

Kvælstofgødsningens indflydelse på vækst og udvikling af vinterraps

The influence of nitrogen fertilization on growth and development of winter oilseed rape

Erik Augustinussen

Resumé

Tørstof- og kvælstofakkumuleringen i vinterraps blev i årene 1983–86 undersøgt ved forårstilførte N-mængder på 0–300 kg pr. ha. I et år, 1985–86, undersøgt desuden virkningen af en tilførsel på 0–60 kg N pr. ha ved såning.

I efterårsperioden producerede afgrøden uden kvælstoftilførsel 8–14 hkg tørstof og optog 32–54 kg N pr. ha. I 1985 medførte en tilførsel af 30–60 kg N pr. ha ved såning en væsentlig forøgelse af tørstofproduktionen, men kun op til halvdelen af det tilførte kvælstof blev optaget i planterne.

I løbet af vinteren og det tidlige forår blev såvel tørstof- som kvælstofmængden reduceret betydeligt, og først hen imod slutningen af april blev tilvæksten igen mærkbar. Den kraftigste N-optagelse fandt sted lige før og omkring begyndende blomstring. Ved N-tilførsler over 120 kg pr. ha skete i denne periode en kraftig ophobning af nitrat i stænglerne. Efter en stilstand i perioden omkring afslutning af blomstringen syntes der atter at ske en nettooptagelse af kvælstof under frøfyldningen. Samtidig fandt der en kraftig translokation sted af kvælstofforbindelser fra stængel og skulpevægge til frø.

Nøgleord: Vinterraps, kvælstofoptagelse, nitrat, vækstanalyse.

Summary

The accumulation of dry matter and nitrogen in winter oilseed rape, fertilized with 0 to 300 kg N per ha in the spring, was investigated during three growth periods, 1983–86. During one year, 1985–86, the effect of 0 to 60 kg per ha applied at sowing was studied.

In the autumn period a crop without nitrogen supply produced 8–14 hkg dry matter and took up 32–54 kg N per ha. Application of 30–60 kg N per ha at sowing increased the dry matter production in the autumn greatly, but not more than half of the applied nitrogen was taken up by the plants.

During the winter and the early spring the amount of dry matter and nitrogen was reduced, and not until the end of April the net growth began again. The strongest N-uptake took place in May just before and about the beginning of flowering.

Application of more than 120 kg N per ha greatly increased the accumulation of nitrate in the stem. After a stagnant state just before and after the end of flowering the net taking up of nitrogen seemed to continue during the period of seed ripening. At the same time there was a strong transportation of nitrogen compounds from stem to seed.

Key words: Winter oilseed rape, nitrogen uptake, nitrate, growth analysis.

Indledning

Vinterraps er en kvælstofkrævende afgrøde, hvis totale N-optagelse kan udgøre over 250 kg per ha. Der kan dog forekomme nogen variation, som hovedsagelig skyldes forskelle i afgrødens størrelse, og i mindre grad forskelle i det procentiske kvælstofindhold (5). Af den samlede kvælstofmængde i afgrøden optages indtil en tredjedel i løbet af efteråret (10). Optagelsen afhænger både af såtidspunktet og af tilgængeligheden af kvælstof fra jorden (2, 6, 9).

N-optagelsen i foråret begynder i april og er størst lige inden begyndende blomstring. Både i vinterperioden og efter blomstringen sker der et henfald af blade med kvælstoftab til følge. Omkring 1. juli begynder den samlede N-mængde i afgrøden at aftage samtidig med, at der øjensynligt sker en translokation af N fra blade og stængel til frø (5, 10).

De fleste, tidligere vækstanalyser blev udført ved et enkelt kvælstofniveau og havde især til formål at få fastlagt kvælstofoptagelsens forløb (10). Da raps fremover foruden at være en olieplante også må betragtes som leverandør af værdifuldt protein, og da knappe N-ressourcer skal fordeles, så tab og udvaskning undgås, blev der ved Roskilde forsøgsstation i årene 1983–86 udført forsøg til belysning af N-gødsknings indflydelse på kvælstoffets optagelse og omsætning i planterne. I denne beretning beskrives tørstofproduktionen og den kvantitative kvælstofomsætning, medens indvirkningen på udbyttekomponenter og på dannelsen af forskellige indholdsstoffer behandles i en kommende beretning. I denne serie er tidligere udsendt en beretning om vårraps (3).

Forsøget blev gennemført over tre år, men hovedvægten i beskrivelsen vil blive lagt på forsøget 1985/86, hvor afgrøden var ubeskadiget.

Materiale og metoder

Forsøget blev i alle tre år udført med følgende mængder kvælstof tilført om foråret:

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

I 1985/86 blev de fem laveste forårsudbragte N-mængder (led A–E) kombineret med følgende mængder kvælstof udbragt kort tid efter såning:

- 1. 0 kg N pr. ha
- 2. 30 kg N pr. ha
- 3. 60 kg N pr. ha

I 1983/84 og 1984/85 blev der ikke tilført kvælstof om efteråret. Forsøgene blev anlagt i blokke med randomiseret parcellfordeling inden for blokkene. Forfrugten var vårbyg i alle år. Forud for såning blev grundgødet med 400 kg PK 0–4–12 + Mg (2,5%) pr. ha. I alle forsøg blev anvendt sorten Jet Neuf. Der blev udsået 5,5 kg thirambejdet udsæd pr. ha på en rækkeafstand af 50 cm. Datoer for såning og N-tilførsel fremgår af tabel 1.

