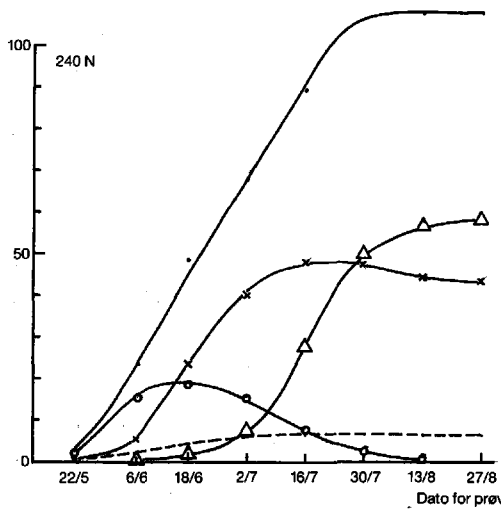
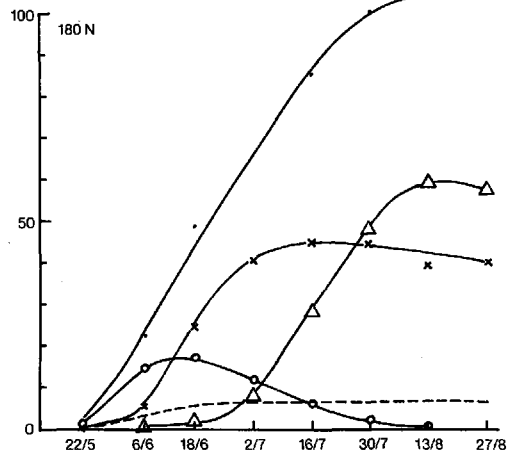
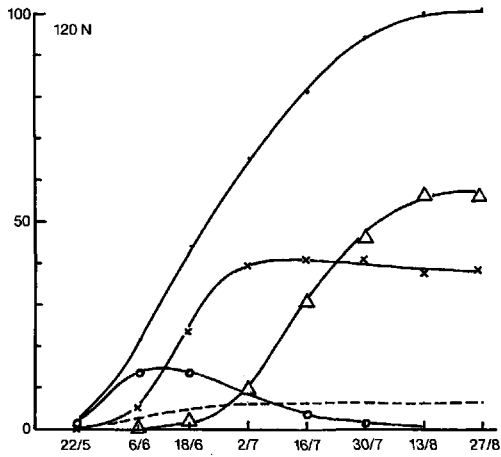
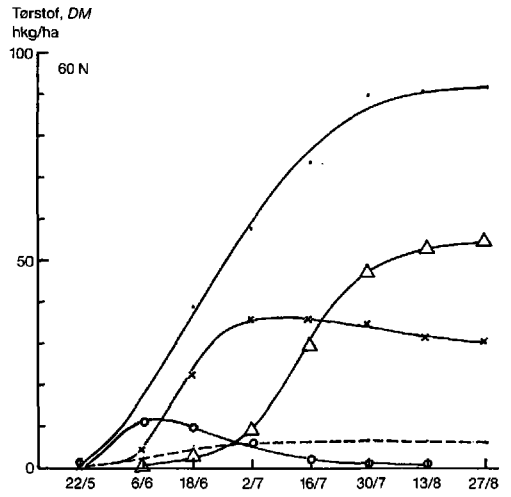
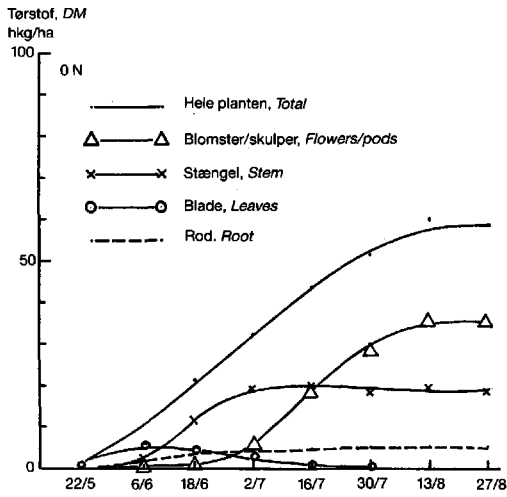


Fig. 1. Tørstofakkumulering i vårraps tilført 0–300 kg N pr. ha. 1984.
 DM accumulation in spring oilseed rape applied 0–300 kg N/ha. 1984.

