



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1859

Statens
Planteværnscenter
Løttenborgvej 2
2800 Lyngby, 02-87 25 10

Deling af kvælstofgødning til vandet byg

Tørstofproduktion, N-optagelse, N-balance
og N-styring

Karen Søegaard
Statens Forsøgsstation
St. Jyndeved

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1986



Statens
Planteavlsvforsøg

Beretning nr. S 1859

Deling af kvælstofgødning til vandet byg

Tørstofproduktion, N-optagelse, N-balance
og N-styring

Karen Søegaard
Statens Forsøgsstation
St. Jynde vad

Tidsskrift for Planteavlsv Specialserie

København 1986

INDHOLDSFORTEGNELSE

Resumé	4
Indledning	7
Materiale og metoder	9
Kap. 1 <u>Udbytte og udbyttestruktur</u>	16
Resultater	16
Tørstofudbytte	16
N høstet	23
Kernestørrelse	29
Skudantal ved høst	33
Diskussion	34
Resumé	35
Kap. 2 <u>Vækstforløb</u>	37
Resultater	37
Toptørstofproduktion og N-optagelse	37
Øvrige næringsstoffer i toptørstof	45
Bladarealmålinger	48
Skudantal	52
Rødtørstof	54
Diskussion	58
Resumé	62
Kap. 3 <u>N-balance</u>	64
Resultater	64
Jordens indhold af lettilgængeligt-N	64
N-udvaskning	68
Mineralisering	74
N-balance	80
Diskussion	84
Resumé	87
Kap. 4 <u>N-styring</u>	88
Indledning	88
Resultater	89
Forsøg med N-styring	89
Forløb af mulige styringsredskaber	92
N-status ved stadium 4 i relation til udbytte/gødningsbehov ..	99
Diskussion	101
Resumé.....	102
Litteraturliste	104

Resumé

Forsøg med N-gødskning af vandet vårbyg blev i 1982-1985 gennemført på Jyndevad Forsøgsstation. Tørstofproduktion, N-omsætning m.v. blev undersøgt ved forskellig N-strategi, hvilket omfattede éngangstilførsel og delt-N med forskellig fordeling mellem 1. N-tilførsel ved fremspiring og 2. N-tilførsel ved stadium 4 (Feeke's skala). Forsøget blev gennemført med forskellige mængder total N-tilførsel på grovsandet jord, forskellige jordtyper (sandblandet lerjord og grovsandet jord) og forskellig vandtilførsel på grovsandet jord (tørke i strækningsfasen).

I forsøg med stigende mængder total N-tilførsel (100, 120, 140 kg N/ha) på grovsandet jord synes effekten af N-strategien (fordelingen mellem 1. og 2. N-tilførsel) på kerneudbyttet at være klimaafhængigt. I gennemsnit var der en vekselvirkning mellem N-strategi og N-niveau. Det største kerneudbytte ved 100 N blev fundet, når der tilførtes 40 N ved fremspiring, ved 120 N når der tilførtes 60 N ved fremspiring og ved 140 N, når der tilførtes 80 N ved fremspiring. Halmudbyttet steg generelt med stigende N-tilførsel ved fremspiring med undtagelse af 1983, hvor der var en kraftig N-udvaskning i forårsperioden.

Ved stor N-udvaskning i foråret (overvanding) blev tørstofproduktionen ikke større ved at udbringe den 2. N-tilførsel tidligere end stadium 4.

Det procentiske N-indhold i både kerne og halm var størst ved den laveste N-tildeling ved fremspiring. Dette bevirkede, at den største mængde N-høstet i kerne og halm fandtes uafhængig af N-niveau ved den laveste N-tildeling (40 N) ved fremspiring.

Den mindre N-tilførsel ved fremspiring ved delt-N bevirkede i perioden frem til den 2. N-tilførsel ved afsluttende buskning (stadium 4), at tørstofproduktionen af både top og rod blev mindre end ved éngangstilførsel. N-procenten i plantetørstof blev ligeledes mindre. Den mindre toptørstofproduktion blev også afspejlet i et mindre bladarealindeks (LAI), mindre buskning, mindre bladstørrelse, hvorimod blad/stængel forholdet ikke blev ændret. Der var en lineær relation mellem vækstraten (kg tørstof/ha/døgn) og LAD (varighed af det grønne bladareal, "leaf area duration").

Tilførsel af kvælstof ved stadium 4 resulterede i en hurtig stigning i N-optagelsen, så N-procenten, NO_3 -procenten og aktiviteten af nitratreduktase steg med stigende N-tilførsel ved stadium 4. Der blev yderligere dannet nye skud ved de største N-tilførsler, og skudhenfaldet blev mindre. Som følge deraf var skudantallet ved høst større jo større del af N-gødningen, der blev tilført ved den 2. N-tilførsel. Det større skudantal blev ikke fulgt af en relativ større mængde stængel og blade. Tværtimod blev der ved delt-N fundet en relativ større aksmængde allerede fra blomstring og resten af vækstperioden end ved éngangstilførsel.

Skudhenfaldet ved éngangstilførsel var sammenfaldende med en nedgang i N-indholdet i toppen. Tab ved skuddød synes imidlertid at have mindre betydning for N-strategiens effekt på tørstofudbyttet.

Der var ingen sammenhæng mellem tørstofudbyttet og det maksimale LAI, som fandtes før skridning. LAI ved éngangsgødskning var større end ved delt-N det meste af vækstperioden, hvilket antyder et større vandforbrug ved en stigende del af N-gødningen tilført ved fremspiring.

Efter skridning var der ringe sammenhæng mellem LAD og vækstraten. Dette kan muligvis skyldes en større tørstofproduktion i akset, i tilfælde hvor der tilførtes kvælstof ved stadium 4.

I 1983 med stor N-udvaskning i foråret blev der efter den 2. N-tilførsel hurtigt en større vækstrate med stigende del af N-gødningen tilført ved stadium 4. I de øvrige forsøgsår uden N-udvaskning af betydning i forårsperioden bevirkede en deling, at vækstraten var mindre i begyndelsen af vækstperioden indtil den 2. N-tilførsel ved afsluttende buskning. I perioden fra afsluttende buskning til midt i kernefyldningsperioden var vækstraten af samme størrelse (vækstkurverne var parallelle). I den sidste del af kernefyldningsperioden var vækstraten størst ved delt-N, således at der ved høst fandtes den største tørstofmængde ved en af delingsstrategierne.

Tørstofproduktionen i den sidste del af kernefyldningsperioden og N-strategiens effekt på denne synes at være klimaafhængig.

Der var en potentiel større udvaskningsrisiko ved éngangstilførsel end ved delt-N, da der ved éngangstilførsel var en længere periode, hvor jorden havde et betydeligt indhold af nitrat. Jorden var tomt for lettilgængeligt-N fra først i juli. Planternes N-optagelse var derfor fra dette tidspunkt udelukkende afhængig af mineralisering.

Uden N-tilførsel havde nettomineraliseringen et kontinuert forløb, og der var ingen målelig temperatureffekt. N-tilførsel ændrede forløbet af nettomineraliseringen væsentligt. Forholdsvis store N-tilførsler forårsagede, at immobiliseringen tilsyneladende blev større end mineraliseringen i perioden efter gødningsudbringningen. Dette var gældende i foråret ved éngangstilførsel og ved delt-N efter den 2. N-tilførsel.

Summeret for hele vækstperioden var nettomineraliseringen upåvirket af N-strategien, hvorimod nettomineraliseringen var større i ugødede led end i gødede.

Mineraliseringen var størst i det øverste jordlag (0-11 cm) og aftog med dybden.

Forsøg med styring af den 2. N-tilførsel ud fra N-mængden i plantetop og lettilgængeligt-N i jorden ved stadium 4 viste, at den valgte metode ikke kunne angive gødningsbehovet tilstrækkeligt nøjagtigt.

Der var en signifikant korrelation ($R^2=0,96$) mellem kerneudbyttet ved éngangsgødsning og N-procenten samt toptørstofmængden ved stadium 4. Der var derimod en betydelig ringere sammenhæng mellem gødningsbehovet ved stadium 4 i delt-N og forskellige N-parametre ved stadium 4 (lettilgængeligt-N i jorden samt N og NO_3 -N i plantetørstof). Højeste korrelation i år med god plantebestand fandtes, når toptørstofmængden, N-procenten og lettilgængeligt-N i jorden var afhængige variable ($R^2 = 0,80$).

Resultaterne kunne ikke underbygge en direkte anvendelse af N-parametre ved stadium 4 som eneste styringsredskab for N-gødsning.

På sandblandet lerjord var kerneudbyttet modsat på grovsandet jord størst ved éngangstilførsel. Forsøgene var udført under samme klimatiske betingelser. Udbyttet var generelt større, og N-procenten i både kerne og halm var størst på lerjorden. Mængden af lettilgængeligt-N var størst i lerjorden gennem hele vækstperioden, samtidig var mineraliseringen størst. Alligevel var planternes N-optagelse størst på sandjorden i forårsperioden, mens den resten af vækstperioden var størst på lerjorden.

Udtørring (2,0 bar $\sim$ 42 mm underskud) i strækningsperioden, efter den 2. N-tilførsel, forårsagede en kraftig reduktion af både kerne og halmudbyttet. Udbyttereduktionen var upåvirket af N-strategien. N-procenten i både kerne og halm var større end ved fuld vandet. Udbyttereduktionen skyldtes både en

reduktion i tørstofproduktionen under tørke og især en nedgang i tørstofproduktionen i perioden efter opvanding.

Nøgleord: Vårbyg, delt-N, tørstofproduktion, N-styring, N-balance, vanding.

Indledning

Deling af kvælstoftilførslen til forskellige landbrugsafgrøder på sandjord havde allerede interesse i 20'erne. Spørgsmålet blev stillet, om N-gødningen blev udnyttet bedre ved en 2-delning end ved éngangsgødskning. Der blev imidlertid ikke konstateret udbytteforskel i vårsæd med en total N-tilførsel på 30 kg N/ha (Iversen, 1942).

I dag, hvor der gødes med forholdsvis store N-mængder, har deling af N-tilførslen interesse dels som vækstregulator, dvs. N-tilførslen tilpasses planternes N-behov i de forskellige vækstfaser, dels som middel til at undgå N-tab ved udvaskning. Især på sandjord kan udbringning af handelsgødning omkring såning af forårssåede afgrøder give problemer med N-udvaskning i forårsperioden, da både N-optagelsen og vandforbruget er lille i denne del af vækstperioden. Dette er bl.a. illustreret i et et-årigt forsøg af Højmark og Fogh (1977), som på sandjord fandt et merudbytte på 5 hkg kerne/ha ved en 2-delning af 120 N (kas) til vårbyg, mens merudbyttet var 14 hkg kerne/ha, når der blev vandet med 60 mm i forårsperioden for at fremprovokere en N-udvaskning.

Tidligere og igangværende danske undersøgelser med delt-N i vårbyg har givet noget varierende resultater. På grovsandet jord fandt Gregersen og Hejlesen (1983) således et lille merudbytte (2,3 hkg kerne/ha) ved at tilføre 40 N ud af 150 N d. 1. juni, hvorimod Kjellerup (1983) ikke fandt nogen udbytteændring ved at tilføre 40 N ud af 120 N på forskellige tidspunkter i vækstperioden.

Der synes imidlertid at være store årsforskelle. F.eks. fandt Skriver (1986) et merudbytte for deling på uvandet sandjord i 1983 og 1985, mens udbyttet var uændret i 1982 og 1984. Årsforskelle kan skyldes varierende nedbørsmængder efter gødskning. Der var således en positiv korrelation mellem nedbøren (l. -

15. juni) og merudbyttet for deling i forsøg udført på lerjord (Gregersen, 1980). Da kvælstof i vækstperioden tildeles på tidspunkter, hvor planterne har N-behov, synes det således at være nødvendigt om muligt at opløse N-gødningen ved vanding, hvis der ikke falder nedbør.

Jordtypen synes også at have en betydelig effekt på resultatet af delt-N. Kjellerup (1983) fandt således i vårbyg på uvandet sandjord ved 120 N et uændret udbytte for deling af N-tilførslen, hvorimod der på lerjord var et negativt merudbytte. Dette synes også at være tilfældet for andre kornarter. I vinterhvede blev udbyttet på sandjord større ved deling frem for engangstilførsel (Olsen & Larsen, 1984), ligesom udbyttet ved 3-deling var større end ved en 2-deling (Gregersen & Hejlesen, 1985). På lerjord blev det derimod fundet, at gødskning ved skridning ikke gav noget merudbytte (Olsen, 1979). I vinterbyg var der ligeledes på lerjord uændret udbytte ved deling (Klausen, 1984), mens der på sandjord var et merudbytte (Hejlesen & Gregersen, 1986).

Orienterende undersøgelser i vårbyg på grovsandet jord (Jyndeved) i 1980-1981 med 2-3 udbringninger af kvælstof antydede, at en 2-deling er hensigtsmæssig, hvor den 1. N-tilførsel foretages ved fremspiring og den 2. N-tilførsel ved stadium 4 (Feeke's skala). Den 2. N-tilførsel var således lige før strækningsfasen, hvor N-optagelsen er meget stor. Det er derfor vigtigt, at gødningen opløses enten ved vanding eller nedbør, så kvælstoffet er til rådighed for planterne i hele strækningsperioden. Stadium 4 i vårbyg er normalt i sidste del af maj. At 2. N-tildeling på dette tidspunkt er gunstigt for udbyttet bekræftes af tidligere undersøgelser (Anonym, 1971), hvor det blev fundet, at kerneudbyttet var størst ved 2. N-tildeling den 1. juni frem for en senere tildeling (15. juni, 1. juli, 15. juli).

På baggrund af ovennævnte N-strategi blev der i årene 1982-85 gennemført undersøgelser i vårbyg på Jyndeved Forsøgsstation, primært på grovsandet jord. Målet var under forskellige forhold at finde den N-strategi, hvor N-udvaskningen og risikoen for denne blev minimeret og udbyttet samtidigt optimeret.

De forhold, hvorunder effekten af forskellig N-strategi blev undersøgt, var forskellige mængder total N-tilførsel, forskellige jordtyper og forskellig vandtilførsel (tørke i strækningsfasen).

N-udvaskning i foråret fremmer N-mangel i afgrøden. Det blev derfor undersøgt om den 2. N-tilførsel bør fremskyndes, hvis der har været N-udvaskning.

For at beskrive N-strategiens indvirkning på N-omsætningen samt den plantemorfologiske og kemiske udvikling blev der løbende foretaget målinger af forskellige parametre i planter og jord. Dette var bl.a. planternes næringsstofindhold, tørstofproduktion og udvikling samt jordens indhold af lettilgængeligt-N.

Deling af N-tilførslen muliggør styring af N-gødskningen i vækstperioden. Målet med undersøgelsen var ligeledes at vurdere muligheden for styring af den 2. N-tilførsel ud fra forskellige N-parametre (jf. Indledning kap. 4).

Materiale og metoder

Forsøgene blev hovedsaglig udført på sandjord med 3% ler, 4% silt, 15% finsand og 76% grovsand. Ved såning blev der grundgødet med P og K, 1000 kg 0-5-13 pr. kg samt Mg, 300 kg kieserit pr. ha.

Som kvælstofgødning blev anvendt kalkammonsalpeter (26% NH_4NO_3). I 1982 blev vårbygsorten Claudia anvendt, hvorimod Triumph blev anvendt de øvrige år.

Markforsøg

Der var ikke tilført staldgødning til forsøgsmarkerne i en længere årrække (mindst 10 år). Forfrugten var bederoer. Nettoarealet af udbytteparcellerne var $9,0 \text{ m}^2$, og der var 4 gentagelser.

Vanding:

- ved middel udtørring (0,7 bar i 17 cm dybde, svarer til ca. 22 mm)
- efter 2. N-udbringning, hvis der ikke faldt nedbør inden 3 dage.

I

Kvælstofgødskning:

A: kg N/ha ved fremspiring

B: kg N/ha ved stadium 4 (Feeke's skala)

C: total tilførsel

Led	A	B	C
1	40	60	100
2	40	80	120
3	40	100	140
4	60	40	100
5	60	60	120
6	60	80	140
7	80	20	100
8	80	40	120
9	80	60	140
10	100	0	100
11	120	0	120
12	140	0	140
13	40	$x_1^* - 15$	$25 + x_1$
14	40	x_1	$40 + x_1$
15	40	$x_1 + 15$	$55 + x_1$
16	60	$x_2^* - 15$	$45 + x_2$
17	60	x_2	$60 + x_2$
18	60	$x_2 + 15$	$75 + x_2$
19	overdækket ubevokset		
20	20		
21	0		

* $x = 132 - a - b$ (jf. kap. 4)

a= kg N i plantetop ved stadium 4

b= kg N ($\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$) i jorden (0-40 cm dybde) ved stadium 4.

led 1-12, 19: 1982-1985

led 13-18, 20: 1983-1985

led 21: 1984-1985

Arealet af prøvefelter til prøveudtagning i løbet af vækstperioden var $0,288 \text{ m}^2$ pr. parcel i 1982 og $0,384 \text{ m}^2$ de øvrige år.