Bekæmpelse af ukrudt og genvækst af korn i efteråret blev foretaget med Kerb 50 og af kamille i foråret med Matrigon. I 1984 blev der ikke sprøjtet mod skadedyr i den periode, hvor planter til vækstanalysen skulle behandles manuelt. Det medførte, at frøudbyttet blev stærkt reduceret på

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

	N-gødskning <i>Nitrogen fertilization</i>			Blomstring <i>Flowering</i>		Skårlægning <i>Swathing</i>	Tærskning <i>Threshing</i>
	Såning <i>Sowing</i>	Efterår <i>Autumn</i>	Forår <i>Spring</i>	Beg. <i>Init.</i>	Afslut. <i>End.</i>		
1983/84	26/8		2/3	17/5	7/6	30/7	15/8
1984/85	21/8		11/4	21/5	11/6	31/7	9/8
1985/86	29/8	3/9	18/3	24/5	18/16	28/7	7/8

Tabel 2. Tidspunkter for udtagning af planteprøver.

Høst nr. Harvest no.	Date of sampling.		
	1983/84	1984/85	1985/86
Efterår			
Autumn			
1	19/11	26/11	3/10
2			19/11
Forår			
Spring			
1	1/3	28/3	10/3
2	24/4	6/5	21/4
3	14/5	21/5	5/5
4	28/5	3/6	20/5
5	12/6	17/6	2/6
6	25/6	1/7	16/6
7	9/7	15/7	30/6
8	23/7	30/7	14/7
9			28/7

grund af insektangreb. I 1985 og 1986 blev skadedyrene effektivt bekæmpet ved to behandlinger med Ripcord.

Der blev udtaget prøver (1,5 m²) fra alle parceller i tre gentagelser (i 1986 dog kun i én) på de i tabel 2 anførte tidspunkter. I 2–3 gentagelser blev foretaget 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 dele: Rod, stængel, blade, blomster, stilke og skulper. Frøet blev taget ud af skulperne; de tomme skulper er i det følgende benævnt skulpevægge. Der blev foretaget en opdeling af skulperne efter placering på planten i 1) skulper på hovedstænglen, 2) skulper på sidegrenene. Der blev i alle plantedele bestemt tørvægt, og tørstoffet blev analyseret for total-N og nitrat-N.

Frøene blev desuden analyseret for fedt. Råprotein er beregnet som $(\text{total N} \div \text{NO}_3 - \text{N}) \times 6,25$.

Resultater

Plantebestand

I 1983 fandt såningen sted under meget tørre forhold, og fremspiringen var uensartet og dårlig.

Plantebestanden var i det sene efterår kun ca. 80 pr. m², men til gengæld blev reduktionen i løbet af den forholdsvis milde vinter lille. I 1984 og 1985 var fremspiringen god og plantetallet inden vintren henholdsvis 150 og 110 pr. m². Begge vintre havde længere perioder med hård frost, og antallet af planter blev stærkt reduceret. En yderligere reduktion skete i det tidlige forår. Plantetallene for sidste del af vækstperioden er anført i tabel 3. Det fremgår, at kvælstofgødskningen reducerede plantetallet svagt, fra 66 pr. m² ved 0 N til 59 pr. m² ved 300 N. Tilførsel af kvælstof i efteråret 1985 havde også en mindskende effekt på plantetallet. I gennemsnit over de forårsudbragte mængder fra 0 til 240 kg N pr. ha var plantebestandene ved 0, 30 og 60 N pr. ha henholdsvis 64, 60 og 57 planter pr. m².

Den gennemsnitlige roddiameter lige under jordoverfladen var 11. marts 1986 3,4 mm ved 0 N, 4,1 mm ved 30 N og 4,6 mm ved 60 N.

Vækst i efteråret

Efterårets tørstofproduktion på ikke-kvælstofgødet jord varierede fra 8 hkg pr. ha i 1983 og 1985 til 14 hkg/ha i 1984 (tabel 4). Ved tilførsel af 60 kg N pr. ha ved såning øgedes tørstofmassen i 1985 til 14 hkg pr. ha.

I efteråret var kvælstofoptagelsen i det ikke kvælstofgødede led 32–33 kg pr. ha i 1983 og 1984, men 54 kg i 1984. Ved tilførsel af 60 N ved såning øgedes kvælstofoptagelsen i 1985 dog til 58 kg pr. ha. Der blev kun fundet små nitratmængder i planterne i det sene efterår.

Tabel 3. Plantetal. Gns. af alle prøvetagninger efter 1. april.

	Plant number. Aver. of all harvests later than 1 April.					
	Tilført N, kg/ha Applied N, kg/ha					
	0	60	120	180	240	300
	Antal planter pr. m ² No. of plants per m ²					
1984	70	76	69	70	70	61
1985	59	61	58	59	58	61
1986	70	63	64	60	63	57
Gns.	66	67	64	63	63	60
Aver.						

Tabel 4. Tørstofmasse samt mængde og indhold af N og NO₃-N i vinterraps sent efterår og tidligt forår.
Quantity of DM and quantity and content of nitrogen and nitrate nitrogen in winter rape late autumn and early spring.

Høstdato og -år	kg N/ha	Tørstof		N		NO ₃ -N	
Havest date and year	efterår autumn	DM hkg/ha	N %	N kg/ha	NO ₃ -N %	NO ₃ -N kg/ha	
19/11 1983	0	8,0	4,0	32	0,25	2,0	
1/3 1984		4,3	4,6	20	0,12	0,5	
26/11 1984	0	14,0	3,8	54	0,31	4,0	
28/3 1985		6,6	4,1	27	0,08	0,5	
3/10 1985	0	1,3	5,1	7	0,44	0,6	
19/11 1985		8,1	4,0	33	0,11	0,9	
10/3 1986		4,9	4,9	24	0,05	0,2	
3/10 1985	30	1,9	5,4	10	0,66	1,3	
19/11 1985		12,9	3,7	48	0,13	1,6	
10/3 1986		8,2	5,0	41	0,06	0,6	
3/10 1985	60	2,0	5,5	11	0,76	1,5	
19/11 1985		14,2	4,1	58	0,24	3,4	
10/3 1986		9,5	4,9	47	0,09	1,0	

Ved prøveudtagningen d. 3. oktober 1985 var tørstofmængderne endnu små, men der var optaget forholdsvis meget kvælstof, og nitratkoncentrationerne var høje (tabel 4).