I det ugødede forsøgsled havde bladene den største tørstofmasse i begyndelsen af juni og i det stærkest gødede forsøgsled ca. 14 dage senere. Derefter satte et kraftigt bladfald ind, og næsten alle blade var faldet af inden udgangen af juli, men bladfaldet var senest for 300 N. For stænglens vedkommende var der en lignende forskydning i tidspunktet for den maksimale tørstofmasse med stigende kvælstoftilførsel, men den følgende reduktion af tørstoffmassen var ret beskeden. Nettotilvæksten i skulper skete for hovedpartens vedkommende i juli, men stoppede dog først helt omkring midten af august. Det fremgår af fig. 1, at skulperne med stigende kvælstoftilførsel udgjorde en faldende del af den samlede biomasse, medens specielt stænglens andel var stigende.

Total-kvælstof

Planternes indhold af total-kvælstof som funktion af tiden i vækstperioden er vist i fig. 2, og igen er 1984-forsøget valgt som eksempel.

Planternes daglige nettokvælstofoptagelse var størst under bladdannelsen sidst i maj og først i juni og forløb derefter med en varierende, men noget lavere hastighed frem til begyndelsen af august. Ved de lave N-tilførsler var nettooptagelsen i juli periodevis nul eller negativ på grund af bladfaldet, men under frøudviklingen atter positiv. Med stigende kvælstoftilførsel blev svingningerne mere og mere udjævned. I skulper og frø opsamledes i frøudviklingsfasen mere end 3/4 af plantens samlede kvælstofmængde, medens indholdet i stænglen i samme periode faldt til under halvdelen af dennes maksimale indhold. Rodens kvælstofindhold steg indtil begyndelsen af juli og faldt derefter svagt.

I tabel 4 er anført den største, samlede kvælstofmængde i afgrøden og den største mængde kvælstof målt i affaldne, visne blade. Tidspunktet, hvor N-mængden var størst i afgrøden, blev fremskyndet med stigende N-tilførsel og lå i det ugødede forsøgsled midt i august og i det stærkest gødede midt i juli. De største N-mængder i de visne blade målt på samme tidspunkt eller tidligere. Opsamlingen af visne blade vanskeliggjør-

Tabel 4. Den maksimale kvælstofmængde målt i afgrøden og i visne blade samt kvælstofmængden i frø ved høst, kg N/ha.

The maximum rate of nitrogen measured in the crop and in faded leaves, and the rate of nitrogen in the seed at harvest, kg N/ha.

	Tilført N, kg/ha Applied N, kg/ha					
	0	60	120	180	240	300
	Maks. i afgrøden, kg N/ha <i>Maximum in the crop, kg N/ha</i>					
1983	88	130	163	180	179	187
1984	89	136	161	206	223	238
1985	79	126	163	212	227	236
Gns.	85	130	162	200	210	220
<i>Mean</i>						
	Maks. i visne blade, kg N/ha <i>Maximum in faded leaves, kg N/ha</i>					
1983	5	10	16	21	21	25
1984	2	9	12	16	16	20
1985	2	7	7	8	15	13
Gns.	3	9	12	15	17	19
<i>Mean</i>						
	I frø ved modenhed, kg N/ha <i>In seed at ripeness, kg N/ha</i>					
1983	65	93	113	116	117	109
1984	61	92	109	124	124	119
1985	53	81	100	111	117	129
Gns.	60	89	107	117	119	119
<i>Mean</i>						

des af, at nedbrydningen af bladene begyndte straks efter nedfald, og de anførte mængder ligger derfor nok i underkanten af de rigtige størrelser.

Nederst i tabel 4 er vist de N-mængder, som målt i frø ved modenhed. I det ugødede led var indholdet 60 kg N pr. ha; ved det første kvælstoftrin steg mængden med 50% og ved det største N-tilskud var frøets N-indhold ca. det dobbelte af indholdet i den ugødede afgrøde, men udgjorde dog kun godt 1/3 af det tilførte.

Hvis det antages, at den samlede optagelse af kvælstof i planterne svarer til summen af det maksimale indhold i den friske afgrøde og i visne blade, er der fra jorden i de ugødede parceller frigjort ca. 88 kg N pr. ha. Da mineralisering af organisk bundet kvælstof ikke synes at være mindre i