II

Kvælstofgødskning:

60 kg N/ha ved fremspiring

x: 60 kg N/ha ved stadium 4

y: 60 kg N/ha ca. 2 uger tidligere end x

z: z kg N/ha ca. 2 uger tidligere end x

z = 126 -a-b (som markforsøg I), blev kun udført ved vanding c.

Vandtilførsel ud over markkapacitet i anden uge efter fremspiring:

a: 0 mm

b: 50 mm

c: 125 mm

Rammeforsøg

I. Grovsandet jord og sandblandet lerjord.

Vanding og kvælstofgødskning var som led 2,5,8 og 11 og 20 i markforsøg I.

Led 20 blev kun gennemført i 1983-1985. Arealet ved udbyttmåling var 2,0 m², og der var 2 gentagelser. Arealet af prøvefelter var i starten af vækstperioden 0,192 m² og senere 0,144 m² pr. gentagelse.

II. Overdækket. Grovsandet jord.

Kvælstof blev tilført som led 2,5 og 11 i markforsøg I.

Forsøgsarealet blev ved nedbør dækket af mobil overdækning.

Vanding:

1. ved 0,7 bar i 17 cm dybde (ca. 22 mm underskud).

2. ved 2,0 bar (ca. 42 mm) i stadium 4-10, resten af vækstperioden som 1.

Jorden i rammerne (0-30 cm) blev udskiftet i efteråret 1984 p.g.a.

kobbermangel i afgrøden. Resultater fra 1984 er derfor ikke medtaget.

Arealet ved udbyttmåling var 2,5 m², og der var 2 gentagelser. Arealet af prøvefelter var 0,216 m² pr. gentagelse.

Sådatoer m.v.

Tidspunkter for såning, N-gødskning og høst er angivet i tabel 0.1. I 1983 og 1985 var såningen forholdsvis sen. Som følge af at der indgår lerjord i rammeforsøg I, er der de sidste tre år sået senere end i marken. Den sene såning har forsinket udviklingen en del i det tidlige forår, hvilket afspejles i tidspunktet for den 1. N-tildeling ved fremspiring.

Tabel 0.1 Tidspunkter for såning, gødskning og høst.

		<u>Såning</u>	<u>1. N-tilførsel</u>	<u>2. N-tilførsel</u>	<u>Høst</u>
Markforsøg I+II	1982	24/3	13/4	27/5	6/8
	1983	8/4	28/4	1/6	13/8
	1984	23/3	16/4	25/5 (11/5)*	22/8
	1985	11/4	26/4	30/5 (20/5)*	22/8
Rammeforsøg I	1982	24/3	13/4	27/5	5/8
	1983	20/4	6/5	6/6	16/8
	1984	16/4	3/5	28/5	23/8
	1985	22/4	15/5	3/6	27/8
Rammeforsøg II	1983	8/4	28/4	1/6	8/8
	1984	4/4	17/4	28/5	24/8
	1985	11/4	24/4	31/5	23/8

* y og z i markforsøg II

Prøveudtagningstidspunkter

Plante og jordprøver blev udtaget hver 10.-14. dag i løbet af vækstperioden. Omtrentlige udviklingsstadier ved de prøveudtagningstidspunkter, hvor resultaterne blev slået sammen, er vist i tabel 0.2.

Tabel 0.2 Prøveudtagningstidspunkter.

Omtrentlig udviklingsstadie (Feekes skala)	1982	1983	1984	1985
<u>Markforsøg I</u>				
Afsluttende buskning (st. 4)	24/5	30/5	23/5	28/5
5-7 dage efter 2. N-tilførsel (st. 6)	3/6	6/6	30/5	4/6
Midt i skridningsperioden (st. 10.2)	24/6	21/6	18/6	25/6
Midt i kernefyldningsperioden (st. 11.1)	21/7	18/7	16/7	23/7
Dagen før høst (st. 11.4)	5/8	10/8	20/8	20/8
<u>Rammeforsøg I</u>				
Afsluttende buskning (st. 4)	24/5	26/5	24/5	31/5
Lige før skridning (st. 8-10)	14/6	16/6	15/6	20/6
Blomstring (st. 10.5 - 10.5.2)	7/7	7/7	4/7	5/7
Midt i kernefyldningsperiode (st. 11.1)	21/7	21/7	19/7	18/7
Dagen før høst (st. 11.4)	4/8	15/8	22/8	26/8

Måling af N-udvaskning

N-udvaskning blev beregnet som koncentration af ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) i jordvand $\times$ afstrømning.

Jordvandet blev opsuget fra 70 cm dybde efter metode beskrevet af Bennetzen (1978), og op sugningen foregik primært i perioder med overskudsnedbør. For hver forsøgsbehandling var der 4 ekstraktionsrør. Jordvand blev opsuget i 1982-1984 i led 2 og 11 i rammeforsøg I (undertryk i 1 døgn pr. gang) og i 1984-1985 i led 5, 11, 21 og cx i markforsøget (undertryk i 3 døgn pr. gang).

Afstrømningen blev bestemt ved hjælp af modifikation af vandbalancemodell, beskrevet af Johansson (1974). Til denne modifikation blev bl.a. anvendt tensiometermålinger.

De væsentligste ændringer til Johanssons model er, at hele overskudsnedbøren ikke afstrømmer samme dag, men kun halvdelen pr. dag. Desuden kan planterne optage vand fra overskudsnedbøren, maksimalt halvdelen af vandforbruget. Endelig er stigningen i vandforbruget pr. døgn langsommere i forårsperioden.

Ændrede størrelser i forhold til Johanssons model:

Tilgængelig vandmængde: 3 mm i det øverste jordlag (buffermagasin) samt VK (hovedmagasin), jf. tabel 0.3.

Korrektionskoefficienter (omregning fra potentiel til aktuel fordampning):

kb (buffermagasin)= 0,3, med undtagelse af perioden fra såning til 6 dage senere, hvor kb stiger fra 0,05 til 0,3.

ku (hovedmagasin) jf. tabel 0.3.

Modellen forudsiger afstrømning, når den aktuelle tilgængelige vandmængde i hovedmagasinet (VU) er større end (1,1 VK - 3). Halvdelen af overskuddet (1,1 VK - 3 - VU) afstrømmer pr. dag.

Potentiel fordampning blev målt ved fordampningsmåler (HL 315).

Tabel 0.3 Tilgængelig vandmængde (rodzonekapacitet) hovedmagasin (VK) i mm og korrektionskoefficient i hovedmagasin (ku) i vækstperioden.

Periode	VK	ku
såning - fremspiring	30	0,3
- (fremspiring + 15 dage)	45	0,3 - 0,5, lineær stigning pr. dag
- (fremspiring + 30 dage)	50	0,5 - 1,0 " " " "
- 10/7	60	1,0
- høst	60	1,0 - 0,6, lineær fald pr. dag

Øvrige målinger

For at minimere døgnvariationens indvirkning på næringsstofkoncentrationen blev planteprøver udtaget i tidsrummet kl. 8-11.

Bladarealmålinger blev foretaget på en Li-cor måler (1983-1985). Nitrat i plantesaften blev bestemt ved nitrattest strips (Merckoquant), som er en semikvantitativ metode. Den potentielle aktivitet af nitratreduktase (Søegaard, 1984) blev bestemt med nitrat i inkubationsvæsken, mens den aktuelle aktivitet blev bestemt uden nitrat i inkubationsvæsken.

Skudantallet blev gentagne gange bestemt ved optælling af samme 1 m sårække pr. gentagelse. Jordtemperaturen blev målt med 100 ohms platinmodstandstermometre hver anden time, og bestemmelse af rodmængde blev foretaget efter Søegaard (1984).

Tilgængeligt-N i jorden

Ved omregning fra koncentrationen af $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$ til N-mængder pr. ha er følgende tætheder (g tør jord/cm^3) anvendt:

0-11 cm	1,48
11-22 cm	1,50
22-30 cm	1,59
30-40 cm	1,54

I markforsøg blev der udtaget 24 jordprøver (stik) pr. led, i ramme-forsøg 12 stik pr. led.

Statistisk behandling

Der er primært benyttet variansanalyser i den statistiske behandling, og LSD-værdier er angivet på 95% niveau. Hvor der er fundet signifikante vekselvirkninger, er gennemsnitsværdier ikke vist, og LSD er angivet for alle forsøgsbehandlinger. År (forsøgsår) blev betragtet som systematisk variabel i variansanalysen, idet det blev skønnet, at forsøgsårene (1982-1985) ikke var repræsentative.

I ramme-forsøg 1 var rammerne med henholdsvis lerjord og sandjord placeret parallelt i 2 rækker. Det blev antaget, at denne placering ikke havde betydning for forsøgsresultaterne, hvorfor jordtypen blev betragtet som almindelig systematisk variabel.

Kap. 1

Udbytte - udbyttestruktur

Resultater

Tørstofudbytte

Gødskningsstrategi/niveau (Markforsøg I)

I dette kapitel vises resultater fra led 1-12, hvor 4 N-strategier blev undersøgt ved 3 forskellige N-niveauer. Resultater fra led 13-18 omtales i kap. 4. N-tildelingen ved stadium 4 fremgår af nedenstående tabel. Samme tabelopstilling anvendes ved resultatgennemgangen.

N ved fremsp.	total N-tilførsel		
	100 N	120 N	140 N
	N ved st. 4		
40	60	80	100
60	40	60	80
80	20	40	60
alt	0	0	0

Tørstofudbyttet steg hvert år i både kerne og halm med stigende N-tilførsel, således at det største udbytte fandtes ved 140 N (tabel 1.1). Stigningen i kerneudbyttet var større mellem 100 N og 120 N (gns. 4,9 hkg kerne) end mellem 120 N og 140 N (gns. 3,5 hkg). Stigningen i halmudbyttet mellem N-niveauerne var derimod ikke afhængig af N-niveauet.

I 1982, 1984 og 1985 var der ingen eller næsten ingen N-udvaskning i forårsperioden - fra 1. til 2. N-tilførsel (jf. kap. 3). I 1983 derimod var nedbørsmængden og dermed også N-udvaskningen stor i denne periode. De specielle vækstbetingelser i 1983 påvirkede væksten betydeligt, og udbyttet blev forholdsvis lille (tabel 1.1). Deling af N øgede dette år både kerne og halmudbyttet. Det største halmudbytte fandtes ved den mindste tildeling (40 N) ved fremspiring uafhængig af N-niveauet. I kerneudbyttet synes N-niveauet

derimod at have påvirket effekten af N-strategien. Det største kerneudbytte fandtes således ved en 1. N-tildeling på 40 N ved 100 N tildelt i alt, på 60 N ved 120 N i alt og på 80 N ved 140 N i alt. Denne vekselvirkning mellem N-niveau og N-strategi var dog ikke signifikant.

Effekten af N-strategien var noget varieret de øvrige forsøgsår, hvor der som nævnt ikke var N-udvaskning af betydning i forårsperioden. I 1982 var

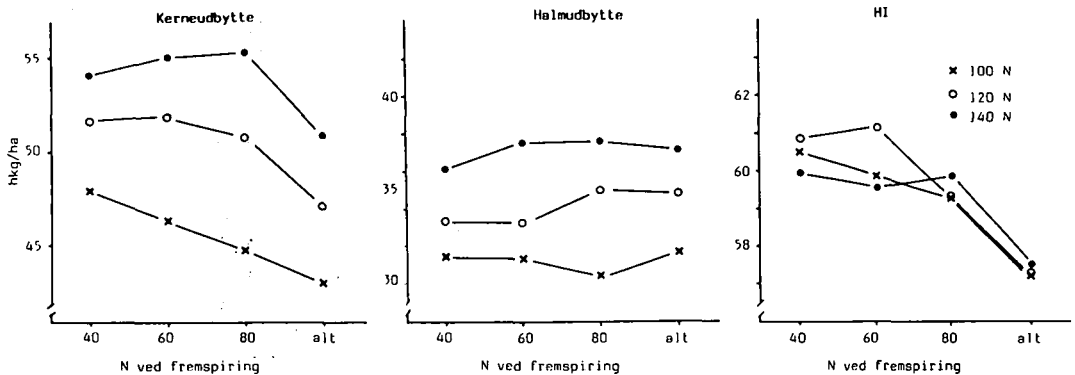
Tabel 1.1 Kerneudbytte og halmudbytte (hkg tørstof/ha) i de enkelte år.
Markforsøg I

	Kerne					Halm					
	N ved fremsp.	Total 100	N-tilførsel 120	140	gns.	LSD	Total 100	N-tilførsel 120	140	gns.	LSD
1982											
	40	53,8	60,5	65,4	59,9	2,7	33,4	35,7	37,2	35,4	3,0
	60	51,2	59,7	65,2	58,7		34,8	37,5	42,0	38,1	
	80	50,9	59,0	61,5	57,1		30,9	37,5	40,8	36,4	
	alt	49,1	51,9	59,0	53,4		37,0	41,0	41,7	39,9	
	gns.	51,3	57,8	62,8			34,0	37,9	40,4		
	LSD		2,4					2,6			
1983											
	40	32,6	35,8	38,0	35,5	3,0	20,5	22,5	25,6	22,9	2,0
	60	29,7	36,2	40,3	35,4		18,4	21,3	25,6	21,8	
	80	24,6	32,3	41,1	32,6		18,8	21,5	24,3	21,6	
	alt	20,9	24,4	27,7	24,4		17,3	19,3	21,8	19,5	
	gns.	27,0	32,2	36,8			18,8	21,2	24,3		
	LSD		2,6					1,7			
1984											
	40	51,1	54,6	55,0	53,6	n.s.	36,2	38,1	39,5	37,9	n.s.
	60	49,6	53,8	55,8	53,1		36,0	36,0	39,8	37,3	
	80	49,6	53,1	56,9	53,2		35,3	37,8	39,7	37,6	
	alt	48,6	53,2	55,1	52,3		35,6	37,9	40,5	38,0	
	gns.	49,7	53,7	55,7			35,8	37,4	39,9		
	LSD		2,5					2,1			
1985											
	40	54,3	56,4	58,6	56,4	1,5	35,7	36,9	42,0	38,2	1,9
	60	54,9	58,2	59,4	57,5		36,0	37,9	42,5	38,8	
	80	54,5	59,0	61,9	58,5		36,7	43,3	45,3	41,8	
	alt	53,8	59,4	62,1	58,4		36,8	41,2	44,4	40,8	
	gns.	54,4	58,3	60,5			36,3	39,8	43,6		
	LSD		1,3					1,7			

kerneudbyttet størst ved den mindste N-tilførsel (40 N) ved fremspiring, uanset N-niveau. I 1984 og 1985 var der en tendens til samme vekselvirkning som i 1983.

Halmudbyttet steg generelt jo mere N der blev tilført ved fremspiring.

I det gennemsnitlige kerneudbytte var der en signifikant vekselvirkning mellem N-strategi og N-niveau. Signifikansniveau på gennemsnitsresultater af alle forsøgsår er vist i tabel 1.2. Ved laveste N-niveau (100 N) fandtes det højeste kerneudbytte således, når der blev tilført 40 N ved fremspiring, ved midterste N-niveau (120 N) når der blev tilført 60 N ved fremspiring og ved højeste N-niveau (140 N), når der blev tilført 80 N ved fremspiring (fig. 1.1). Det gennemsnitlige halmudbytte var upåvirket af N-strategien (fig. 1.1 og tabel 1.2).



Kerne hkg/ha									
N ved fremsp.	Total 100	N-tilførsel 120		N ved fremsp.	Halm hkg/ha	HI	Total N- tilførsel	Halm hkg/ha	HI
40	48,0	51,8	54,2	40	33,6	60,5	100	31,2	59,2
60	46,4	52,0	55,2	60	34,0	60,2	120	34,1	59,7
80	44,9	50,9	55,4	80	34,3	59,5	140	37,1	59,3
alt	43,1	47,2	51,0	alt	34,6	57,4	LSD	0,9	n.s.
sig. vekselvirk.				LSD	n.s.	0,8			
LSD = 3,4									

Fig. 1.1 Det gennemsnitlige tørstofudbytte samt høstindeks (HI, % kerne af total tørstof) 1982-1985. Markforsøg I.