I løbet af vinterperioden skete der i alle årene et kraftigt fald i mængden af tørstof, hvorimod mængden af kvælstof faldt forholdsvis mindre (tabel 4). Tørstoffabet skyldes bladfald, udvintring af hele planter og planternes stofskifte (ånding).

Vækst i foråret

Tørstofproduktion

I fig. 1 er vist en grafisk fremstilling af forløbet af tørstofakkumuleringen i 1985/86 for hver af de seks forårsudbragte N-mængder. De indtegnede tørstofmængder er for forsøgsleddene 0 N til 240 N beregnet som gennemsnit af resultaterne for de tre momenter af efterårsudbragt kvælstof. I grafen for 300 N i foråret indgår kun værdien for 0 N i efteråret, men de indtegnede værdier for prøveudtagning sent efterår og tidligt forår er korrigeret til samme værdier som for de øvrige forsøgsled.

Nedgangen i tørstofmassen fortsatte indtil omkring 1. maj, men derefter tog tørstofprodukti-

onen fart og fortsatte først med stigende og senere med aftagende styrke indtil omkring 1. juli, hvor den største mængde stort set var nået. Det videre forløb varierede tilsyneladende mellem forsøgsleddene, men den fremherskende tendens var en svag tilbagegang i mængde mellem de to sidste prøveudtagninger.

I begyndelsen af den stærke tørstofakkumulering gik tørstoffet hovedsagelig til bladdannelse, og 14 dage senere mest til stængelstrækning. Fra omkring 1. juni gik det meste tørstof til blomstring og frugtsætning, og fra samme tidspunkt begyndte bladfaldet for alvor. En del af de visne blades tørstofindhold må formodes at være overført til skulperne. Fra omkring midten af juni var der tendens til nedgang i stængelernes tørstofmasse.

Tørstofakkumuleringen i skulperne fortsatte indtil midten af juli, hvorefter den nærmest gik i stå. Dog blev der lige til skårlægningstidspunktet flyttet tørstof fra skulpevægge til frø.

Rodtørstofmassen steg forholdsvis tidligt på foråret og forblev efter 1. juni nogenlunde konstant.

Den totale tørstofmasse nåede ved 0 N kun op på ca. 50 hkg/ha, medens den ved 180 N oversteg 100 hkg/ha. Bortset fra, at blomstringen begyndte to dage før i det ugødede end i de gødede forsøgsled, var der kun små forskelle med hensyn til forløbet af væksten.

Kvælstofoptagelse

Kvælstofakkumuleringen i forsøget 1985/86 er vist i fig. 2. Ligesom i fig. 1 er de indtegnede værdier for hver af de seks forårstilførte N-mængder beregnet som gennemsnit af resultaterne for de 3 N-niveauer i efteråret. Frem til omkring 1. maj skete der en betydelig reduktion i afgrødens N-indhold, men fra dette tidspunkt og ca. 1 måned frem blev størsteparten af planternes kvælstofmængde optaget. Der var især ved de største N-tilførsler tilbøjelighed til nedgang i den totale N-mængde fra midten af juni, men nettooptagelsen blev øjensynligt positiv igen fra omkring 1. juli, og dette varede lige til skårlægningstidspunktet. Nedgangen i juni hænger sikkert sammen med et