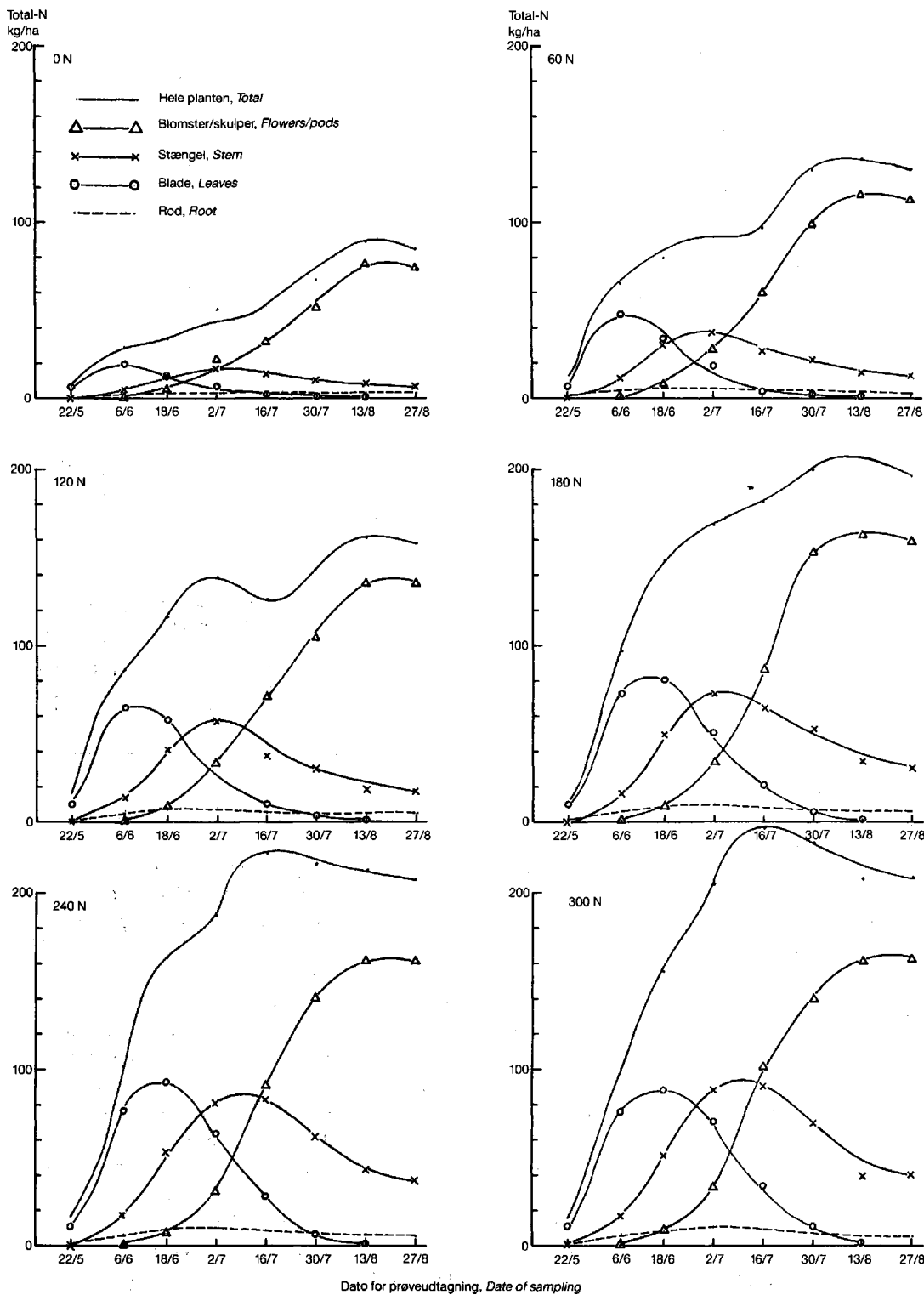


Fig. 2. Akkumulering af total-N i vårraps tilført 0–300 kg N pr. ha, 1984.
 Accumulation of total-N in spring oilseed rape applied 0–300 kg N/ha, 1984.

Tabel 5. Overslag over kvælstofomsætningen i forsøg med vårraps. Gns. af 3 forsøg, 1983–85.
Estimated distribution of liberated and applied nitrogen on seed, plant residues and soil. Mean of 3 experiments, 1983–85.

	0	60	Tilført N, kg/ha		240	300
			Applied N, kg/ha	120		
Tilgængeligt N*)	88	148	208	268	328	388
<i>Available N</i>						
Optaget i afgrøden	88	139	174	215	227	239
<i>Taken up in the crop</i>						
I frø ved modenhed	60	89	107	117	119	119
<i>In seed at ripeness</i>						
I planterester	28	50	67	98	108	120
<i>In plant residues</i>						
Ikke optaget i afgrøden	0	9	34	53	101	149
<i>Not taken up in the crop</i>						
Tilført + indh. i frø	-60	-29	13	63	121	181
<i>Applied - cont. in seed</i>						
Tilgængeligt + indh. i frø	28	59	101	151	209	269
<i>Available - cont. in seed</i>						