Høstindekset (procent kerne af total høstet tørstof, HI) viste ringe variation mellem forsøgsårene, selv om der var signifikante forskelle (tabel 1.2). HI var størst i 1982 (gns. 60,5) og mindst i 1984 (gns. 58,4). N-niveauet ændrede ikke HI (fig. 1.1). Der var således et konstant forhold mellem kernetørstof og halm-tørstof ved forskellig total N-tilførsel. Derimod steg HI med faldende N-tilførsel ved fremspiring p.g.a. stigning i kerneudbyttet, mens halmudbyttet var konstant.

Tabel 1.2 Signifikansniveau ved 3-sidet variansanalyse.
Markforsøg I.

	tørstof			% N		N-høstet		høst- indeks		N-ud- nyttelse	skud- antal	kerne- størrelse (>2,8 mm)
	kerne	halm	total	kerne	halm	kerne	halm	total (HI)				
N-strat.	***	-	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
N-niveau	***	***	***	***	***	***	***	***	-	*	***	***
år	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***
N-strat. x N niv.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-strat. x år	***	***	***	**	**	***	**	***	***	***	-	***
N-niv. x år	***	-	*	-	-	-	-	-	*	**	*	***

Signifikans: * = 95%, ** = 99%, *** = 99,9%, - = ikke signifikant.

Stor nedbørsmængde (Markforsøg II)

Forsøgsbehandling 60+60 N (svarende til led 5 i markforsøg I) blev i dette forsøg behandlet med forskellige tidspunkter for den 2. N-tildeling og forskellige vandmængder (simuleret nedbørsoverskud i foråret).

N-gødningen ved fremspiring blev i 1984 i a (0 mm) opløst 5 dage senere end i b (50 mm) og c (125 mm), hvilket bevirkede en senere udvikling i a, hvorfor resultaterne ikke er medtaget (tabel 1.3).

N-udvaskning ved overvanding reducerede både kerne og halmudbyttet betydeligt. Overvanding med 125 mm reducerede i 1985 kerneudbyttet med 19% og halmudbyttet med 26%. Denne store overvanding reducerede imidlertid ikke udbyttet til 1983-niveau, selv om overvandingen nærmede sig størrelsen af nedbørsoverskuddet i 1983 (jf. kap. 3).

Ved en lidt tidligere udbringning (y) af den 2. N-tilførsel (10-14 dage) var der imidlertid ikke signifikante forskelle i kerne og halmudbyttet. Udbyttenedgangen ved en provokeret N-udvaskning i foråret og dermed hurtigere N-mangel var således upåvirket af tidspunktet for 2. N-tilførsel. (N-strategi z omtales i kap. 4).

Tabel 1.3 Kerne og halmudbytte (hkg tørstof/ha) 2-delt N-tilførsel (60+60 N).
Markforsøg II.

N strat.	1984				1985				
	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel	Ekstra vandtilførsel
	50 mm	125 mm	gns.	LSD	0 mm	50 mm	125 mm	gns.	LSD
Kerne									
x*	62,6	52,6	57,6	n.s.	64,2	58,6	51,8	58,2	n.s.
y	56,8	51,4	54,1		62,2	59,1	50,0	57,1	
gns.	59,7	52,0			63,2	58,8	50,9		
LSD	3,8					2,0			
Halm									
x	39,7	35,7	37,7	n.s.	43,7	36,2	31,5	37,1	n.s.
y	38,6	36,7	37,7		41,9	38,6	31,9	37,4	
gns.	39,1	36,2			42,8	37,4	31,7		
LSD		n.s.				5,0			

x*: 2. N-gødsning ved stadium 4

y: 2. N-gødsning ca. 2 uger tidligere end x

Jordtype (Rammeforsøg I)

Udbyttet var i gennemsnit af 4 år noget større på lerjord end på sandjord (fig. 1.2).

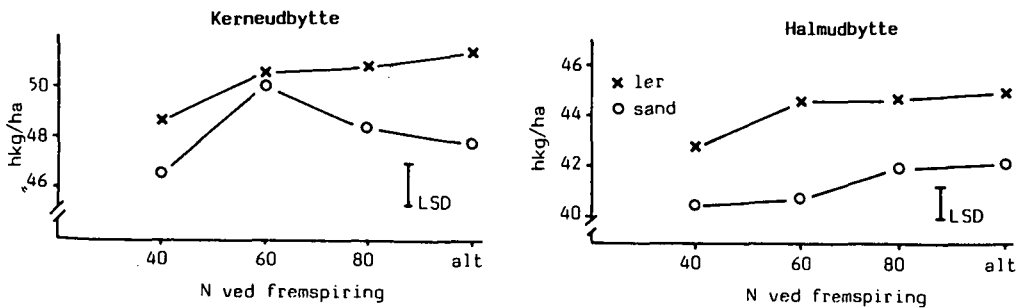


Fig. 1.2 Det gennemsnitlige tørstofudbytte (1982-1985).
Rammeforsøg I.

I 1983 var der modsat markforsøget ingen forskel på N-strategierne, og både kerne og halmudbyttet var højere end i markforsøget (tabel 1.4).

I 1984 og 1985 var både kerne og halmudbyttet signifikant størst på lerjorden.

I 1983 var kerneudbyttet derimod størst på sandjorden, selv om udvaskningen synes at have været størst og mineraliseringen mindst i sandjorden (jf. kap. 3).

Tabel 1.4. Kerne og halmudbytte (hkg tørstof/ha) i de enkelte forsøgsår. Total N-tilførsel: 120 N.
Rammeforsøg I.

	N ved fremsp.	Kerne				Halm			
		sand	ler	qns.	LSD	sand	ler	qns.	LSD
<u>1982</u>									
	40	66,9	64,6	65,8	5,1	47,2	55,6	51,4	n.s.
	60	76,6	67,4	72,0		52,7	60,6	56,6	
	80	64,6	68,7	66,7		54,2	57,8	56,0	
	120	60,0	66,8	63,4		52,2	56,1	54,2	
	gns.	67,1	66,9			51,6	57,5		
	LSD	n.s.				3,4			
<u>1983</u>									
	40	39,7	32,3	36,0	n.s.	41,4	34,1	37,7	n.s.
	60	38,3	31,6	34,9		35,1	35,2	35,1	
	80	40,7	34,0	37,4		35,2	35,3	35,2	
	120	41,2	34,7	38,0		37,2	36,8	37,0	
	gns.	40,5	33,1			37,2	35,3		
	LSD	5,9				n.s.			
<u>1984</u>									
	40	27,3	37,9	32,6	n.s.	31,9	32,3	32,1	n.s.
	60	28,8	38,1	33,5		31,7	34,6	33,2	
	80	28,8	39,5	34,2		33,3	37,3	35,3	
	120	30,1	42,7	36,4		33,8	38,7	36,3	
	gns.	28,8	39,6			32,7	35,7		
	LSD	2,8				2,5			
<u>1985</u>									
	40	52,7	59,8	56,3	2,9	41,3	49,1	45,2	n.s.
	60	56,6	64,1	60,4		43,7	48,1	45,9	
	80	59,9	61,6	60,7		45,2	48,4	46,8	
	120	60,0	61,5	60,8		45,7	48,4	47,1	
	gns.	57,3	61,8			44,0	48,5		
	LSD	2,0				2,0			

I gennemsnit af alle år (fig. 1.2) fandtes det højeste kerneudbytte på sandjorden ved 60 N ved fremspiring som i markforsøg I ved tilsvarende N-niveau (120 N), mens det højeste udbytte på lerjorden fandtes ved éngangstilførsel. Halmudbyttet var på begge jordtyper størst ved éngangstilførsel. Der var dog ingen signifikante forskelle mellem N-strategierne.

Vandtilførsel (Rammeforsøg II)

Tørke i strækningsfasen reducerede i forhold til fuld vandet både kerne og halmudbyttet kraftigt (tabel 1.5), omkring 30%. Kerneudbyttet blev reduceret mest, hvilket resulterede i et lavere høstindeks. Reduktionen i udbytte og høstindeks blev ikke påvirket af N-gødskningsstrategien.

Mellem N-strategierne var der ingen signifikante forskelle, hverken i 1983 eller 1985. Der var ingen N-udvaskning i denne del af forsøget, idet rammerne blev overdækket ved nedbør.

Vandudnyttelsen (kg tørstof pr. ha pr. mm) var ens de to forsøgsår (tabel 1.5). Ved fuld vandet blev der høstet 46 kg tørstof pr. ha pr. mm vand forbrugt i vækstperioden, mens der ved udtørring i strækningsfasen kun blev høstet 40 kg.

Tabel 1.5 Kerne og halmudbytte (hkg tørstof/ha) (1983, 1985), høstindeks (HI, % kerne af total høstet tørstof) (1983, 1985) samt vandudnyttelsen (VU, kg tørstof pr. ha/mm).
Total N-tilførsel: 120 N.
Rammeforsøg II

N ved fremsp.	Kerne				Halm			
	1.*	2.	gns.	LSD	1.	2.	gns.	LSD
40	52,2	34,9	44,7	n.s.	39,6	28,0	34,5	n.s.
60	54,3	36,8	46,8		40,5	31,2	36,7	
120	54,6	34,8	46,0		41,1	29,9	36,5	
gns.	53,7	35,5			40,4	29,7		
LSD		1,5				2,1		

N ved fremssp.	HI				VU	
	1.	2.	gns.		1.	2.
40	56,8	55,6	56,3	1983	45,7	39,8
60	57,2	54,4	55,9	1985	46,2	39,9
120	56,9	53,4	55,2			
gns.	56,9	54,4				

*1. Fuld vandet.

2. Tørke i strækningfasen.

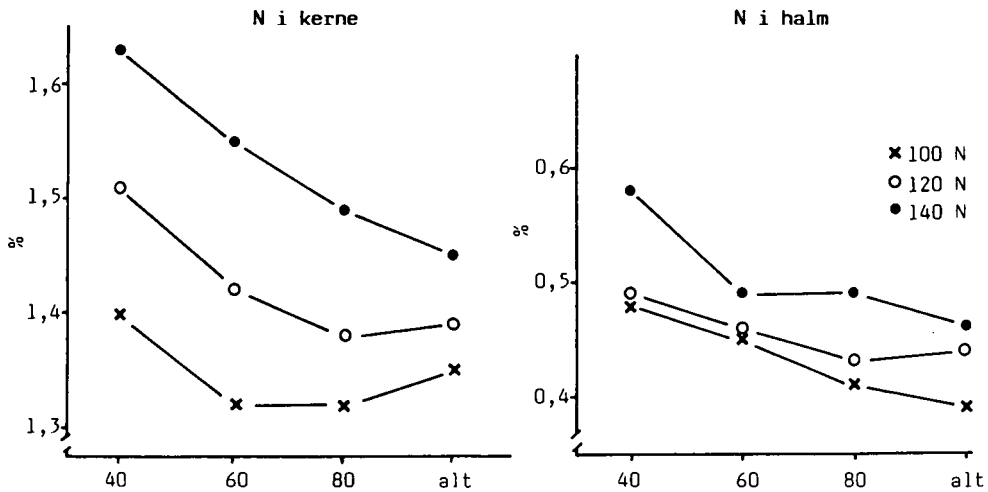
N høstet

Gødskningsstrategi/niveau (Markforsøg I)

Det procentiske N-indhold i kernerne var ens alle årene (tabel 1.6). N-udvaskningen i 1983, hvor tørstofudbyttet var lille, påvirkede således ikke N-procenten i kernerne. I halmen var N-procenten derimod forholdsvis høj i 1983. Der var imidlertid ikke stor årsvariation (tabel 1.6).

Stigende N-niveau øgede N-procenten ved alle N-strategier i både kerne og halm (fig. 1.3). Stigningen var større fra 120 til 140 N end fra 100 til 120 N.

N-strategien påvirkede ligeledes N-procenten. I gennemsnit fandtes den største forskel mellem 40 N og 60 N ved fremspiring (fig. 1.3). I 1983 var der størst forskel på N-strategierne, hvilket også bevirkede en signifikant vekselvirkning mellem år og N-strategi (jf. tabel 1.2).



N ved fremsp.	% N		Total N- tilførsel	% N	
	kerne	halm		kerne	halm
40	1,51	0,51	100	1,35	0,43
60	1,43	0,46	120	1,42	0,45
80	1,40	0,44	140	1,53	0,50
alt	1,40	0,43	LSD	0,04	0,03
LSD	0,04	0,03			

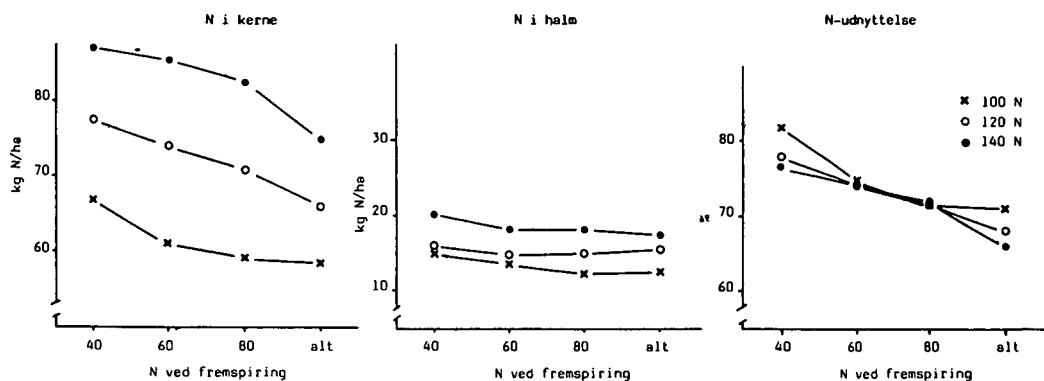
Fig. 1.3 Den gennemsnitlige N-procent i kerne og halm (1982-1985). Markforsøg I.

Tabel 1.6 Det procentiske N-indhold. Gennemsnit pr. år.
Markforsøg I.

	% N i kerne	% N i halm
1982	1,43	0,43
1983	1,44	0,50
1984	1,45	0,42
1985	1,41	0,49
LSD	n.s.	0,04

N-strategiens effekt på N-procenten i kernerne synes at have været stigende med stigende N-niveau (fig. 1.3). Vekselvirkningen var imidlertid ikke signifikant.

Den høstede N-mængde i kernerne var i 1982-1984 størst ved laveste N-tilførsel (40 N) ved fremspiring, mens der i 1985 ikke synes at have været forskel mellem N-strategierne (tabel 1.7). I 1983 med stor N-udvaskning blev der



N ved fremsp.	kerne kg N/ha	halm kg N/ha	N-udnyt. %	Total N- tilførsel	kerne kg N/ha	halm kg N/ha	N-udnyt. %
40	77,1	17,0	78,7	100	61,4	13,3	74,7
60	73,4	15,5	74,1	120	72,0	15,3	72,8
80	70,8	15,2	71,6	140	82,5	18,5	72,1
alt	66,5	15,2	68,3				
LSD	2,4	1,2	2,8		2,1	1,0	2,4

Fig. 1.4 Den gennemsnitlige høstede N-mængde og N-udnyttelsen (procent N-høstet af N-tilført), 1982-1985.
Markforsøg I.

høstet forholdsvis lidt kvælstof p.g.a. ringe tørstofproduktion. Forskellen mellem N-strategierne var dette år større end de øvrige år. Når der blev tilført 40 N ved fremspiring, blev der således i alt høstet 29 kg N/ha mindre i 1983 end de øvrige år, mens der ved éngangstilførsel blev høstet 56 kg N/ha mindre. Vekselvirkningen mellem år og N-strategi var signifikant (jf. tabel 1.2).

Forskellen mellem N-niveauerne var derimod meget konstant de forskellige år. Der blev høstet ca. 25 kg N/ha (kerne + halm) mere ved 140 N end ved 100 N. Der var således ingen vekselvirkning mellem år og N-niveau (jf. tabel 1.2).

Tabel 1.7 Den høstede N-mængde i kg/ha de enkelte år.
Markforsøg I.