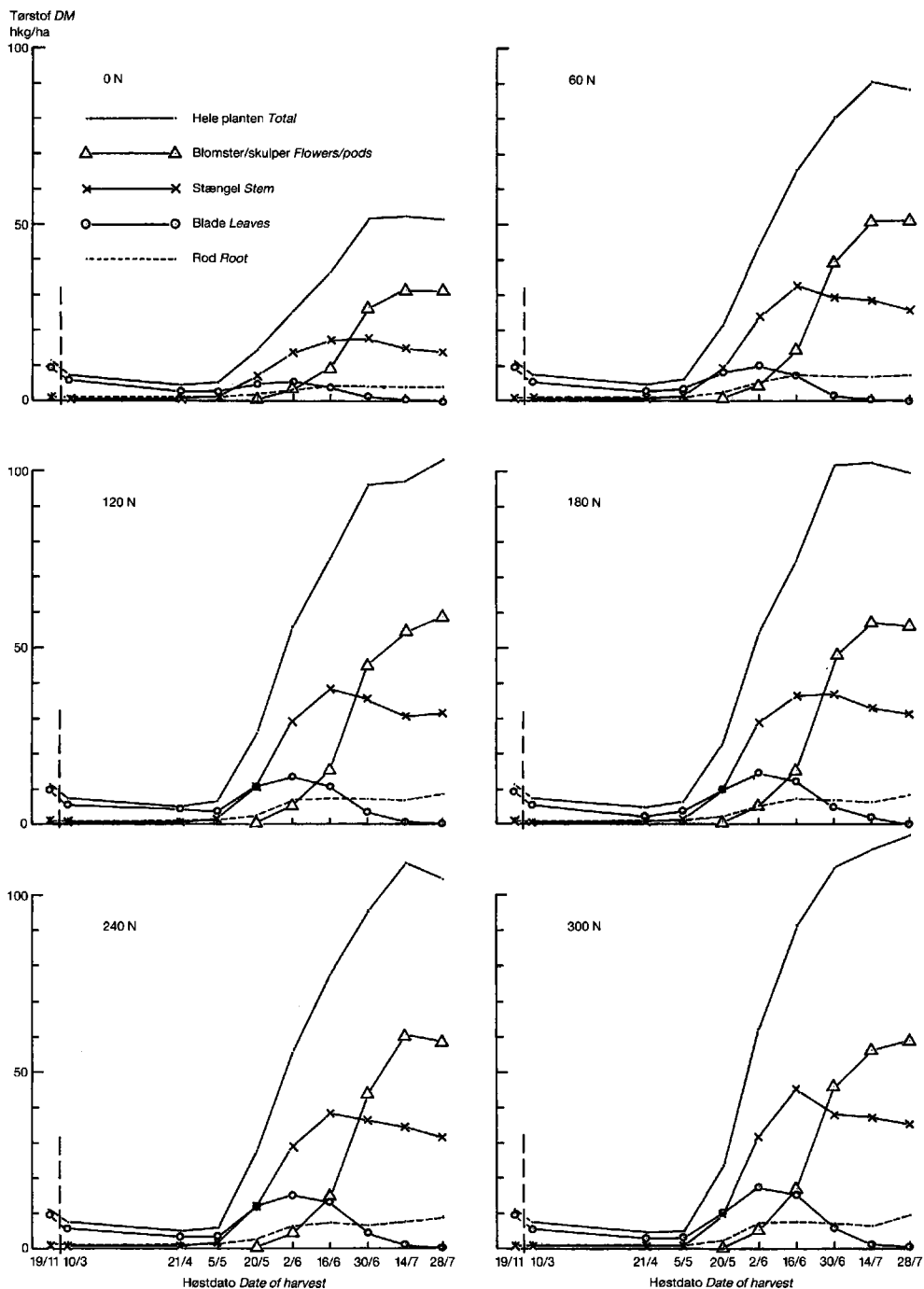


Fig. 1. Akkumulering af tørstof i vinterraps, Jet Neuf, igennem vækstperioden 1985/86. Den lodrette, stiplede linie angiver et tidsspring fra sent efterår til tidligt forår. Gns. af 3 N-mængder i efteråret (300 N – se tekst).
 The accumulation of DM in winter rapeseed, Jet Neuf, during the growth period 1985/86. The vertical dash line indicates a shift in time from late autumn to early spring. Mean of 3 rates of nitrogen in the autumn.

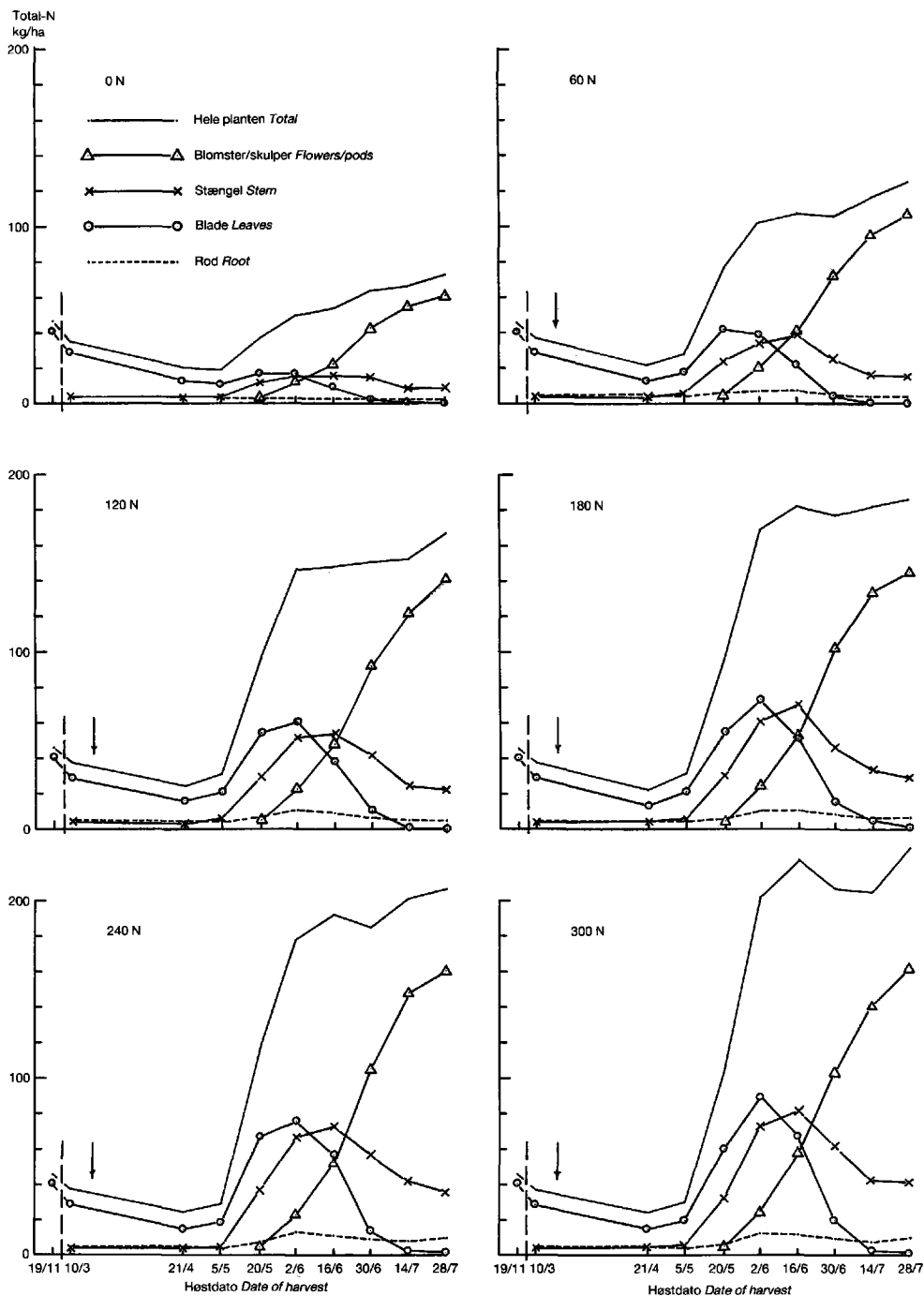


Fig. 2. Akkumulering af kvælstof i vinterraps, Jet Neuf, gennem vækstperioden 1985/86. Den lodrette, stiplede linie angiver et tidsspring fra sent efterår til tidligt forår. Pil angiver tidspunkt for N-tilførsel.
The accumulation of N in winter rapeseed, Jet Neuf, during the growth period 1985/86. The vertical dash line indicates a shift of time from late autumn to early spring. Arrow indicates date for N-application.