*) 88 kg N pr. ha frigjort fra jorden + tilført N
 88 kg N/ha liberated from the soil + applied N

kvælstofgødet end i ugødet jord (8), har der i forsøgsleddet med det største kvælstoftilskud været mindst 388 kg N pr. ha til rådighed for rapsafgrøden (tabel 5, øverst). Da der i afgrøden er optaget fra 88 til 239 kg N pr. ha, har den ikke-optagne del udgjort fra 0 til 149 kg. I andre plantedele end frøene var der gennemsnitligt fra 28 kg N pr. ha i det ugødede forsøgsled til 120 kg i det kraftigste gødede led. I alt udgjorde frigjort + tilført – høstet kvælstof fra 28 til 269 kg N pr. ha ved tilførsel af henholdsvis 0 og 300 kg, medens der ved normal gødsning med 120–180 kg pr. ha var mellem 100 og 150 kg, som ikke blev høstet med frøet, men som for ca. to tredjedele vedkommende var bundet som organisk kvælstof i andre plantedele. Regnes der kun med det tilførte kvælstof, var der af 120 kg N pr. ha kun ca. 13 kg, som ikke høstede med frøet, og der var balance ved ca. 100 kg N tilført pr. ha.

Frøudbytte

I tabel 6 er anført de frøudbytter, der opnåedes i almindelige høstparceller (3 × ca. 30 m²) ved skårlægning og mejetærskning. Udbytterne ved de enkelte kvælstoftrin var stort set ens i 1984 og

1985, medens de i 1983 var lidt lavere i de forsøgsled, hvor der blev tilført kvælstof. Gennemsnitligt opnåedes det største udbytte ved tilførsel af 240 kg N pr. ha, men merudbytterne for tilførsler ud over 120 kg N pr. ha var små.

Tabel 6. Frøudbytte i store parceller, hkg tørstof/ha.
Seed yield in large plots, hkg DM/ha.

kg/ha	1983	1984	1985	Gns. Mean
0 N	1543	1499	1607	1550
60–	1956	2230	2267	2151
120–	2142	2535	2494	2390
180–	2155	2728	2597	2513
240–	2312	2711	2691	2571
300–	2276	2626	2764	2555

Udbyttets fordeling mellem frø på hovedstænglen og frø på sidegrenene er vist i tabel 7, hvis udbyttetotal stammer fra den sidste udtagning af prøver (3 × 1,5 m² pr. forsøgsled) i hvert enkelt år. Gennemsnitligt var variationen i frøudbytterne på hovedstænglen relativt beskedne, medens udbytteforskellene hovedsageligt stammede fra variationer i sidegrenenes udbytter. Når det samlede

Tabel 7. Frøudbytte og udbyttekomponenter ved hvert års sidste høst af små parceller (1,5 m²) opdelt efter skulpernes placering på hovedstængel og sidegrene.

Seed yield and components of yield at the last harvest of small plots (1,5 m²) in each year.

	Hovedstængel <i>Main stem</i>						Sidegrene <i>Branches</i>					
	0	60	120	180	240	300	0	60	120	180	240	300
	Tilført N, kg/ha <i>Applied N, kg/ha</i>											
	Frøudbytte, kg tørstof pr. ha <i>Seed yield, kg DM per ha</i>											
1983	882	992	1251	1105	1081	1105	906	1321	1397	1565	1564	1247
1984	1147	1236	1114	896	847	774	593	1344	1736	2114	2128	1931
1985	903	975	944	859	843	941	796	1465	1719	1946	2014	2179
Gns. <i>Mean</i>	977	1068	1103	953	924	940	765	1377	1617	1875	1902	1786
	Antal skulper pr. plante <i>No. of pods per plant</i>											
1983	17,0	19,5	23,2	21,6	21,6	22,3	19,2	26,6	27,1	28,3	34,3	25,2
1984	13,9	20,6	22,6	22,5	24,8	23,4	9,7	25,5	39,1	45,2	58,0	50,2
1985	12,8	16,2	16,5	16,9	15,1	15,6	16,7	34,6	38,2	48,7	47,5	49,8
Gns. <i>Mean</i>	14,6	18,8	20,8	20,3	20,5	20,4	15,2	28,9	34,8	40,7	46,6	41,7
	Antal frø pr. skulpe <i>No. of seeds per pod</i>											
1983	15,6	18,5	17,8	18,7	16,8	17,4	14,2	18,1	17,0	20,2	15,3	17,4
1984	17,0	15,4	16,4	14,4	13,4	13,6	14,2	13,2	13,8	15,7	13,9	14,4
1985	17,9	19,2	21,5	17,9	21,0	19,6	15,1	15,4	17,1	16,8	17,3	16,0
Gns. <i>Mean</i>	16,8	17,7	18,6	17,0	17,1	16,9	14,5	15,6	16,0	17,6	15,5	15,9
	Frøvægt, mg <i>Seed weight, mg</i>											
1983	3,04	3,12	2,92	2,97	2,98	2,86	3,04	3,12	2,92	2,97	2,98	2,86
1984	3,93	3,82	3,23	3,28	3,09	2,88	3,44	3,83	3,41	3,48	3,32	3,09
1985	3,54	3,15	2,95	2,94	2,64	3,01	2,82	2,77	2,58	2,48	2,43	2,68

udbytte pr. arealenhed i de små, håndhøstede parceller gennemgående var større end i de tilsvarende store høstparceller, skyldtes det bl.a., at frøspild praktisk taget blev undgået ved høst og rensning af frøet fra de små parceller, samt at tørstof-tab ved ånding efter afskæringen for de små parcellers vedkommende blev reduceret gennem en hurtig nedtørring af frøet.