		Kerne					Halm			
	N ved fremsp.	Total N-tilførsel					Total N-tilførsel			
		100	120	140	gns.		100	120	140	gns.
<u>1982</u>										
	40	76,3	85,9	98,2	86,8		15,0	15,7	17,5	16,1
	60	67,6	83,5	96,5	82,5		13,6	15,0	18,0	15,5
	80	67,7	81,4	91,7	80,3		12,1	16,1	18,4	15,5
	alt	73,2	75,2	86,8	78,4		15,2	19,7	19,6	18,2
	gns.	71,2	81,5	93,3			14,0	16,6	18,4	
<u>1983</u>										
	40	46,6	57,6	70,7	58,3		10,2	12,8	19,7	14,2
	60	40,1	51,8	63,7	51,9		10,0	12,0	13,8	11,9
	80	32,0	42,6	60,0	44,9		8,3	9,5	12,2	10,0
	alt	27,4	32,3	37,1	32,3		6,6	7,1	7,6	7,1
	gns.	36,5	46,1	57,9			8,8	10,4	13,3	
<u>1984</u>										
	40	71,6	82,9	89,1	81,2		15,2	16,4	18,6	16,7
	60	68,0	76,9	89,2	78,0		13,7	15,1	18,3	15,7
	80	63,9	75,4	86,5	75,3		13,4	14,7	18,2	15,4
	alt	66,1	72,3	83,7	74,0		13,2	15,9	18,6	15,9
	gns.	67,4	76,9	87,1			13,9	15,5	18,4	
<u>1985</u>										
	40	72,8	83,0	90,2	82,0		18,9	18,8	24,8	20,8
	60	68,0	83,3	92,1	81,1		16,9	17,0	22,1	18,7
	80	73,1	83,2	92,3	82,9		15,4	19,9	24,0	19,8
	alt	67,2	84,4	92,0	81,2		15,1	19,4	24,0	19,5
	gns.	70,3	83,5	91,7			16,6	18,8	23,7	

I gennemsnit af alle forsøgsår blev den største mængde N i kernerne fundet ved laveste N-tilførsel (40 N) ved fremspiring uanset N-niveau (fig. 1.4). N-strategiens indvirkning på N-procenten bevirkede således, at der ikke som ved tørstofmængden var en signifikant vekselvirkning mellem N-niveau og N-strategi.

Den gennemsnitlige mængde N-høstet i halm viste meget mindre forskelle end i kerne.

N-udnyttelsen, som er procent N-høstet af N-tilført, faldt lidt med stigende N-tilførsel, dvs. en relativ mindre N-optagelse (fig. 1.4). Da N-høstet steg med faldende N-tilførsel ved fremspiring, steg N-udnyttelsen også.

Stor nedbørsmængde (Markforsøg II)

Ekstra vandtilførsel (simulering af nedbørsoverskud) reducerede den høstede N-mængde (tabel 1.8). I 1985 blev der høstet 29 kg N mindre ved tilførsel af 125 mm, hvilket svarer til den målte/beregnete merudvaskning på 31 kg N (kap. 3). I 1983, hvor nedbørsoverskuddet i forårsperioden var sammenlignelig med overvandingen (jf. kap. 3), blev der ved tilsvarende N-strategi høstet 33 kg N mindre end gennemsnittet af de øvrige forsøgsår.

Overvanding reducerede imidlertid ikke den høstede tørstofmængde tilsvarende (jf. tabel 1.3). Dette skyldes, at overvandingen reducerede N-procenten i både

Tabel 1.8 Den høstede N-mængde (kg N/ha). 2-delt N-tilførsel (60+60 N).
Markforsøg II.

<u>kerne</u>	N strategi	1984			1985			
		Ekstra vandtilførsel			Ekstra vandtilførsel			
		50 mm	125 mm	gns.	0 mm	50 mm	125 mm	gns.
	x*	90,1	66,8	78,5	89,9	79,7	68,4	79,3
	y	81,3	68,4	74,9	85,0	78,0	63,0	75,3
	gns.	85,7	67,6		87,5	78,9	65,7	
<u>halm</u>	x	16,7	12,5	14,6	19,7	15,6	13,6	16,3
	y	14,3	13,2	13,8	19,7	16,6	12,4	16,2
	gns.	15,5	12,9		19,7	16,1	13,0	

x*: 2. N-tilførsel ved stadium 4

y: 2. N-tilførsel ca. 2 uger tidligere end x.

kerne og halm, mens N-procenten i 1983 som nævnt tidligere var af samme størrelse som de øvrige år.

En tidligere 2.-tilførsel af kvælstof end ved stadium 4 forøgede ikke den høstede N-mængde (tabel 1.8), selv om planterne ved overvanding synligt led af N-mangel ved stadium 4.

Jordtype (Rammeforsøg I)

N-procenten i både kerne og halm var størst på lerjorden (fig. 1.5). Den høstede N-mængde i henholdsvis kerne og halm var ligeledes størst på lerjorden de enkelte år (tabel 1.9). Eneste undtagelse var N-høstet i kerne 1983, hvor

Tabel 1.9 Den høstede N-mængde (kg N/ha) de enkelte år.
Total N-tilførsel: 120 N.
Rammeforsøg I

	N ved fremsp.	Kerne			Halm		
		sand	ler	gns.	sand	ler	gns.
<u>1982</u>							
	40	97,8	102,8	100,3	21,7	29,5	25,6
	60	119,5	117,3	118,4	27,4	35,1	31,3
	80	91,7	105,2	98,5	26,0	27,7	26,9
	120	84,6	96,2	90,4	22,4	21,9	22,2
	gns.	98,4	105,4		24,4	28,6	
<u>1983</u>							
	40	74,7	73,4	74,1	24,8	22,5	23,7
	60	70,1	67,5	68,8	18,6	26,7	22,7
	80	69,7	69,0	69,4	17,3	22,2	19,8
	120	68,4	55,8	62,1	16,8	21,3	19,1
	gns.	70,7	66,4		19,4	23,2	
<u>1984</u>							
	40	54,0	71,7	62,9	23,0	23,0	23,0
	60	55,4	75,5	65,5	19,7	23,5	21,6
	80	55,9	76,2	66,1	19,0	22,4	20,7
	120	52,1	76,5	64,3	17,9	26,7	22,3
	gns.	54,4	75,0		19,9	23,9	
<u>1985</u>							
	40	100,6	104,1	102,4	27,6	32,9	30,3
	60	101,4	109,0	105,2	25,3	27,4	26,4
	80	98,2	108,4	103,3	24,4	28,0	26,2
	120	96,6	98,4	97,5	24,7	23,3	24,0
	gns.	99,2	105,0		25,5	27,9	

der blev høstet størst mængde kvælstof på sandjorden. Der blev også dette år, som nævnt tidligere, høstet betydelig større mængde tørstof på sandjorden.

N-høstet i kerne var i gennemsnit af alle forsøgsår på både ler og sandjorden signifikant størst ved 60 N tilført ved fremspiring (fig. 1.5) modsat markforsøg I, hvor største N-mængde blev høstet ved 40 N. N-høstet i halm var størst ved 40 N og 60 N ved fremspiring.

N-udnyttelsen var størst på lerjorden, da den største mængde kvælstof blev høstet på denne jordtype - i gennemsnit 96% på lerjorden og 86% på sandjorden.

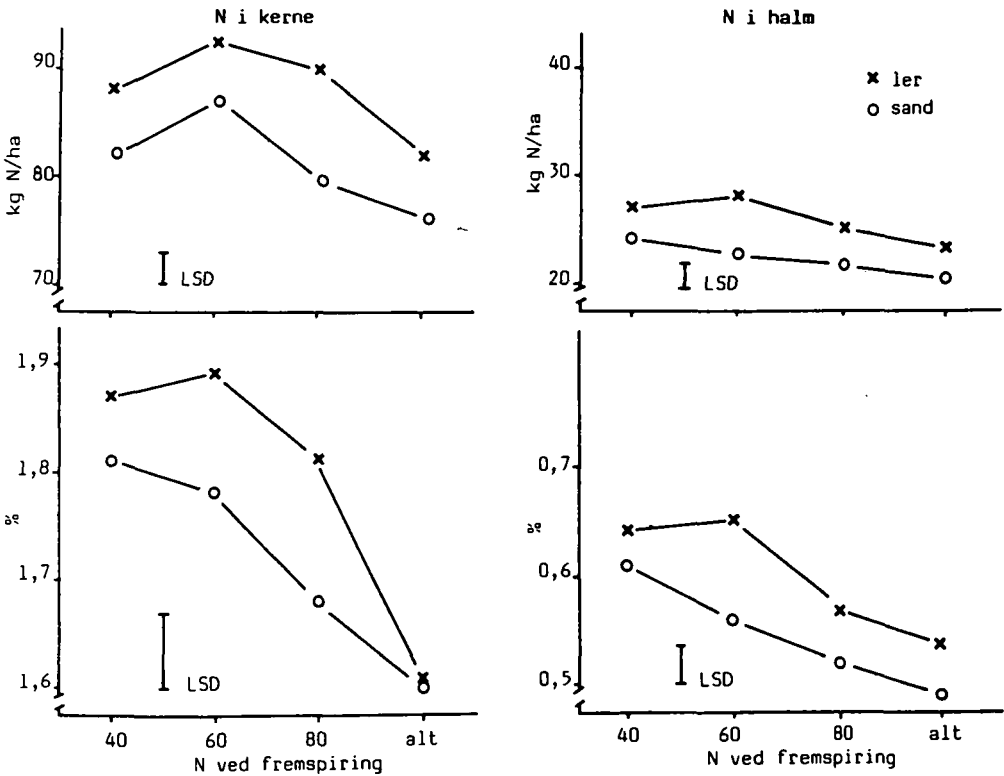


Fig. 1.5 Den gennemsnitlige høstede N-mængde og N-procenten i kerne og halm (1982-1985).
Rammeforsøg I.

Vandtilførsel (Rammeforsøg II)

Det procentiske N-indhold i både kerne og halm steg betydeligt, hvor planterne var udsat for tørke i strækningsperioden (tabel 1.10). Den høstede N-mængde i både kerne og halm blev alligevel kraftigt reduceret ved tørke i strækningsfasen, da reduktionen i tørstofproduktionen var relativt større end stigningen i det procentiske N-indhold. N-udnyttelsen (procent N-høstet af N-tilført) blev derfor reduceret ved tørke. N-udnyttelsen var i gennemsnit 96% ved fuld vandet og 80% ved tørke i strækningsfasen.

Kernestørrelse

I de år (1982, 1984 og 1985), hvor nedbørsmængden i foråret var relativt lille, havde N-strategien og N-niveauet samme effekt på kernestørrelsen. Kernerne blev mindre ved stigende N-niveau (fig. 1.6). Kernerne blev ligeledes mindre ved faldende N-tilførsel ved fremspiring, og dermed stigende N-tilførsel ved

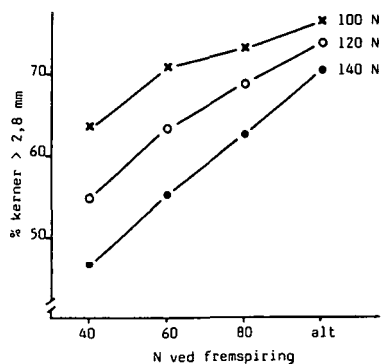
Tabel 1.10 Den høstede N-mængde (kg N/ha) samt det procentiske N-indhold, 1983 og 1985.
Total N-tilførsel: 120 N.
Rammeforsøg II.

N ved fremsp.	<u>Kerne (kg N/ha)</u>				<u>Halm (kg N/ha)</u>			
	1.*	2.	gns.	LSD	1.	2.	gns.	LSD
40	91,4	76,6	84,0	n.s.	24,8	22,5	23,7	n.s.
60	92,7	78,9	85,8		20,2	21,5	20,9	
120	95,8	65,1	80,5		19,5	21,7	20,6	
gns.	93,3	73,5			21,5	21,9		
LSD		14,6				n.s.		

N ved fremsp.	<u>% N i kerne</u>				<u>% N i halm</u>			
	1.	2.	gns.	LSD	1.	2.	gns.	LSD
40	1,79	2,26	2,03	n.s.	0,75	0,82	0,79	n.s.
60	1,74	2,18	1,96		0,51	0,70	0,61	
120	1,67	1,85	1,83		0,47	0,73	0,60	
gns.	1,73	2,10			0,58	0,75		
LSD		0,35				n.s.		

*1. Fuld vandet.

2. Tørke i strækningsfasen.



N ved fremsp.	82,84,85	83	Total N-tilførsel	82,84,85	83
40	54,9	54,1	100	70,9	51,2
60	63,0	53,4	120	65,1	51,3
80	68,0	52,5	140	58,5	55,3
alt	73,4	50,4			
LSD	2,7		LSD	2,4	

Fig. 1.6 Procent kerner i den største fraktion (> 2,8 mm). Gennemsnit af 1982 1984 og 1985.
Markforsøg I.

stadium 4, - dvs. der var en mindre del i den største fraktion (> 2,8 mm) og en større del i de 3 mindste fraktioner (2,5-2,8, 2,2-2,5 og < 2,2). Forskellen mellem N-strategierne steg betydeligt med stigende N-niveau (jf. fig. 1.6). Denne vekselvirkning var signifikant ved fraktionen < 2,2 mm.

I 1983, hvor N-udvaskningen om foråret var stor, blev kernerne modsat de øvrige år mindre med stigende N-tilførsel ved fremspiring og dermed faldende N-tilførsel ved stadium 4 (fig. 1.6). Dette skyldes sandsynligvis N-udvaskningen og dermed N-mangel i led, hvor en relativ stor del af N-gødningen var tilført ved fremspiring.

Tabel 1.11 Den gennemsnitlige kernestørrelsesfordeling (vægtprocent i de forskellige fraktioner).
Markforsøg I.

	> 2,8	2,5-2,8	2,2-2,5	< 2,2 mm
1982	84,4	12,5	2,3	0,8
1983	52,6	36,2	9,0	2,1
1984	62,9	28,9	6,2	2,1
1985	47,2	34,0	14,0	4,9

Der var stor forskel på den gennemsnitlige kernestørrelsesfordeling de enkelte år (tabel 1.11). Den forholdsvis største mængde store kerner blev fundet i 1982 og den mindste i 1985, selv om udbytteneiveauet var næsten ens disse år. Kernestørrelsesfordelingen i 1983 og i 1985 var ikke væsentligt forskellige, selv om der i 1983 var et stort nedbørsoverskud i foråret. Det samme fandtes i markforsøg II (tabel 1.12), hvor den ekstra vandtilførsel ikke ændrede kernestørrelsesfordelingen.

På lerjorden bevirkede stigende N-tilførsel ved fremspiring ligeledes, at kernerne blev større (tabel 1.13). Forskellene mellem N-strategierne var imidlertid betydelig mindre end på sandjorden, og der var således en signifikant vekselvirkning mellem jordtype og N-strategi.

Tørke i strækningsfasen bevirkede, at N-strategien ikke havde nogen effekt på kernestørrelsesfordelingen (tabel 1.14). Vekselvirkningen mellem N-strategi og vandingstrategi var signifikant.

Tabel 1.12 Vægtprocent kerner >2,8 mm (1984-1985).
Markforsøg II

N strat.	Ekstra vandtilførsel			gns.	LSD
	0 mm	50 mm	125 mm		
x*	57,9	58,5	56,9	57,8	3,7
y	65,8	72,9	69,2	69,3	
gns.	61,9	65,7	63,1		
LSD		n.s.			

x*: 2. N-tilførsel ved stadium 4

y: 2. N-tilførsel ca. 2 uger tidligere end x.

Tabel 1.13 Vægtprocent kerner >2,8 mm
Total N-tilførsel: 120 N.
Ramreforsøg I (1982, 1984, 1985)

N ved fremsp.	sand	ler
40	35,0	42,3
60	41,0	42,2
80	50,4	46,0
120	51,5	48,8
sig. vekselvirkning		
LSD = 6,4		

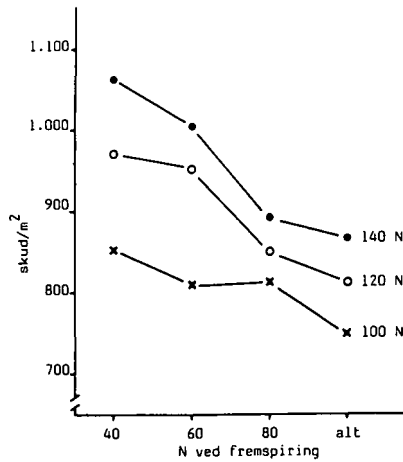
Tabel 1.14 Vægtprocent kerner >2,8 mm.
Total N-tilførsel: 120 N.
Rammeforsøg II. (1983-1985)

N ved fremsp.	Vanding	
	1*	2
40	40,2	51,2
60	47,7	55,2
120	59,0	51,4

sig. vekselvirkning
LSD = 6,9

*1. Fuld vandet

2. Tørke i strækingsfasen



N ved fremsp.	Skud m ²	Total N- tilførsel	Skud m ²
40	961	100	807
60	923	120	897
80	852	140	957
alt	811		
LSD	50	LSD	43

Fig. 1.7 Antallet af aksbærende skud ved høst (1982-1985).
Markforsøg I.