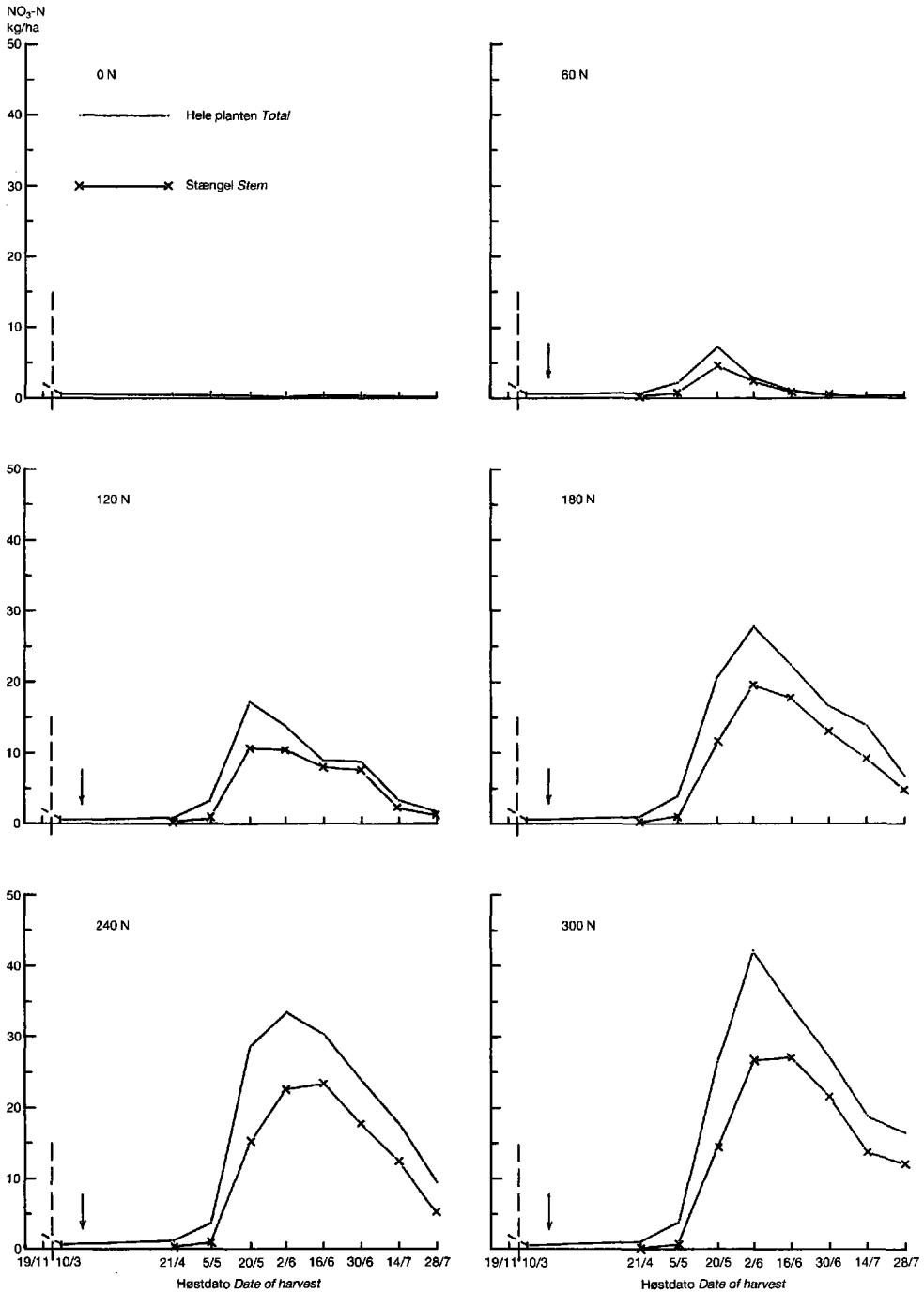


Fig. 3. Akkumulering af nitrat-N i vinterraps, Jet Neuf, igennem vækstperioden 1985/86. Den lodrette, stiplede linie angiver et tidsspring fra sent efterår til tidligt forår. Pil angiver tidspunkt for N-tilførsel.
The accumulation of nitrate-N in winter rapeseed, Jet Neuf, during the growth period 1985/86. The vertical dash line indicates a shift of time from late autumn to early spring. Arrow indicates date for N-application.

stærkt bladfald samtidig med, at transporten fra stænglen til frugterne sætter ind.

I det forsøgsled, der ikke fik tilført N i foråret, var N-mængden på skårlægningstidspunktet ikke meget højere end i det sene efterår, idet den gennemsnitlige meroptagelse kun var 29 kg/ha. Men i forhold til det laveste N-niveau omkring 1. maj var optagelsen i gennemsnit 57 kg/ha. Bladfaldet i vinteren og det tidlige forår medførte et tab på gennemsnitligt 28 kg N pr. ha, hvoraf en del muligvis har kunnet optages i afgrøden igen i løbet af vækstperioden.

Nitrat

Nitratindholdet var ubetydeligt ved 0 og 60 N, men nåede omkring 1. juni op på 30–40 kg N/ha i de tre stærkest gødgede forsøgsled (fig. 3). Heraf indeholdt stænglerne langt størstedelen. Fra nævnte tidspunkt aftog indholdet og var på skårlægningstidspunktet ubetydeligt ved N-tilførsler helt op til 180 kg/ha. Ved de to største N-gødningsmængder var indholdet ved sidste høst 10 og 20 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. ha.