Udbyttekomponenter

Frøudbyttet afhænger af en række komponenter, der hver især kan påvirkes af vækstfaktorerne. Udbyttekomponenterne for raps er: 1. Antal planter pr. arealenhed, 2. Antal skulper pr. plante, 3. Antal frø pr. skulpe og 4. Frøvægt. For at undersøge, hvilke af disse der påvirkedes af kvælstoftilførslen, blev der foretaget optællinger af planter og skulper samt målt frøvægte, medens frøantallet pr. skulpe blev beregnet. Plantetallet fremgår af tabel 3 og er tidligere omtalt, medens de øvrige data er vist i tabel 7.

Tabel 8. Antal sidegrene pr. plante og antal skulper pr. sidegren.

Number of branches per plant and number of pods per branch.

	Tilført N, kg/ha <i>Applied N, kg/ha</i>					
	0	60	120	180	240	300
	Antal sidegrene pr. plante <i>Number of branches per plant</i>					
1983	1,9	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3
1984	2,1	3,4	4,0	4,1	4,2	4,2
1985	2,7	3,6	4,2	4,2	4,2	5,1
Gns. <i>Mean</i>	2,2	3,1	3,5	3,5	3,6	3,9
	Antal skulper pr. sidegren <i>Number of pods per branch</i>					
1983	10,1	12,1	11,8	12,3	14,3	11,0
1984	4,6	7,5	9,8	11,0	13,8	12,0
1985	6,2	9,6	9,1	11,6	11,3	9,8
Gns. <i>Mean</i>	7,0	9,7	10,2	11,6	13,1	10,9

Antallet af skulper pr. plante steg for hovedstænglens vedkommende gennemsnitligt fra ca. 15 ved ugødet til ca. 20 ved 120 kg N pr. ha og ændrede sig ikke yderligere for stigende N-tilførsel. På sidegrenene steg antallet fra ca. 15 ved ugødet til henimod 50 ved 240 kg N pr. ha. Komponenten skulper pr. plante kan for sidegrenenes vedkommende yderligere opdeles i: grene pr. plante og skulper pr. gren, hvilket giver de i tabel 8 anførte resultater. Antallet af sidegrene var noget lavere i 1983 end i de 2 følgende år, hvor planterne gødet med 120 kg N pr. ha eller mere gennemsnitligt havde lidt over 4 sidegrene. Antallet af skulper pr. gren varierede meget mellem årene ved 0 og 60 kg N pr. ha, men lå ved de større gødningsmængder ret konstant på et gennemsnit mellem 11 og 14.

Antallet af frø pr. skulpe (tabel 7) varierede i gennemsnit af de tre forsøg kun lidt. Der var 1-2 frø mere pr. skulpe ved hovedstænglen end på grenene, men ingen sikker tendens i forhold til gødningsmængden.

Frøvægten (tabel 7) varierede temmelig meget både inden for og mellem forsøgene. I 1983 var der en tendens til fald i frøvægt med stigende N-tilførsel. I 1984 blev denne tendens forstærket, og frøene fra sidegrenene var gennemgående lige så store eller større end frøene fra hovedstænglen. I 1985 blev den sidste prøveudtagning foretaget ca. 1 uge før det normale skårlægningstidspunkt, hvilket kan være årsag til, at frø fra sidegrenene og fra forsøgsled med de største N-tilførsler ikke var færdigudviklede og derfor mindre end frø fra hovedstængler i de svagest gødede parceller. I frøet fra de skårlagte, store parceller blev frøvægtene i forsøgsleddene fra 0 til 300 kg N målt til 3,38 - 3,23 - 3,06 - 3,06 - 3,00 - 3,07 mg pr. frø. Der var således også i 1985 et tydeligt fald i frøvægten med stigende N-tilførsel.

Fedt

Det procentiske fedtindhold i frøet blev reduceret med 3-4%-enheder, når N-tilskuddet hævedes fra 0 til 300 kg N pr. ha (tabel 9). Nedgangen var især stor for trinene mellem 60 og 180 kg N pr. ha. Udbyttet af råfedt var dog i gennemsnit størst ved 240 kg N pr. ha, men merudbyttet for N-tilførsel ud over 120 kg pr. ha var ikke store.