Skudantal ved høst

Stigende total N-tilførsel samt faldende N-tilførsel ved fremspiring øgede antallet af aksbærende skud ved høst (fig. 1.7). Forskellen mellem N-strategierne steg med stigende N-tilførsel. Denne vekselvirkning var ikke signifikant.

Et større skudantal ved høst øgede ikke halmmængden relativt, idet både skudantallet og høstindekset (jf. fig. 1.1) blev større ved stigende N-tilførsel ved stadium 4.

Der var stor forskel på skudantallet/aksantallet de enkelte år. Aksantallet pr. arealenhed var størst i 1985, hvor kernerne også var små (jf. tabel 1.11). Derimod var både aksantallet lille og kernerne små i 1983, hvor udbyttet var forholdsvis lille.

N-strategiens effekt på aksantallet var ens de enkelte år. N-niveauet havde derimod større effekt på aksantallet ved stigende aksantal (fig. 1.8). Denne vekselvirkning mellem år og N-niveau var signifikant (jf. tabel 1.2).

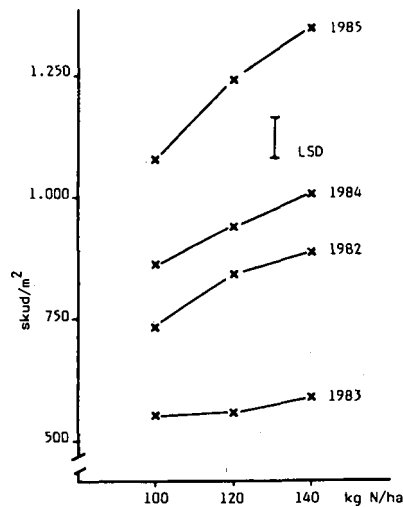


Fig. 1.8 Antallet af aksbærende skud ved forskellig N-niveau.
Markforsøg I.
I LSD

Diskussion

N-niveauet synes at påvirke effekten af N-strategien på flere parametre. Ved højere N-niveau skulle der således tilføres mere kvælstof ved fremspiring for at få maksimalt kerneudbytte, mens samme mængde (60 N) skulle tilføres ved den 2. N-tilførsel ved stadium 4. Netop denne effekt kan være medvirkende årsag til tidligere undersøgelsers forskellig artede resultater (jf. Indledning).

Effekten af N-strategi og N-niveau varierede en del fra år til år. Med hensyn til årsagen til dette og vækstforløb gennem vækstperioden henvises til kap. 2. Ved stort nedbørsoverskud i forårsperioden (1983) blev merudbyttet for deling betydeligt. Hvis 1. N-tilførsel var blevet tilført ved såning og ikke ved fremspiring, må merudbyttet forventes at være blevet endnu større ved deling, idet N-udvaskningen da ville have været større. Der var i gennemsnit 20 dage fra såning til fremspiring. Som N-gødning blev benyttet kalkammonsalpeter, (50% $\text{NO}_3\text{-N}$, 50% $\text{NH}_4\text{-N}$). Hvis der havde været anvendt en mere ammoniumholdig gødning, måtte der forventes mindre forskelle mellem N-strategierne forårsaget af N-udvaskning (Skriver, 1984; Højmark & Fogh, 1977).

I rammeforsøget med ler og sandjord var udbytteneiveauet i 1983 betydeligt højere end i markforsøget. Dette kan eventuelt skyldes senere såning af rammerne og dermed senere fremspiring/N-tilførsel. Der faldt 68 mm nedbør fra N-gødskning i marken til N-gødskning i rammeforsøg I, hvilket må have reduceret N-udvaskningen i rammerne en del i forhold til N-udvaskning i marken.

En overvanding med tilsvarende vandmængde gav ikke samme effekt som nedbørsoverskuddet i foråret 1983. Den høstede N-mængde synes at være blevet reduceret tilsvarende ved overvanding, men tørstofproduktionen var større og N-procenten tilsvarende lavere. Når udbyttet således ikke blev påvirket ens ved nedbørsoverskud og overvanding, kan det bl.a. skyldes forskellige vandtildelingsforhold. I 1983 var jorden vandmættet i en forholdsvis lang periode, mens denne periode var kort ved overvanding, hvor vandingen kun blev fordelt over 3-5 dage. Rodvæksten har således haft noget forskellige betingelser. I 1983 blev der således produceret meget lidt rodmasse (jf. kap. 2).

Det er i korn ofte fundet, at N-procenten i kernerne stiger ved delt-N (George & Skinner, 1984; Siman & Linnér, 1980; Matzel et al., 1979). En undtagelse er

dog Gregersen & Hejlesen (1983), som på samme jordtype (1978-81) som i nærværende forsøg fandt en mindre N-procent, når den 2. N-udbringning var den 1. juni, mens N-procenten blev fastholdt eller større, når N blev udbragt den 15. juni. At tidspunktet for den 2. N-tildeling har betydning bekræftes af Easson (1984), som fandt, at N-procenten i vårbyg først steg, når N blev tilført senere end 60 dage efter fremspiring. I nærværende forsøg blev N tilført betydelig tidligere end 60 dage efter fremspiring, alligevel fandtes den største N-procent ved laveste tildeling (40 N) ved fremspiring. Den større N-procent bevirkede, at der ved alle N-niveauer blev høstet mest kvælstof ved laveste N-tildeling ved fremspiring og dermed højeste ved stadium 4.

Flere har som i dette forsøg fundet, at delt-N øger aksantallet pr. m² (Christensen & Killorn, 1981; Schreiber & Stanberry, 1965), derimod har det været forskelligt, hvorvidt delt-N har øget eller sænket kernevægten. I dette forsøg blev kernerne de fleste år mindre med faldende N-tilførsel ved fremspiring.

Der var mellem årene ingen sammenhænge mellem udbytteneiveauet og niveauet for aksantal/skudantal pr. m² eller mellem udbytteneiveauet og kernestørrelsesfordelingen. Ved at sammenligne enkeltår har flere fundet sådanne sammenhænge, især når kun N-niveau blev varieret. F.eks. har Campbell & Davidson (1979 II) i vårhvede fundet, at kerneudbyttet er direkte relateret til aksantal, og omvendt relateret til kornvægten. Sådanne sammenhænge er heller ikke fundet inden for det enkelte forsøgsår.

Resumé

For kerneudbyttet (1982-1985) fandtes en vekselvirkning mellem N-niveau og N-strategi. Den mængde kvælstof, som skulle tilføres ved fremspiring for at opnå det højeste kerneudbytte, steg således med stigende total N-tilførsel. Halmudbyttet steg (med undtagelse af 1983) med stigende N-tilførsel ved fremspiring, og var således størst ved éngangstilførsel.

Ved stor nedbørsmængde i foråret og dermed N-udvaskning (1983) var kernemerudbyttet for deling betydeligt større end i år uden denne nedbørsmængde. Ved stor N-udvaskning i foråret (overvanding) blev tørstofproduktionen ikke større ved at udbringe den 2. N-tilførsel tidligere end stadium 4.

Det procentiske N-indhold i både kerne og halm var størst ved den laveste N-tildeling ved fremspiring. Dette bevirkede, at den største mængde N-høstet i kerne og halm fandtes ved de laveste N-tildelinger i foråret (40 N i markforsøg I og 60 N i ramme-forsøg I i ler og sandjord).

Der var flere aks pr. m² jo større en del af N-gødningen, der blev tilført ved stadium 4. Samtidig blev kernerne mindre.

På lerjord var tørstofudbyttet under samme klimatiske betingelser større end på sandjord. Samtidig var N-procenten i både kerne og halm størst på lerjord, hvorved den høstede N-mængde også blev størst. På lerjord var der ingen merudbytte for deling af N-gødningen. Det største udbytte af både kerne og halm blev således fundet ved éngangstilførsel ved fremspiring.

Kernestørrelsen blev påvirket betydeligt mindre af forskellig N-strategi på lerjord end på sandjord.

Tørke i strækingsperioden, efter den 2. N-tilførsel ved stadium 4, reducerede både kerne og halmudbyttet kraftigt. Udbyttereduktionen blev ikke påvirket af N-strategien. N-procenten i både kerne og halm steg betydeligt ved tørke i strækingsperioden, men p.g.a. det lavere tørstofudbytte blev der i gennemsnit høstet 20 kg N/ha mindre. Tørke i strækingsfasen bevirkede, at kernestørrelsesfordelingen ikke blev påvirket af N-strategien.

Kap. 2

Vækstforløb

Resultater

Toptørstofproduktion og N-optagelse

I begyndelsen af vækstperioden var toptørstofmængden større jo mere N, der blev tilført ved fremspiring (tabel 2.1). Forskellene blev mindre efter den 2. N-tilførsel, og ved høst var der ikke længere signifikante forskelle mellem N-strategierne. Det procentiske N-indhold i plantetoppen reagerede relativt hurtigt på den 2. N-tilførsel. Allerede 5-7 dage efter N-gødskning ved stadium 4 steg N-procenten med stigende mængde N-tilført. Der var dog ikke signifikante forskelle. Midt i skridningsperioden (stadium 10.2) var der en betydelig stigning i N-procenten med stigende N-tilførsel ved stadium 4 samt med stigende total N-tilførsel. Forskellen mellem N-strategierne steg med stigende total N-tilførsel. Denne vekselvirkning synes at være gældende resten af vækstperioden, men var imidlertid kun signifikant ved stadium 11.1.

Stigningen i N-mængden i plantetoppen ved stigende N-tilførsel ved fremspiring var allerede i skridningsperioden vendt til et fald. Den omtalte vekselvirkning i N-procenten bevirkede ligeledes en vekselvirkning i den optagne N-mængde, som var signifikant ved stadium 11.1 og nær signifikant (90% niveau) ved stadium 11.4. Denne vekselvirkning blev også afspejlet i N-høstet i kerne (jf. kap. 1).

Den forholdsvis hurtige respons i N-procenten efter N-gødskning ved stadium 4 bevirkede, at forskellen mellem højeste og laveste N-niveau allerede midt i skridningsperioden (27 kg N/ha) var af samme størrelsesorden som ved høst (31 kg N/ha). Modsat var der i tørstofmængden kun en forskel på 5 hkg/ha i skridningsperioden, mens der ved høst var en forskel på 16 hkg N/ha.

I forhold til N-udbyttet ved høst (kerne+halm) blev der i gennemsnit fundet 12 kg N/ha mere ved prøveudtagning dagen før høst. Denne difference skyldes både den tilbageblevne stub, øvrige aksdele og tab ved mejetærskning. Desuden kan metodeforskelle eventuelt have betydning.

Tabel 2.1 Tørstofmængde, N-procent og N-optaget i plantetop på forskellige tidspunkter i vækstperioden.
Markforsøg I (1982 - 1985).

Tidspunkt	N ved fremsp.	Tørstof (hkg/ha)					Σ N					N-optaget (kg N/ha)				
		Total N-tilførsel					Total N-tilførsel					Total N-tilførsel				
		100	120	140	gns.	LSD	100	120	140	gns.	LSD	100	120	140	gns.	LSD
Afsl. buskn. (stadium 4)	40		6,5					3,33					20,8			
	60		7,3					3,88					28,3			
	80		9,5					4,14					39,1			
	120		11,2					4,61					51,1			
	LSD		0,7					0,39					12,0			
5-7 dage efter 2. N-tilførsel (stadium 6)	40		13,4					3,82					48,5			
	60		15,4					3,72					53,7			
	80		18,8					3,63					63,9			
	120		23,1					3,50					75,5			
	LSD		1,1					n.s.					13,2			
Midt i skrid- ningsperioden (stadium 10.2)	40	42,9	43,7	45,7	44,1	1,9	1,82	2,03	2,34	2,06	0,09	74,9	83,4	102,3	86,8	n.s.
	60	45,4	49,0	51,0	48,5		1,58	1,78	2,00	1,79		69,8	84,1	97,4	83,8	
	80	51,0	52,5	54,9	52,8		1,31	1,59	1,85	1,58		65,8	80,6	97,6	81,3	
	alt	52,7	55,4	58,9	55,7		1,33	1,42	1,61	1,45		71,0	78,9	93,2	81,0	
	gns.	48,0	50,1	52,6			1,51	1,71	1,95			70,3	81,7	97,6		
	LSD		1,7					0,08					4,9			
Midt i kerne- fyldningsperioden (stadium 11.1)	40	84,7	92,4	98,6	91,9	2,8	0,92	1,05	1,15			77,3	95,6	112,1		
	60	86,7	94,0	99,9	93,5		0,89	0,97	1,09			77,4	91,1	108,2		
	80	87,0	93,4	106,9	95,7		0,83	0,89	1,05			72,5	82,6	112,6		
	alt	85,6	91,1	97,5	91,		0,83	0,89	0,94			70,7	82,2	93,2		
	gns.	86,0	92,7	100,7			sig. vekselvirkning					sig. vekselvirkning				
	LSD		2,5					0,05					6,2			
Dagen før høst	40	89,2	101,6	109,1	100,0	n.s.	0,91	1,00	1,13	1,01	0,03	85,3	107,0	128,9	107,0	4,8
	60	92,5	101,7	106,8	100,3		0,88	0,95	1,00	0,94		87,9	102,0	113,9	101,3	
	80	91,2	101,9	109,9	101,0		0,86	0,95	1,02	0,94		80,8	97,2	111,2	96,4	
	alt	93,1	97,0	105,7	98,6		0,84	0,94	0,98	0,92		79,6	92,6	104,5	92,2	
	gns.	91,5	100,6	107,9			0,87	0,96	1,03			83,4	99,7	114,6		
	LSD		2,5					0,03					4,2			

Vækstraten (hkg tørstof/ha/dag) var maksimal i skridningsperioden (tabel 2.2), hvor der i gennemsnit blev produceret 1,8 hkg tørstof/ha/dag. Vækstraten er udregnet i perioden fra den forudgående prøveudtagning til det givne tidspunkt. I begyndelsen steg vækstraten med stigende N-tilførsel ved fremspiring (tabel 2.2). Forskellene reduceredes med tiden og midt i kernefyldningsperioden var stigningen vendt til et fald, så vækstraten steg

Tabel 2.2 Vækstrate (hkg tørstof/ha/dag) og N-optagelsesraten (kg N/ha/dag) på forskellige tidspunkter i vækstperioden. Markforsøg I (1982 - 1985).

Tidspunkt	N ved fremsp.	Vækstrate (hkg/ha/dag)	N-optagelsesrate (kg/ha/dag)
Afsluttende busk. (stadium 4)*	40	0,32	1,11
	60	0,41	1,68
	80	0,50	2,52
	120	0,55	3,45
	LSD	0,06	1,09
5-7 dage efter 2. N-tilførsel (stadium 6)*	40	0,78	3,41
	60	0,92	3,51
	80	1,11	3,61
	120	1,64	4,57
	LSD	0,20	n.s.
Midt i skrid- ningsperioden (stadium 10.2)	40	1,75	1,23
	60	1,82	1,02
	80	1,86	0,26
	alt	1,83	0,42
	LSD	n.s.	n.s.
Midt i kerne- fyldningsperioden (stadium 11.1)	40	1,53	0,28
	60	1,35	0,34
	80	1,29	0,14
	alt	0,88	0,00
	LSD	0,22	n.s.
Dagen før høst (stadium 11.4)	40	-2,16	0,13
	60	-1,89	0,41
	80	-1,42	-0,52
	alt	-1,31	-0,44
	LSD	n.s.	n.s.

*: Indeholder kun resultater fra led tilført 120 N ialt.