Effekt af efterårsgødsning

Virkningen af N-gødsning i efteråret på vækst og kvælstofoptagelse er for året 1985/86 vist i fig. 4 og

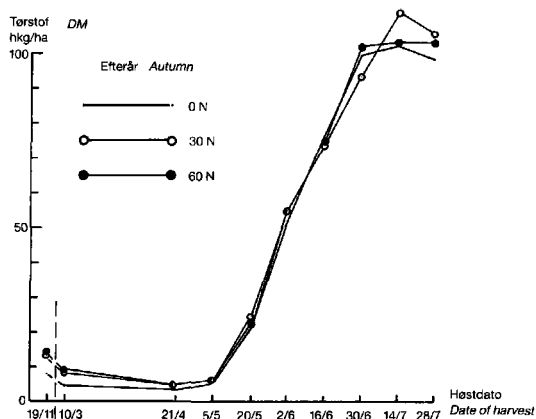


Fig. 4. Akkumulering af tørstof i vinterraps, Jet Neuf, tilført 0–60 kg N/ha i efteråret og 180 kg N/ha i foråret. Vækstperiode 1985/86.

The accumulation of DM in winter rapeseed, Jet Neuf, applied 0–60 kg N/ha in the autumn and 180 kg N/ha in the spring.

5. Kurverne viser afgrødens totale tørstofmasse (fig. 4) og kvælstofindhold (fig. 5) i de forsøgsled, der fik tilført 0, 30 og 60 N i efteråret og 180 N i foråret. Tørstofakkumuleringen i efteråret var som tidligere beskrevet stigende med stigende N-tilførsel, men da reduktionen i tørstofmængden gennem vinter- og forårsperioden var størst i de N-gødgede forsøgsled, var der i begyndelsen af maj stort set samme tørstofmasse i alle tre forsøgsled.

Kvælstofoptagelsen målt i forhold til tørstofproduktionen var betydeligt større i efteråret end i den totale vækstperiode. Kvælstofoptagelsen var som tidligere vist stærkt stigende med stigende N-tilførsel, men ligesom for tørstoffets vedkommende skete der en udligning mellem forsøgsleddene i løbet af vinteren og foråret, og ved høst var der kun en ubetydelig virkning på udbyttet af N-tilførslen i efteråret.

Tørstof og N fordelt på plantedele

Ved den sidste prøveudtagning i 1986, der faldt sammen med skårlægningstidspunktet, fordelte tørstof og kvælstof sig på de enkelte plantedele som vist i tabel 5. Rodmassen udgjorde ved de største gødningsmængder omkring 10 hkg pr. ha, men det er dog næppe mere end 50% af den sam-

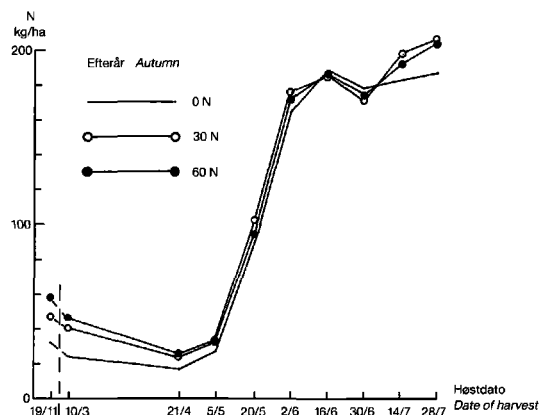


Fig. 5. Akkumulering af total-N i vinterraps, Jet Neuf, tilført 0–60 kg N/ha i efteråret og 180 kg N/ha i foråret. Vækstperiode 1985/86.

The accumulation of total-N in winter rapeseed, Jet Neuf, applied 0–60 kg N/ha in the autumn and 180 kg N/ha in the spring.

Tabel 5. Tørstof- og N-mængde i forskellige fraktioner af vinterraps på skårlægningstidspunktet. 1986. Gns. af 3 N-mængder i efteråret.

Quantity of DM and nitrogen in winter rape at the time of swathing. 1986. Mean of 3 nitrogen rates in the autumn.

N, forår	Rod	Stængel	Skulpe- vægge	Frø	Høst- index
<i>N, spring</i> kg/ha	<i>Root</i>	<i>Stem</i>	<i>Siliques</i> Tørstof, hkg/ha DM, hkg/ha	<i>Seed</i>	<i>Harvest</i> index
0	4,2	15,7	13,3	17,9	38,2
60	7,5	28,9	21,5	30,3	37,5
120	9,3	35,7	23,1	35,8	37,8
180	8,5	34,8	21,4	34,7	38,2
240	9,4	35,7	23,2	35,7	37,7
300	9,5	39,6	23,1	36,5	36,8
N, kg/ha					
0	3	10	7	54	76
60	4	15	13	94	77
120	6	22	16	124	77
180	7	29	18	128	73
240	9	36	22	138	70
300	10	41	23	139	68

lede rodmasse. Stængeltørstoffet udgjorde knap 40 hkg pr. ha, hvilket nok er i underkanten af det normale. Tørstoffet i skulpevægge udgjorde lidt over 20 hkg pr. ha, men da tørstofmassen i denne plantedel på grund af overførsel til frøene vil være faldende, vil måleresultatet være afhængig af høsttidspunktet. Frøtørstoffet udgjorde fra 120 N og opefter omkring 36 hkg pr. ha, hvilket svarer til et høstindex (frøtørstof i % af overjordisk tørstof) på ca. 38%. Høstindexet var stort set upåvirket af den tilførte kvælstofmængde. Bladene udgjorde en forsvindende del, hvorfor de ikke er med i tabellen.

Tørstofudbyttet fra de to andre forsøg er ikke vist i tabelform, men var ved 180 N i 1984 55 hkg stængeltørstof og 25 hkg skulpevægtørstof og i 1985 31 hkg stængeltørstof og 29 hkg skulpevægtørstof, alt pr. ha. Da frøudbyttet i 1984 kun blev 17 hkg pr. ha på grund af insektangreb, har overførslen af træstof fra stængel og skulpevægge til frø formentlig været noget mindre end i en normal afgrøde, hvilket måske kan forklare de ret store stængel- og skulpevægmasser.