Tabel 9. Råfedt og råprotein i frø, indhold og udbytte. Parcelstørrelse 30 m².

Crude fat and protein in seed, content and yield. Size of plots 30 m².

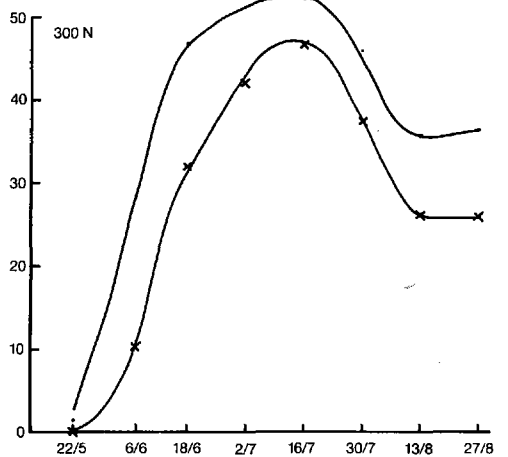
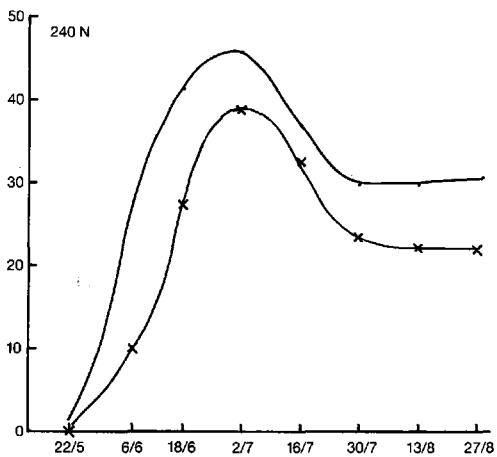
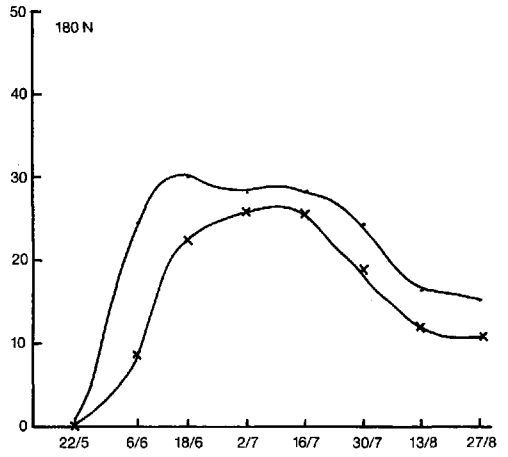
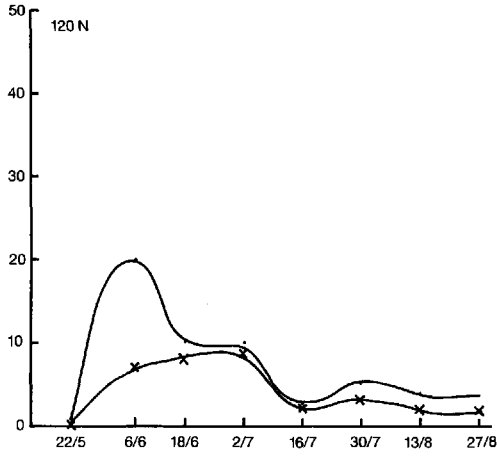
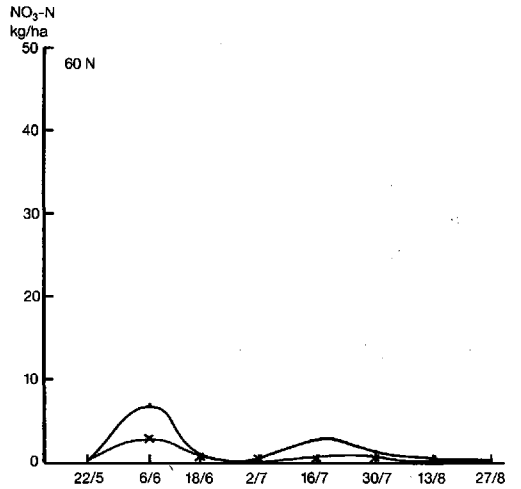
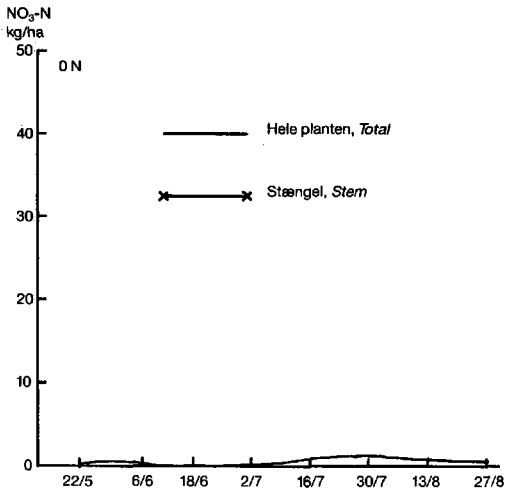
	Tilført N, kg/ha Applied N, kg/ha					
	0	60	120	180	240	300
	Råfedt, % af tørstof Crude fat, % of DM					
1983	47,4	46,8	46,0	44,8	45,2	44,1
1984	46,9	47,1	46,0	44,5	42,9	42,9
1985	48,1	47,6	46,0	45,0	44,6	45,0
Gns.	47,5	47,2	46,0	44,8	44,2	44,0
Mean						
	Råfedt, kg/ha Crude fat, kg/ha					
1983	731	915	985	965	1045	1004
1984	703	1050	1166	1214	1163	1127
1985	773	1079	1147	1169	1200	1244
Gns.	736	1015	1099	1116	1136	1125
Mean						
	Råprotein, % af tørstof CP, % of DM					
1983	22,8	23,9	25,8	27,3	26,8	27,8
1984	22,4	22,5	23,6	25,2	26,4	26,3
1985	20,9	21,6	22,4	23,5	24,1	24,8
Gns.	22,1	22,7	23,9	25,3	25,8	26,3
Mean						
	Råprotein, kg/ha CP, kg/ha					
1983	352	468	551	589	619	633
1984	336	502	599	687	717	689
1985	336	490	560	610	649	686
Gns.	341	487	570	629	662	669
Mean						