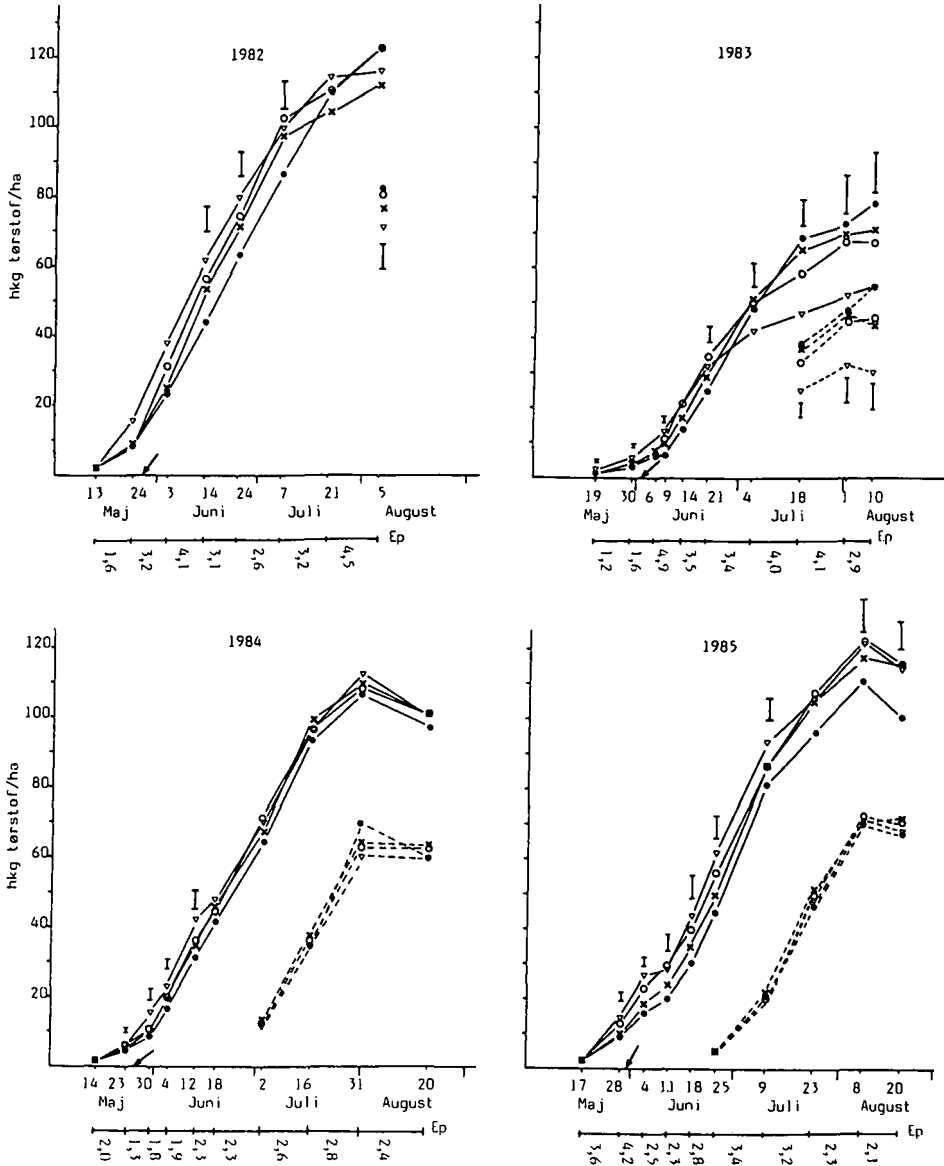


Fig. 2.1 Produktionen af toptørstof (—) og aks (---) i led tilført 120 N ielt. Markforsøg I.
Den gennemsnitlige potentielle fordampning (Ep, mm/døgn) mellem prøveudtagningstidspunkterne er angivet under x-aksen.

- ↙ 2. N-tildeling
 ● 40+80 N (led 2)
 × 60+60 N (led 5)
 ○ 80+40 N (led 8)
 ▽ 120+0 N (led 11)
 I LSD

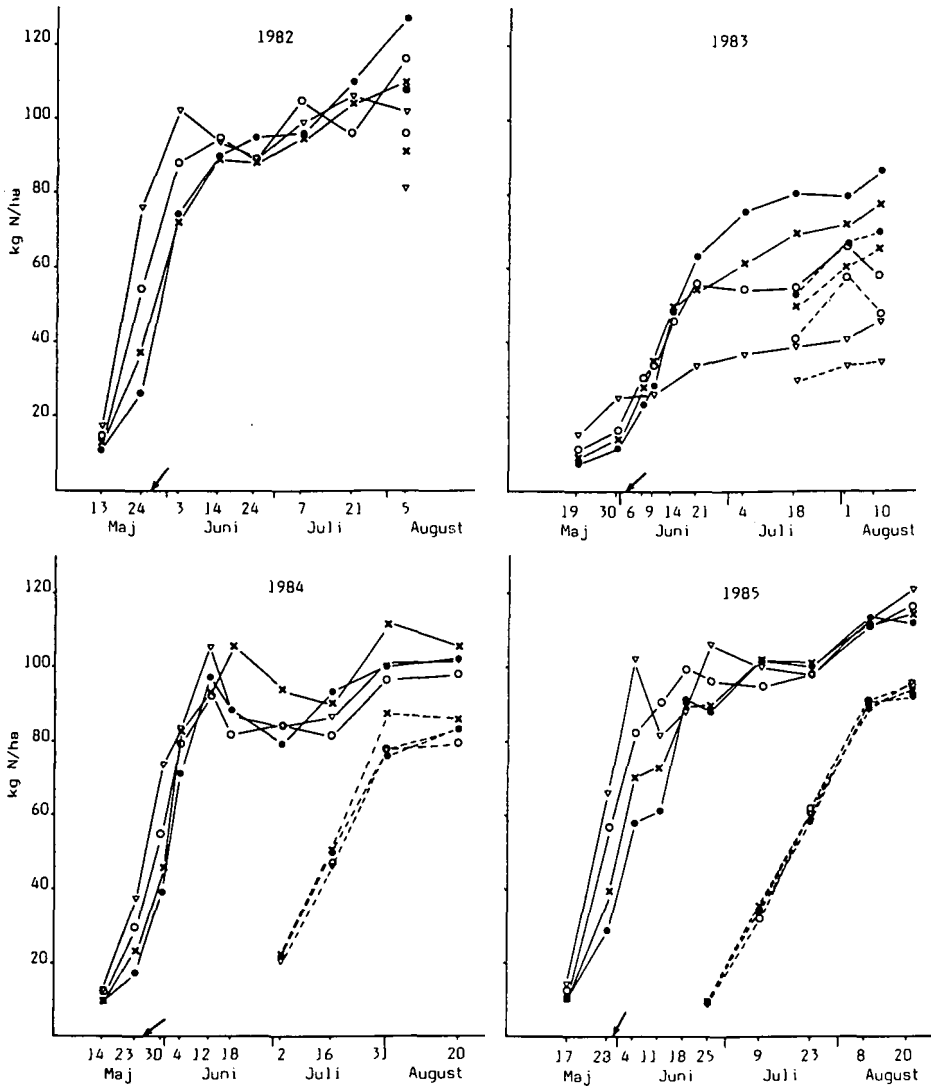


Fig. 2.2 N-optagelse i toptørstof (—) og i aks (- - -) i led tilført 120 N ialt. Markforsøg I.

- ↗ 2. N-tildeling
 ● 40+80 N (led 2)
 × 60+60 N (led 5)
 ○ 80+40 N (led 8)
 ▽ 120+0 N (led 11)

med stigende N-tilførsel ved stadium 4. N-optagelsesraten (kg N optaget/ha/dag) var maksimal tidligere end vækstraten, idet der i gennemsnit blev optaget 3,8 kg N/ha/dag ved stadium 6 (tabel 2.2).

Produktionskurverne i de led, som i alt fik tilført 120 N, er vist i fig. 2.1, dels den totale tørstofmængde og dels aksmængden, hvor denne blev målt. Den gennemsnitlige potentielle fordampning (E_p) mellem prøveudtagningerne er ligeledes anført. Vækstforløbet var noget forskelligt fra år til år. I 1982 og 1983 fortsatte tørstofproduktionen helt til høst, mens tørstofmassen faldt i 1984 og 1985 i den sidste del af vækstperioden. I disse år var høsten relativ sen. I den sidste del af juli og begyndelsen af august var E_p noget mindre i 1984 og 1985 end i 1982, hvilket antyder en mulig sammenhæng mellem klima og produktionsforløb. Det ses, at faldet i 1984 og 1985 primært skyldes nedgang i stængel og bladmasse. I gennemsnit af alle forsøgsbehandlinger blev der målt en nedgang på 8,9 hkg i 1984 og 5,0 hkg i 1985, mens nedgangen i aksmængden blev målt til henholdsvis 1,1 og 1,6 hkg.

I 1984 og 1985 var der på intet tidspunkt signifikante forskelle i aksmængden mellem forsøgsbehandlingerne. Produktionen af akstørstof var især stor midt i juli. Der var således i 1985 i gennemsnit en produktion på 204 kg akstørstof/ha/dag.

I 1983, - hvor foråret var meget nedbørsrigt, var tørstofproduktionen lige fra starten af vækstperioden ringere end i de øvrige år. Tørstofproduktionen i sidste halvdel af vækstperioden steg betydeligt med stigende N-tilførsel ved stadium 4, hvilket primært må tilskrives N-udvaskningen i foråret (jf. kap. 3). I 1985 syntes der at være en klimabestemt nedgang i tørstofproduktionshastigheden i perioden 4.-10. juni, hvor E_p var relativ lav (2,5 mm/døgn). Denne periode efterfulgte en periode med stor produktion og stor E_p (4,2 mm/døgn).

N-optagelsen var som tidligere nævnt foran tørstofproduktionen. I 1983 steg plantetoppens N-indhold gennem hele vækstperioden (fig. 2.2) selv om den totale N-optagelse var forholdsvis lille. De øvrige år var N-optagelsen meget kraftig omkring afsluttende buskning - begyndende skridning, hvorefter der især ved éngangstilførsel var et tab i plantetoppens N-indhold. Den omtalte nedgang i tørstofmassen i 1984 og 1985 i den sidste del af vækstperioden blev ikke fulgt af en tilsvarende nedgang i N-mængden. Der blev således i 1984 og 1985 i gennemsnit af alle forsøgsbehandlinger målt en stigning i N-indholdet i aks på henholdsvis 2,0 og 4,6 kg N/ha, mens der i stængel og bladmasse var et fald på henholdsvis 4,5 og 1,1 kg N/ha.

Vækstperioden synes ud fra produktionskurverne at kunne inddeles i 3 perioder. 1. periode er indtil afsluttende buskning (2. N-tildeling), 2. periode er til midt i kernefyldningsperioden og 3. periode er den sidste del. I 1. periode steg tørstofmængden med stigende N-tilførsel ved fremspiring. I 2. periode var der med undtagelse af 1983 et næsten parallelt forløb og i 3. periode var vækstforløbet noget varieret.

I tabel 2.3 er eventuelle vekselvirkninger vist mellem tid (2. periode, stadium 4-11.1.) og N-strategi, når dels den producerede tørstofmængde og dels N-optaget i plantetørstof er afhængig variabel. Vekselvirkning er ensbetydende med, at vækstkurverne ikke er parallelle. Det ses, at når N-strategien varieredes indenfor samme N-niveau var der i 1983 m.h.t. tørstofproduktion en signifikant vekselvirkning, mens der de øvrige år kun var svage vekselvirkninger. Dette antyder, at i år uden betydelig N-udvaskning i foråret var tørstofproduktionen i den sidste del af kernefyldningsperioden noget

Tabel 2.3 Vekselvirkninger mellem tid (stadium 4 - 11.1) og N-strategi ved forskellige N-niveauer, når hhv. tørstofmængden og N-optaget i toppen er afhængig variabel.
Markforsøg I.

	Total N-tilførsel	Tøp-tørstof	N-optaget
1982	100	-	**
	120	-	*
	140	*	***
1983	100	***	***
	120	***	***
	140	***	***
1984	100	-	***
	120	-	***
	140	-	***
1985	100	-	*
	120	*	**
	140	-	*

* signifikant på 5% niveau

** " " 1% "

*** " " 0,1% "

højere ved delt-N end ved éngangstilførsel, idet der blev høstet mest tørstof i kerne og halm ved delt-N. Ved 120 N blev den største mængde således høstet ved 60 N ved fremspiring i 1982, ved 40 N i 1984 og ved 80 N i 1985 (jf. kap. 1).

Der var hvert år ved hvert N-niveau en vekselvirkning mellem N-strategi og tid, når N-optaget i plantetørstof var afhængig variabel. N-optagelsen har derfor i stadium 4-11.1 været forholdsvis større jo mindre en del af N-gødningen, der blev tildelt ved fremspiring.

Indenfor årene var der signifikant vekselvirkning mellem N-strategi og tid (stadium 4-11.1), når både den producerede tørstofmængde og N-optaget var afhængig variabel. Vækstforløbet i 2. periode var således forskelligt fra år til år.

Jordtype

N-procenten i toptørstof var i begyndelsen af vækstperioden ved stadium 4 signifikant større på sandjorden (fig. 2.3). Senere i vækstperioden var N-procenten derimod størst på lerjorden.

Den optagne N-mængde var fra stadium 8-10 og resten af vækstperioden størst på lerjorden (fig. 2.3), hvilket var forårsaget dels af en større N-procent dels af en større mængde toptørstof på lerjorden.

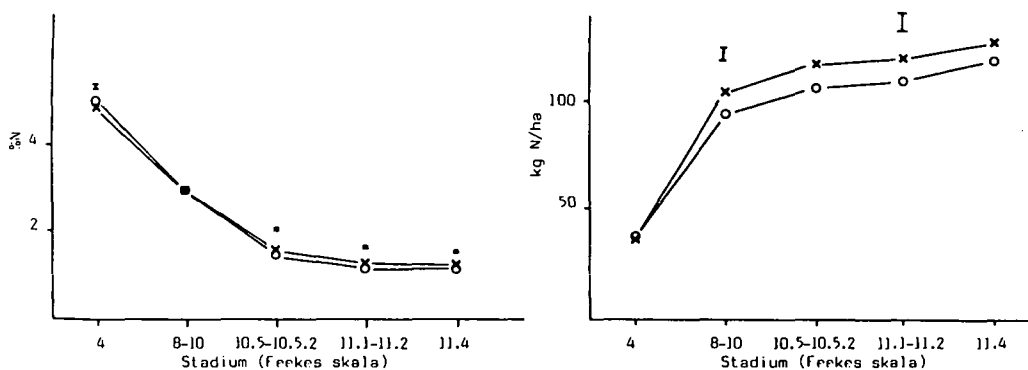


Fig. 2.3 N-procenten og N-indhold i toptørstof på sandjord (O) og lerjord (x).
Rammeforsøg I. Total N-tilførsel: 120 N.
I LSD

Vandtilførsel

Som omtalt i kap. 1 blev udbyttet uafhængigt af N-strategien reduceret med ca. 30% ved tørke i strækningsperioden. I udtørningsperioden som var lige efter den 2. N-tildeling, blev der produceret mindre toptørstof end ved fuld vandet (fig. 2.4). Lige efter opvanding var tørstofmængden 18% mindre end ved fuld vandet. Men især i perioden efter opvanding (de 3 første uger af juli) blev der produceret mindre tørstof i de tidligere tørkestressede planter. Der var således 26% mindre tørstof den 20. juli end i fuld vandet.

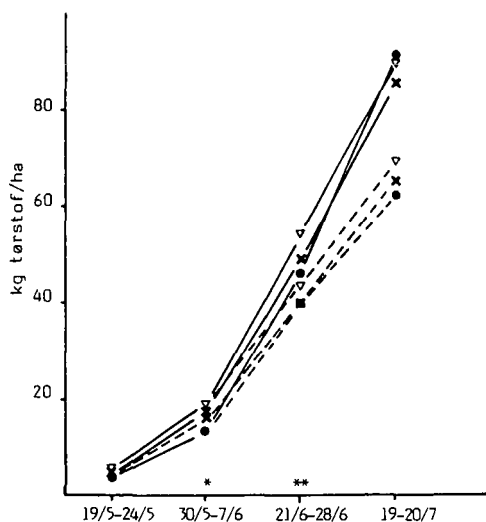


Fig. 2.4 Toptørstofproduktionen ved fuld vandet (—) og ved udtørring til 2,0 bar i strækningsperioden (- - -). Rammeforsøg II.

- 40+80 N
- × 60+60 N
- ▽ 120+0 N

- * Begyndelsen af udtørningsperioden.
- ** Lige efter afslutning af udtørring.

Øvrige næringsstoffer i toptørstof

I tabel 2.4 er det gennemsnitlige indhold af K, Na, Mg, Ca og P vist for led, som i alt fik tilført 120 N. Målingerne blev ikke foretaget i de øvrige N-niveauer, og i 1982 var der ingen målinger. K, P, og Mg blev tilført ved såning, og mængden blev ikke varieret (jf. Materiale og Metoder).