Kvælstofmængderne i afgrødedelene ved skårlægningstidspunktet i 1986 er vist i tabel 5 nederst. De var ret stærkt stigende med de tilførte N-mængder, og udgjorde ved de største N-tilførsler i alt godt 200 kg/ha. Dertil skal formentlig lægges 10–15 kg/ha for den del af roden, der ikke blev gravet op. Størstedelen af afgrødens overjordiske kvælstofmængde fandtes i frøene. Frøenes procentiske andel af N-mængden var svagt faldende med stigende N-tilførsel, og var ved 180 N 73% svarende til 128 kg N/ha.

Indholdet i stænglerne, som stort set vil svare til den mængde, der fjernes, hvis halmen bjerges, var ved 180 N ca. 29 kg/ha. Indholdet i skulpevæggene, som normalt ikke bjerges, var ved samme gødningsmængde 18 kg/ha. Det procentiske N-indhold i stængler og skulper var henholdsvis 0,83 og 0,84 ved 180 N, men var stærkt stigende med N-tilførslen.

Frø-, fedt- og proteinudbytte

Frøudbyttet i forsøget 1985/86, som var det eneste, hvor afgrøden var ubeskadiget, ses af tabel 6. Udbytteneiveauet var meget højt, hvilket tyder på gode vækstforhold. Den optimale kvælstoftilførsel i foråret var 180 kg/ha uanset gødskningen i efteråret. Der var en aftagende virkning af kvælstoftilførsel i efteråret med stigende forårstilførsel, og ved forårstilførte mængder over 120 kg N var der ingen sikker virkning af efterårsgødskning med kvælstof.

Det procentiske råfedtindhold faldt ca. 1,5 procentenheder, når kvælstoftilførslen i foråret blev øget fra 0 til 180 N, medens den efterårsudbragte

Tabel 6. Frøudbytte i vinterraps, 1985/86.
Seed yield of winter rape, 1985/86.

Efterår <i>Autumn</i> kg N/ha	kg N/ha, forår					LSD ₉₅
	0	60	120	180	240	
Frø, 91% TS, hkg/ha Seed, 91% DM, hkg/ha						
0	15,5	25,3	34,1	39,0	30,2	39,3
30	16,7	27,1	34,5	39,4	40,1	
60	18,6	28,0	35,1	39,5	38,1	
Gns.	16,9	26,8	34,6	39,3	39,1	1,8
<i>Aver.</i>						

Tabel 7. Indhold og udbytte af råfedt og råprotein i frø af vinterraps, 1985/86.
Content and yield of crude fat and crude protein (CP) in winter rape 1985/86.

N, kg/ha efterår <i>Autumn</i>	N, kg/ha, forår <i>spring</i>					
	0	60	120	180	240	300
	Råfedt, % af tørstof <i>Crude fat, % of DM</i>					
0	46,8	48,6	47,4	46,3	45,3	45,0
30	48,8	47,2	46,6	46,1	46,3	
60	47,5	48,0	46,5	45,9	45,2	
Gns.	47,7	47,9	46,8	46,1	45,7	
<i>Aver.</i>						
	Råfedt, hkg/ha <i>Crude fat, hkg/ha</i>					
0	7,3	12,3	16,2	18,1	17,8	17,7
30	8,1	12,8	16,1	18,2	18,6	
60	8,8	13,4	16,3	18,1	17,2	
Gns.	8,1	12,8	16,2	18,1	17,9	
<i>Aver.</i>						
	Råprotein, % af tørstof <i>CP, % of DM</i>					
0	20,1	18,3	21,1	23,2	22,9	23,8
30	19,9	20,1	21,8	22,9	23,6	
60	20,9	20,1	22,8	23,8	23,9	
Gns.	20,4	19,5	21,9	23,3	23,5	
<i>Aver.</i>						
	Råprotein, kg/ha <i>CP, kg/ha</i>					
0	312	463	720	905	898	935
30	332	545	752	902	946	
60	389	563	800	940	911	
Gns.	344	524	757	916	918	
<i>Aver.</i>						

N-gødning kun havde ringe indflydelse på fedtindholdet (tabel 7). Det højeste råfedtudbytte, ca. 1800 kg/ha, blev opnået ved 180 N tilført i foråret.

Det procentiske råproteinindhold steg med stigende N-tilførsel og var ca. 23% ved 180 N (tabel 7 nederst). Det tilsvarende råproteinudbytte var i gennemsnit 916 kg/ha. Virkningen af efterårsgødningen var ret stor ved de små forårstilførsler, men aftog med stigende N-tilførsel i foråret.

Diskussion

Vinterrapsplanternes vækst og udvikling i efterårsperioden er meget afhængig af såtidspunktet

(7, 9). Derfor kan det forhold, at tørstofproduktionen og kvælstofoptagelsen i efteråret 1984 var betydeligt større end i 1983 og 1985, være påvirket af, at såningen i 1984 fandt sted ca. en uge tidligere end i de to andre år. Der er imidlertid stor sandsynlighed for, at kvælstofforsyningen fra jorden også har betydning, idet der i 1984 på ugødet jord opnåedes samme tørstofproduktion og N-optagelse som i 1985 ved tilførsel af 60 kg N pr. ha. Men selv om tørstofmassen i efteråret 1985 var næsten dobbelt så stor i det stærkest N-gødede forsøgsled som i det ugødede, blev forskellen udlignet ved tilførsel af normale gødningsmængder i foråret, og ved høst blev frøudbyttet stort set ens. Ved en samlet tilførsel af kvælstof på op til 180 kg pr. ha, kunne det altså ikke betale sig at udbringe en del af det om efteråret.