Råprotein

Råproteinindholdet i frøet steg i gennemsnit ca. 4%-enheder med øget N-tilførsel fra 0 til 300 kg pr. ha (tabel 9). Råproteinudbyttet, der var ret ensartet fra forsøg til forsøg, steg gennemsnitligt fra 341 kg ved ugødet til 669 kg ved 300 kg N pr. ha, dog var merudbyttet for de enkelte trin stærkt aftagende med stigende N-tilførsel.

Nitrat

Planternes indhold af nitrat i 1984 fremgår af fig. 3. I det ugødede forsøgsled var nitratindholdet lavt gennem hele vækstsæsonen, medens det i de N-gødede forsøgsled periodisk steg til værdier,



Dato for prøvudtagning, Date of sampling

Fig. 3. Akkumulering af nitrat-N i vårraps tilført 0-300 kg N pr. ha. 1984.
Accumulation of nitrate-N in spring oilseed rape applied 0-300 kg N/ha. 1984.

der varierede fra ca. 7 kg pr. ha i forsøgsled B (60 N) til over 50 kg pr. ha i forsøgsled F (300 N). Op-hobningen af nitrat var tilsyneladende især knyt-tet til de tidligere omtalte perioder med stærk vækst af enten blade, stængel eller frø, men ved de største N-mængder var optagelsen af nitrat i bladdannelsesperioden særdeles stor, og indhol-det aftog først igen henimod frøenes modning. Størsteparten af nitrattet fandtes i stænglen, me-dens der praktisk taget ikke var nitrat i frøet.

Diskussion

Hovedtrækkene i det tidsmæssige forløb af netto-optagelsen af kvælstof i vårrapsplanterne var ens ved alle kvælstofniveauer, nemlig en stor opta-gelse under bladdannelsen og derefter kortere pe-rioder med optagelse i mere moderat hastighed under stængelvækst og frøfyldning. Bladfaldet i juni medførte en vis stagnation i nettooptagelsen, specielt i det ugødede forsøgsled, medens dette forhold var mere udvisket i leddene med de store N-tilførsler. Nedgangen i nettooptagelsen af kvælstof skyldes delvis N-tabet med de affaldne blade, men sættes også i forbindelse med svig-tende fotosyntatforsyning til rødderne (10). Net-tooptagelsen ophørte tidligst ved de store gød-ningsmængder, hvilket sandsynligvis hænger sam-men med den betydelige nitrato-phobning, der fandt sted i begyndelsen af vækstperioden og som bevirkede, at nitratinholdet specielt i stænglen var meget højt helt frem til frøfyldningsperioden.