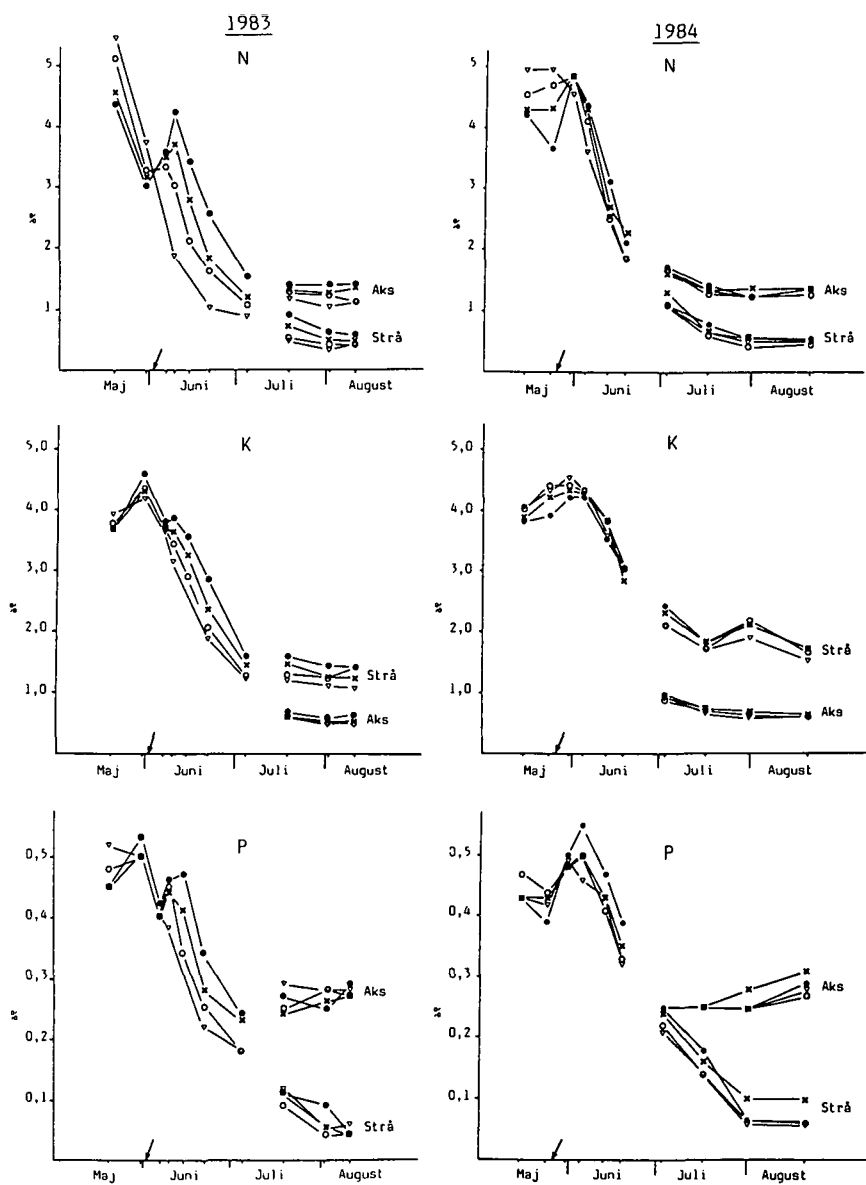


Fig. 2.5 Det procentiske indhold i toptørstof af N, K og P.
Markforsøg I.

- ↙ 2. N-tildeling
 ● 40+80 N (led 2)
 × 60+60 N (led 5)
 ○ 80+40 N (led 8)
 ▽ 120+0 N (led 11)

Tabel 2.4 Det procentiske indhold og mængder af næringsstoffer i plantetørstof, gns. af 1983-85.
Total N-tilførsel: 120 N.
Markforsøg I.

Tidspunkt	N ved fremsp.	K	Mg	Ca	P	Na	K	Mg	Ca	P	Na
		%					kg/ha				
Afsl. busk. (stadium 4)	40	4,55	0,24	1,09	0,46	0,05	22,7	1,21	5,32	2,19	0,24
	60	4,72	0,25	1,18	0,46	0,05	28,1	1,55	6,94	2,60	0,26
	80	4,88	0,25	1,13	0,47	0,05	35,0	1,87	7,89	3,21	0,33
	120	4,75	0,28	1,19	0,46	0,05	35,7	2,20	8,82	3,37	0,31
	LSD	n.s.	0,03	0,06	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
5-7 dage efter 2. N-tilførsel (stadium 6)	40	4,08	0,23	0,91	0,43	0,05	41,1	2,39	9,43	4,24	0,45
	60	4,14	0,22	0,91	0,42	0,04	50,0	2,79	11,14	5,01	0,50
	80	4,31	0,22	0,94	0,42	0,04	63,3	3,36	13,83	5,95	0,58
	120	4,23	0,24	0,96	0,42	0,04	76,4	4,64	18,60	7,51	0,76
	LSD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	17,5	1,37	4,61	1,26	0,22
Midt i skrid- ningsperioden (stadium 10.2)	40	2,89	0,16	0,56*	0,35	0,04	106,9	5,70	18,4*	12,80	1,53
	60	2,67	0,15	0,52	0,31	0,05	113,8	6,33	20,1	13,14	1,88
	80	2,57	0,15	0,48	0,29	0,04	117,7	6,74	19,3	13,07	1,83
	120	2,60	0,15	0,52	0,28	0,04	127,9	7,26	21,4	13,49	1,71
	LSD	n.s.	n.s.	n.s.	0,04	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Midt i kerne- fyldningsperioden (stadium 11.1)	40	1,28	0,10	0,27*	0,20	0,03	112,1	8,73	22,1*	17,14	2,45
	60	1,22	0,10	0,27	0,19	0,03	112,7	9,08	22,6	17,28	2,70
	80	1,16	0,10	0,24	0,18	0,03	105,2	8,46	19,6	15,85	2,56
	120	1,11	0,09	0,27	0,19	0,03	96,3	7,63	20,9	15,41	2,35
	LSD	0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dagen før høst	40	0,95	0,10	0,21*	0,21	0,03	97,9	9,25	20,9*	21,51	2,48
	60	0,89	0,10	0,23	0,22	0,03	100,7	9,77	22,9	24,84	2,55
	80	0,90	0,09	0,21	0,20	0,03	99,7	9,57	21,0	22,59	2,28
	120	0,86	0,10	0,20	0,20	0,03	97,2	10,23	20,5	22,26	2,18
	LSD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*: 1983-84

Koncentrationen af alle næringsstoffer var størst i begyndelsen af vækstperioden. Forskellene mellem N-strategierne var betydeligt mindre end i N-procenten (jf. tabel 2.1). N-strategien synes at have påvirket K-procenten på samme måde som N-procenten med en stigning i begyndelsen af vækstperioden med stigende N-tilførsel ved fremspiring og senere efter 2. N-udbringning et fald, som var signifikant midt i kernefyldningsperioden. Koncentrationen af de øvrige næringsstoffer viste kun små forskelle. Kun i skridningsperioden fulgtes N tilført ved stadium 4 af en øget P-procent. Dette kan også ses i fig. 2.5, hvor K, P og N-procenter er vist dels for 1983 med stor nedbørsoverskud i foråret og dels for 1984, hvor koncentrationsforløbet var meget nær de øvrige forsøgsår. I 1983 havde N-strategien størst effekt på næringsstofkoncentrationen, mens niveauet var det samme som de øvrige år. Generelt var effekten af 2. N-tilførsel størst 10-20 dage efter N-tilførsel.

Generelt steg mængden af det enkelte næringsstof i plantetørstof (tabel 2.4) med stigende N ved fremspiring indtil skridningsperioden. Signifikante forskelle fandtes kun ved stadium 6. Midt i kernefyldningsperioden var der derimod en tendens til stigning i mængderne med stigende N-tilførsel ved stadium 4. Ved høst var der ingen forskelle mellem N-strategierne. Den gennemsnitlige maksimale K-mængde fandtes i skridningsperioden, hvor K-indholdet var 18 kg K/ha større end ved høst. Ved høst derimod fandtes den største mængde Mg, Ca og P i toptørstof.

Bladarealmålinger

Bladarealindekset (LAI) af den grønne bladmasse steg betydeligt i begyndelsen af vækstperioden med stigende N ved fremspiring (fig. 2.6). I 1985 var der en meget stærk stigning i LAI i buskningsfasen, mens der næsten ingen ændringer var i hele strækningsperioden, juni måned. Derimod steg LAI ved delt-N i 1984 indtil slutningen af strækningsperioden. I 1983 var LAI meget mindre end de øvrige år.

N tilført ved stadium 4 havde ikke nogen øjeblikkelig effekt på LAI. Først senere, i sidste del af juni, kunne effekten iagttages. I 1983 var der i sidste del af vækstperioden en positiv korrelation mellem LAI og N-tilførslen ved stadium 4. I 1984 var der ligeledes i slutningen af vækstperioden (31. juli) et signifikant større LAI (0,14) ved lavest N-tilførsel ved fremspiring end i de øvrige N-strategier (0,01 ved éngangstilførsel). I 1985 var der d. 23.

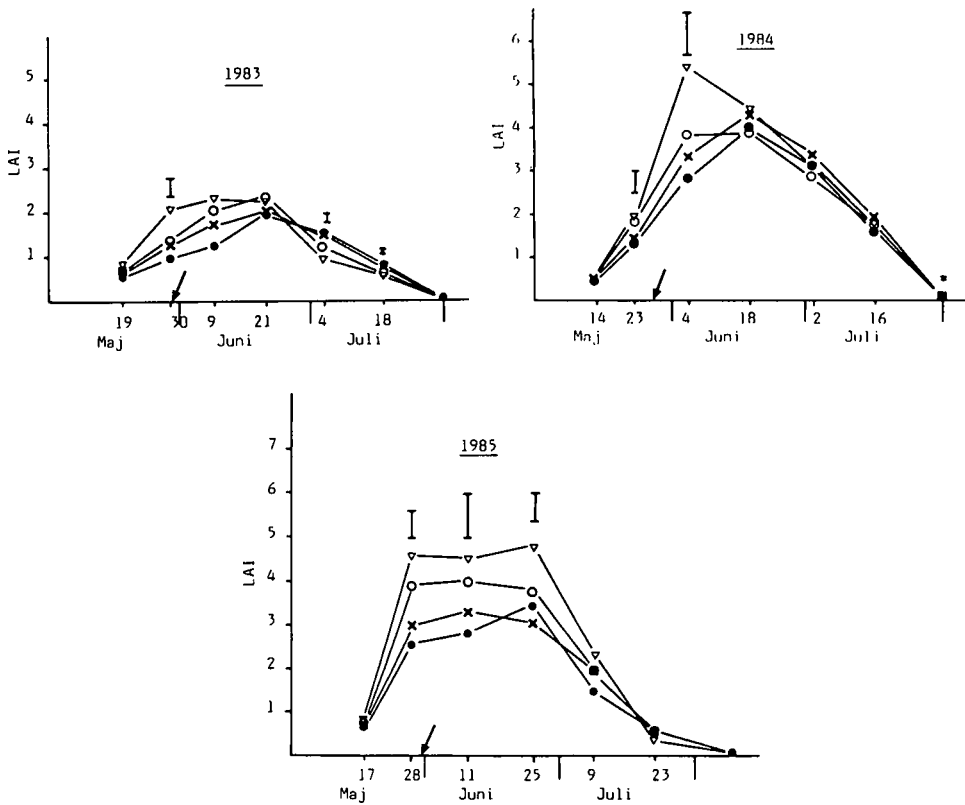


Fig.2.6 Det grønne bladarealindeks, LAI:

- 2. N-tildeling
- 40+80 N (led 2)
- × 60+60 N (led 5)
- 80+40 N (led 8)
- ▽ 120+0 N (led 11)
- I LSD

juli et nært signifikant (90% niveau) større LAI ved laveste N-tilførsel ved fremspiring (0,59) end ved éngangstilførsel (0,37).

I midten af kernefyldningsperioden var der i gennemsnit en positiv korrelation mellem N-tilførslen ved stadium 4 og LAI (tabel 2.5), hvilket som tidligere vist (jf. tabel 2.2) også var gældende for vækstraten. I slutningen af maj (stadium 4) var LAI ved éngangstilførsel i gennemsnit 1,2 højere end ved laveste N-tilførsel ved fremspiring. Den kraftigere vækst bevirkede også, at bladene blev større (tabel 2.5).

Tabel 2.5 Bladarealindex (LAI) af grønne blade og bladstørrelse på forskellige tidspunkter i vækstperioden, 1983-1985.
Total N-tilførsel: 120 N
Markforsøg I.

Tidspunkt	N ved fremspiring	LAI	areal ² /blad cm
Afsluttende	40	1,82	4,74
buskning	60	2,10	5,15
(stadium 4)	80	2,66	5,48
	120	3,03	5,95
	LSD	0,27	0,41
Midt i skrid- ningsperioden	40	3,17	7,18
	60	3,15	7,88
(stadium 10.2)	80	3,30	8,28
	120	3,86	9,83
	LSD	0,35	0,51
Midt i kernefyld- ningsperioden	40	1,01	5,81
	60	1,09	6,21
(stadium 11.1)	80	0,96	6,11
	120	0,90	6,31
	LSD	0,13	n.s.

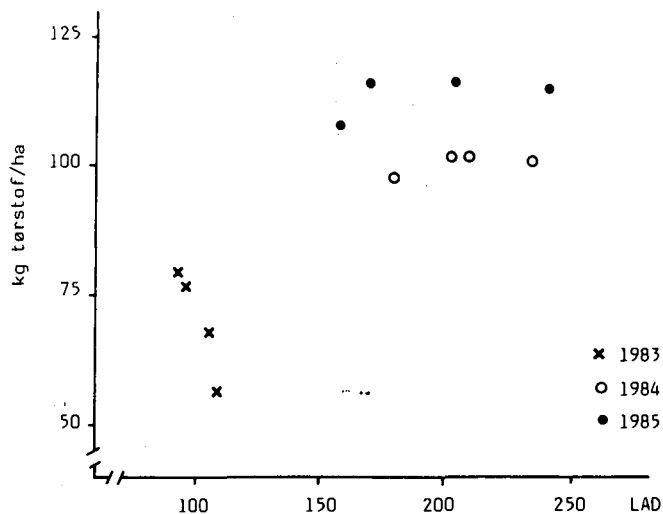


Fig. 2.7 Høstet tørstof som funktion af "leaf area duration" (LAD) i led tilført 120 N ialt. Markforsøg I.

"Leaf area duration" ($LAD = \int LAI \, dt$) (Hunt, 1982) er et udtryk for fotosyntesepotentialet. Det relativt større LAI ved stigende N tilført ved fremspiring, skulle således bevirke, at fotosyntesepotentialet øgedes. Dette blev imidlertid ikke afspejlet i den høstede tørstofmængde (fig. 2.7). Hvis tørstofproduktionen derimod i delperioder relateredes til LAD (fig. 2.8), var der en højsignifikant positiv korrelation indtil skridning, dels i første del til stadium 4 dels i anden del til stadium 10.2. Efter skridning indtil midt i kernefyldningsperioden var der kun en lille korrelation ($r^2 = 0,40$), og i sidste del af vækstperioden var der ingen sammenhæng mellem tørstofproduktionen og LAD.

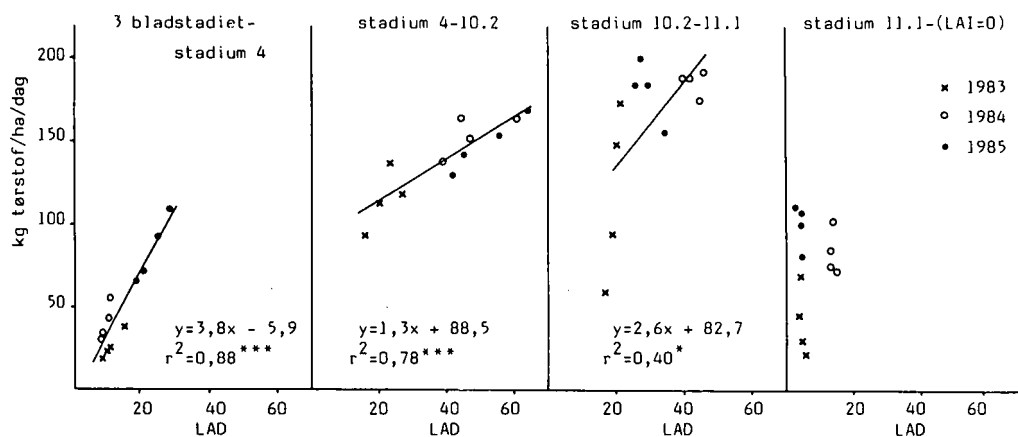


Fig. 2.8 Vækstraten (kg tørstof/ha/dag) som funktion af "leaf area duration" (LAD) i delperioder i led tilført 120 N ialt. Markforsøg I.