For at rapsplanter kan overvintre under kolde forhold, skal de i efteråret opnå en vis størrelse og udvikling (4). Af de mange undersøgelser, der foreligger over N-gødkning af vinterraps i efteråret, viser langt de fleste, at N-tilførslen ikke har betydning for planternes overvintringsevne og kun sjældent giver merudbytte (5, 8). Der er endog eksempler på, at N-tilførsel har skadet overvintringsevnen (1). Kun på meget kvælstof-fattige jorde eller efter halmnedmuldning kan der være behov for N-tilførsel i efteråret (7). Set fra et miljømæssigt synspunkt kan efterårstilførsel af kvælstof være uheldig. I denne undersøgelse optog rapsplanterne således kun mellem en tredjedel og halvdelen af de tilførte N-mængder, og resten vil derfor være udsat for udvaskning.

I løbet af vinteren og det tidlige forår skete der en kraftig nedgang i rapsplanternes tørstofmasse som følge af bladfald og ånding, og kvælstofmængden reduceredes til ca. halvdelen af den mængde, som planterne havde optaget i løbet af efteråret. *Andersson et al.* (1) registrerede ligeledes kvælstoftab på 50% i nævnte periode, medens *Schultz* (10) kun målte tab på 10–25%, men af en større kvælstofmængde. Disse tab synes ikke at svække planternes videre vækstforløb, og nedbrydningen af bladene begynder næppe tidligere, end at rapsplanternes rødder vil kunne optage det frigjorte nitrat.

Planternes største kvælstofoptagelse skete i maj i perioden før og omkring begyndende blomstring. Den optagne mængde i denne periode svarede for de N-gødede forsøgsleds vedkommende til ca. 80% af den maksimale N-mængde, og optagelsen havde dermed et hastigere forløb end i vårraps, hvor udviklingen af de enkelte plantedele influerede stærkt på kvælstofoptagelsens forløb (3). Ligesom det var tilfældet i vårraps (3), var der i vinterrapsen en udpræget tendens til, at der ved stigende N-tilførsel blev optaget stigende mængder nitrat, som ikke straks blev reduceret, men blev ophobet, især i stænglen. Nitratmængden blev i perioden frem til høst gradvist formindsket og udgjorde på skårlægningstidspunktet ca. 8 kg pr. ha ved 180 N og 20 kg pr. ha ved 300 N.

I de fleste tidligere undersøgelser blev den maksimalt optagne N-mængde nået lige efter blomstring (1, 10), men i nærværende undersøgelse skete der tilsyneladende en fornyet nettooptagelse under frødannelsen. Da der kun foreligger målinger fra et enkelt forsøg, har denne observation ikke kunnet underbygges yderligere.

I det forsøgsled, som fik tilført 180 kg N pr. ha i foråret, var den største N-mængde, som afgrøden indeholdt, 185 kg pr. ha. Der var altså næsten ligevægt mellem tilført og optaget N-mængde. Ved lavere N-tilførsler optog afgrøden mere end tilført og ved højere N-tilførsler mindre end tilført. Til sammenligning kan anføres, at Schultz (10) i gennemsnit af to forsøg målte et maksimalt indhold på 242 kg N pr. ha efter tilførsel af 186 kg N pr. ha, og at der i en række andre undersøgelser blev optaget større N-mængder end tilført (5). I gennemsnit af tre forsøg med vårraps var der ligevægt mellem tilført og optaget kvælstof ved ca. 220 kg pr. ha (3). Med frøet fjernedes i forsøgsledet tilført 180 N ca. 128 kg N pr. ha eller 73% af kvælstoffet i den overjordiske del af afgrøden. De resterende 47 kg N pr. ha var fordelt på stængler og skulpevægge, men da stængeludbyttet var ret lille, må der normalt regnes med en større N-

mængde i halmen end her fundet. Det procentiske N-indhold i skulpevæggene faldt meget stærkt i frømodningsfasen, hvilket må skyldes overførsel af kvælstofforbindelser til frøene. Muligvis fortsætter denne proces efter skårlægningen, og skulpevæggens kvælstofindhold vil da blive reduceret i forhold til det målte.

Litteratur

1. Andersson, G., Olered, R. & Olsson, G. 1958. Zur Nährstoffaufnahme des Winterrapses. Z. Acker- und Pflanzenbau 107, 171-179.
2. Archer, J. R. & Vaidyanathan, L. V. 1982. Fertilizer for winter oilseed rape. J. Sci. Food Agric. 33, 1262-1263.
3. Augustinussen, E. 1987. Kvælstofgødskningens indflydelse på vækst og udvikling af vårraps. Tidsskr. Planteavl, 91, 33-44.
4. Cramer, N. 1984. Die Stickstoffversorgung des Winterrapses - Erfahrungen in Schleswig-Holstein. Raps 2, 8-11.
5. Holmes, M. R. J. 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, London.
6. Mendham, N. J., Shipway, P. A. & Scott, R. K. 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oil-seed rape (*Brassica napus*). J. Agric. Sci., Camb. 96, 417-428.
7. Nordestgaard, A. 1977. Forsøg i vinterraps med stigende mængder efterårs- og forårsudbragt kvælstof kombineret med 2 såtidspunkter for vinterrapsen 1971-76. Tidsskr. Planteavl 81, 365-373.
8. Ogilvy, S. 1985. Nitrogen for winter oilseed rape. Annual review 1985, High Mowthorpe Experimental Husbandry Farm, 28-33.
9. Pouzet, A., Estragnat, A., Gilly, J. M., Raimbault, J. & Sauzet, G. 1984. Eléments pour le raisonnement de la fertilisation azotée d'automne pour le colza d'hiver. Informations Techniques, CETIOM No. 89, 3-19.
10. Schultz, J. E. R. 1972. Undersøgelser af vinterrapsens (*Brassica napus* L.) tørstofproduktion og næringsstofoptagelse gennem vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 76, 415-435.

Manuskript modtaget den 20. oktober 1987.