Selv om der sker en vis luksusoptagelse af nitrat i bladdannelsesperioden, er det vigtigt, at kvæl-stofforsyningen er fuldt tilstrækkelig på netop dette tidspunkt (2). Bladene skal, som det tidli-gere er fremhævet (13), skaffe fotosyntater til ud-vikling af grene og knopper, og denne undersø-gelse viste, at antallet af sidegrene og antallet af skulper pr. sidegren var de vigtigste udbyttekom-ponenter. Forsøg med skygning af bladene i en kort periode ved begyndende blomstring viste da også en reduktion i antallet af udviklede skulper (14).

Når skulpetallet i så høj grad bliver bestem-mende for frøudbyttet, hænger det sandsynligvis sammen med, at fotosyntesen efter bladfaldet ho-

vedsagelig foregår i skulperne, der således produ-cerer kulstofassimilerne til frøudviklingen. I førnævnte forsøg med periodisk overskygning af planterne (14) viste det sig også, at kapaciteten for kompensatorisk vækst i det resterende antal skulper efter tilbagevenden til fuld belysning var nedsat. Når der i nærværende undersøgelse er tendens til negativ korrelation mellem kvælstof-tilførsel og frøvægt, må det skyldes, at en anden vækstfaktor end kvælstof er blevet begrænsende for væksten. Vækstanalysens resultater tyder ikke på, at den vegetative vækst i særlig grad var stimu-leret på bekostning af frøudviklingen, som det un-dertiden har været tilfældet (12).

Det maksimale frøudbytte opnåedes ved tilfø-rsel af 240 kg N pr. ha, men merudbytteerne for til-førsler over 120 kg pr. ha var små og aftagende, og allerede ved 150 kg N pr. ha nåedes den økonomi-ske grænse, hvor yderligere N-tilførsel ikke kunne betales af det tilsvarende merudbytte.

I forhold til de gældende normer vil N-tilførs-len ofte kunne reduceres, uden at det medfører en væsentlig forringelse af dækningsbidraget. Da den kvælstofmængde, der kan frigøres fra jord og halm i efteråret, øges stærkt med stigende N-til-førsel, kan selv små reduktioner være af betyd-ning for miljøet.

Litteratur

1. Allen, E. J. & Morgan, D. G. 1972. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. *J. agric. Sci., Camb.* 78, 315-324.
2. Allen, E. J. & Morgan, D. G. 1975. A quantitative comparison of the growth, development and yield of different varieties of oilseed rape. *J. agric. Sci., Camb.* 85, 159-174.
3. Augustinussen, E., Nordestgaard, A. & Flengmark, P. 1983. Frøkvalitet hos vårraps ved gødskning med kvælstof, fosfor og kalium. *Tidsskr. Planteavl* 87, 465-475.
4. Diepenbrock, W. 1979. Einfluss der Stickstoffernährung auf qualitative und quantitative Sameneigenschaften von Raps (*Brassica napus* L.). *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 142, 740-750.

5. Henry, J. L. & MacDonald, K. B. 1978. The effects of soil and fertilizer nitrogen and moisture stress on yield, oil and protein content of rape. *Can. J. Soil Sci.* 58, 303–310.
6. Nordestgaard, A. 1966. Forsøg med stigende mængder kalksalpeter til sommerraps 1961–65. *Tidsskr. Planteavl* 70, 340–345.
7. Fuglsang, S., Kristensen, H. & Elbæk-Pedersen, H. 1986. Kvælstof til raps. *Oversigt over Landsforsøgene* 1985, 105–106.
8. Kjellerup, V. & Dam Kofoed, A. 1983. Kvælstofgødskningens indflydelse på udvaskning af plantenæringsstoffer fra jorden. Lysimeterforsøg med anvendelse af ^{15}N . *Tidsskr. Planteavl* 87, 1–22.
9. Racz, G. J., Webber, M. D., Soper, R. J. & Hedling, R. A. 1965. Phosphorus and nitrogen utilization by rape, flax and wheat. *Agron. J.* 57, 335–337.
10. Rood, S. B., Major, D. J., Carefoot, J. M. & Bole, J. B. 1984. Seasonal distribution of nitrogen in oilseed rape. *Field Crops Res.* 8, 333–340.
11. Scarisbrick, D. H., Daniels, R. W., Chapman, J. & Parr, M. 1981. The effect of nitrogen on the development of spring oilseed rape. *Expl. Husb.* 37, 63–73.
12. Scott, R. K., Ogunremi, E. A., Ivins, J. D. & Mendham, N. J. 1973. The effect of fertilizers and harvest date on growth and yield of oilseed rape sown in autumn and spring. *J. agric. Sci., Camb.* 81, 287–293.
13. Tayo, T. O. & Morgan, D. G. 1975. Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci., Camb.* 85, 103–110.
14. Tayo, T. O. & Morgan, D. G. 1979. Factors influencing flower and pod development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci., Camb.* 92, 363–373.

Manuskript modtaget den 19. december 1986.