I begyndelsen af vækstperioden var der ingen signifikante forskelle på den procentiske fordeling af plantetørstoffet i blade og stængel (tabel 2.6). I kap. 1 blev det vist, at høstindekset (procent kerne af total høstet tørstof) faldt med stigende N-tilførsel ved fremspiring. Den forholdsvis mindre mængde aks var allerede tydelig fra og med blomstring.

Tabel 2.6 Blad, stængel og aksandel (i procent af total plantetørstof) på forskellige tidspunkter, 1983 - 1985.
Total N-tilførsel: 120 N.
Markforsøg I.

<u>Tidspunkt</u>	<u>N ved fremsp.</u>	<u>blad</u>	<u>stængel</u>	<u>aks</u>
Afsluttende	40	79,8	20,2	
buskning	60	80,3	19,7	
(stadium 4)	80	80,6	19,4	
	120	79,1	20,9	
	LSD	n.s.	n.s.	
Midt i skrid-	40	26,3	67,1	6,6
ningsperioden	60	23,6	68,6	7,9
(stadium 10.2)	80	23,4	68,5	8,2
	120	25,2	68,6	6,2
	LSD	1,5	n.s.	n.s.
Blomstring	40	13,7	62,7	23,6
(stadium 10.5)	60	13,7	62,0	24,3
	80	12,8	64,7	22,6
	120	13,9	65,4	20,6
	LSD	n.s.	1,9	1,5
Midt i kernefyld-	40	7,1	43,7	49,2
ningsperioden	60	7,0	43,0	50,0
(stadium 11.1)	80	7,2	44,4	48,4
	120	7,5	45,1	47,3
	LSD	n.s.	n.s.	1,9
Dagen før høst	40		37,1	62,9
(stadium 11.4)	60		37,3	62,7
	80		38,5	61,5
	120		41,8	58,2
	LSD			1,8

Skudantal

Der var alle år en større buskning jo mere N, der blev tilført ved fremspiring (fig. 2.9). Tilførsel af N ved stadium 4 øgede skudantallet således, at der senere i vækstperioden var et stigende skudantal med stigende N-tilførsel ved stadium 4. I 1982-1984 fandtes det største skudantal det respektive år ved éngangstilførsel (120 N) i slutningen af buskningsfasen. Størrelsen af dette

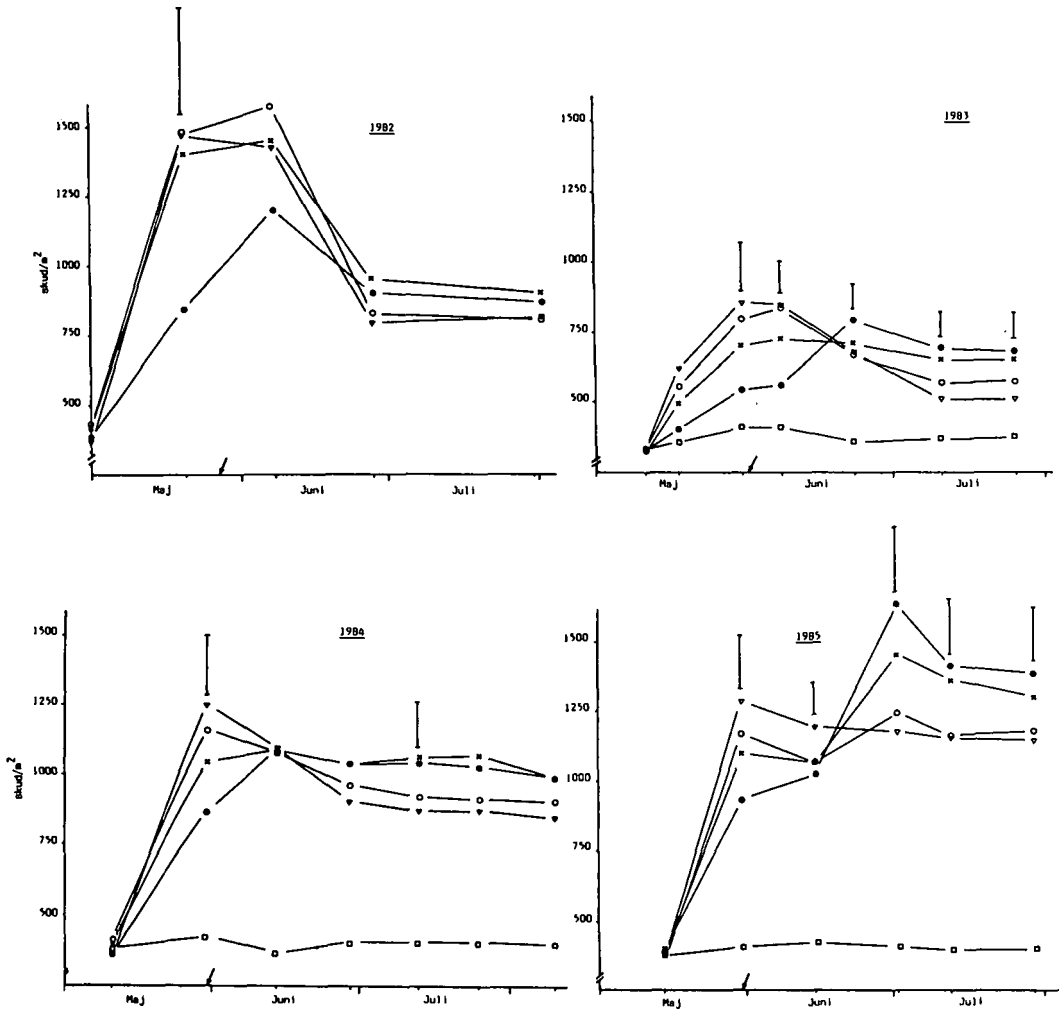


Fig. 2.9 Skudantal pr. m^2 i led tilført 120 N ialt og i "ugødet". Markforsøg I.

2. N-tildeling

● 40+80 N (led 2)

× 60+60 N (led 5)

○ 80+40 N (led 8)

▽ 120+0 N (led 11)

□ 0 N (20 N i 1983)

I LSD

(0 N er ikke medregnet)

maksimum varierede stærkt fra år til år. Derefter henfaldte en del skud, færrest i 1985 (142 skud/m²) og flest i 1982 (658 skud/m²), indtil antallet var konstant fra begyndelsen af juli. Dette skudhenfald har sandsynligvis medvirket til den tidligere nævnte nedgang i N-mængden i toppen (jf. fig. 2.2). Delt-N med 80 N tilført ved fremspiring viste næsten samme mønster, dvs. med ringe skudsætning efter buskningsperioden, men skudhenfaldet var mindre. Ved 60 N ved fremspiring blev lidt flere skud dannet, men især ved 40 N var der en betydelig skududvikling efter 2. N-tilførsel. Denne skududvikling var i 1985 omkring 1. juli, hvilket var noget senere end de øvrige år. Der var som tidligere nævnt en forholdsvis ringe tørstofproduktion i en del af juni i 1985. Det meget forskellige forløb i skududviklingen i 1985 i forhold til de øvrige år, blev afspejlet i LAI, som tidligere er omtalt (jf. fig. 2.6). I ugødede led (20 N i 1983) var der ingen eller næsten ingen buskning. N fra mineralisering har således ikke været tilstrækkelig til en buskning.

Rodtørstof

Rodmængden steg i løbet af vækstperioden og faldt i den sidste del mod høst (tabel 2.7). Nedgangen i den sidste del var især stor i 1985. Der var stor forskel mellem 1983 og de øvrige år. Rodtørstofmængden i 1983 var under halvdelen af mængden i de øvrige år. Der var kun få signifikante forskelle indenfor de enkelte prøveudtagningstidspunkter. Indtil den 2. N-tilførsel ved stadium 4 var alle målinger i led 2 med 40 N ved fremspiring mindre end i de øvrige led. Efter den 2. N-tilførsel var der kun mindre forskelle.

Den gennemsnitlige procentiske fordeling af rodtørstoffet gennem vækstperioden er vist i tabel 2.8. I løbet af vækstperioden var der indenfor det enkelte år meget ringe forskelle. I den nederste måledybde (30-40 cm) fandtes kun en meget lille del, mens den største mængde, ca. halvdelen, fandtes i det øverste jordlag (0-11 cm). I 1983, hvor rodmassen var lille, var der relativt mest i det øverste jordlag.

I begyndelsen af vækstperioden gav øget N-tilførsel en forholdsvis større forøgelse i mængden af toptørstof end i mængden af rodtørstof, dvs. top/rod steg (tabel 2.9). Efter den 2. N-tilførsel ændredes top/rod, så der var ringe forskel mellem N-strategierne. Mængden af toptørstof steg forholdsvis mest i løbet af vækstperioden, hvorfor top/rod steg.

Tabel 2.7 Rødtørstof (kg/ha)
Total N-tilførsel: 120 N
Markforsøg I.

	N ved fremsp.	før 2. N-tilførsel	efter 2. N-tilførsel		ved høst
<u>1982</u>		<u>25/5</u>	<u>14/6</u>	<u>7/7</u>	<u>5/8</u>
	40	1783	2388	2599	2091
	60	2820	2939	2721	2148
	120	2451	2947	3255	1985
	LSD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<u>1983</u>		<u>19/5</u>	<u>30/5</u>	<u>9/6</u>	<u>18/7</u>
	40	493	573	641	902
	60	546	575	833	923
	120	587	655	889	865
	LSD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<u>1984</u>		<u>14/5</u>		<u>2/7</u>	<u>20/8</u>
	40	616		1779	1548
	60	631		1709	1308
	120	621		2214	1647
	LSD	n.s.		332	n.s.
<u>1985</u>		<u>28/5</u>	<u>26/6</u>		<u>22/8</u>
	40	814	2186		1373
	60	1162	2581		1707
	120	1144	2391		1795
	LSD	283	n.s.		n.s.

Tabel 2.8 Den procentvise fordeling af rødtørstof.
Markforsøg I.

dybde	1982	1983	1984	1985	qns.
0-11	47,5	61,3	52,1	50,1	53
11-22	27,9	23,3	32,2	27,7	28
22-30	21,4	13,3	14,6	20,3	17
30-40	3,2	2,2	1,1	2,0	2

Tabel 2.9 Toptørstof/rodtørstof.
Total N-tilførsel: 120 N.
Markforsøg I.

	N ved fremsp.	før 2. N-tilførsel	efter 2. N-tilførsel	ved høst
<u>1982</u>		<u>25/5</u>	<u>14/6</u> <u>7/7</u>	<u>5/8</u>
	40	0,47	1,83 3,34	5,83
	60	0,32	1,83 3,57	5,24
	120	0,64	2,10 3,38	5,89
<u>1983</u>		<u>19/5</u> <u>30/5</u>	<u>9/6</u> <u>18/7</u>	<u>11/8</u>
	40	0,32 0,63	1,04 7,73	9,47
	60	0,36 0,78	1,13 7,13	7,51
	120	0,47 1,04	1,56 5,45	7,57
<u>1984</u>		<u>14/5</u>	<u>2/7</u>	<u>20/8</u>
	40	0,34	3,61	6,30
	60	0,36	3,96	7,77
	120	0,40	3,19	6,12
<u>1985</u>		<u>28/5</u>	<u>26/6</u>	<u>22/8</u>
	40	1,14	2,06	7,83
	60	0,88	1,93	6,79
	120	1,29	2,59	6,38

Ved høst var der en lineær relation mellem mængden af toptørstof og rodtørstof (fig. 2.10). Tidligere i vækstperioden var der derimod ingen relation.

N-procenten i sandfrit rodtørstof steg indtil stadium 4 med stigende N-tilførsel ved fremspiring (tabel 2.10). I 1982 blev sandprocenten ikke bestemt. Efter den 2. N-tilførsel var der i 1983 en stigning med stigende N-tilført ved stadium 4. Der var således samme effekt som i toptørstoffets N-procent. I 1984 og 1985 synes der derimod ikke at have været nogen forskel på N-strategierne efter den 2. N-tilførsel. I 1983 var N-procenten hele vækstperioden betydeligt mindre end de øvrige år, modsat N-procenten i toptørstof, som tidligere vist ikke var forskellig fra niveauet de øvrige år. N-procenten i rodtørstof var meget mere konstant i løbet af vækstperioden end N-procenten i toptørstof, som faldt kraftigt.

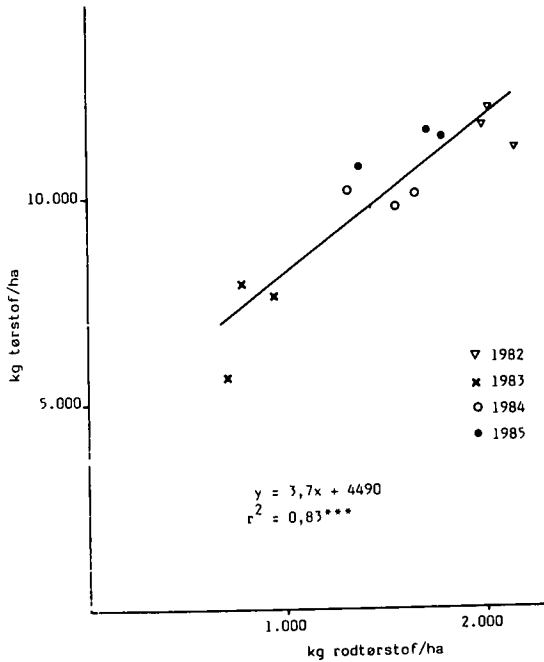


Fig. 2.10 Tørtørstof ved høst som funktion af rodørstof ved høst i led tilført 120 N ialt. Markforsøg I.

Tabel 2.10 % N i sandfrit rodørstof.
Total N-tilførsel: 120 N.
Markforsøg I.

		før		efter		
	N ved fremsp.	2. N-tilførsel		2. N-tilførsel		ved høst
1983		19/5	30/5	9/6	18/7	11/8
	40	1,13	0,89	1,04	0,82	1,00
	60	1,20	0,94	0,97	0,81	0,98
	120	1,28	1,12	0,91	0,76	0,84
1984		14/5		2/7		20/8
	40	2,24		1,99		2,31
	60	2,54		1,96		2,39
	120	2,65		2,02		2,37
1985			28/5	26/6		22/8
	40		1,94	1,69		1,72
	60		2,34	1,69		1,77
	120		2,60	1,79		1,61

Diskussion

Vækstforløbet i den sidste del af kernefyldningsperioden varierede en del fra år til år. I 1982, hvor høsten var tidlig, fortsatte tørstofproduktionen til høst, mens tørstofproduktionen og aksproduktionen i 1984 og 1985 toppede i begyndelsen af august, hvorefter den samlede tørstofmasse formindskedes mod høst. Her var høsten forholdsvis sen.

Kernefyldningsperiodens længde og vækstrate synes at være klimaafhængig. Afslutningen af kernefyldningsperioden i hvede skyldtes således ikke mangel på assimilater (Evans & Wardlaw, 1976). Derimod formindsker en højere temperatur generelt kernefyldningsperiodens længde (Biscoe & Willington, 1984; Spiertz, 1977), hvilket bl.a. skyldes en hurtigere ældning af bladene (Vos, 1979; Campbell & Davidson, 1979 I). En større indstråling synes derimod ikke at påvirke længden af kernefyldning, men forøger til gengæld fotosyntesen, så kerneindlejringen forøges (Biscoe & Willington, 1984; Spiertz, 1977).

I 1982 var der netop i den sidste del af vækstperioden en høj indstråling og høj temperatur, hvilket afspejledes i en forholdsvis stor potentiel fordampning. Lufttemperaturen (jf. kap. 3) var således 4 °C og 3 °C højere end i tilsvarende periode i henholdsvis 1984 og 1985. Dette synes således at kunne være årsag til den hurtigere modning i 1982 samt tørstofproduktion helt til høst.

Det maksimale bladarealindeks, som normalt findes omkring blomstring, er ofte fundet at have stor betydning for udbyttets størrelse (Kallsen et al, 1984; Austin, 1984). I disse forsøg blev N-strategien ikke varieret. I nærværende forsøg var der ved varierende N-strategi ingen sammenhæng mellem det maksimale LAI og udbyttet. Det maksimale LAI er således ikke afgørende for udbyttets størrelse, når N-strategien varieres. Tørstofudbyttet var heller ikke korreleret med varigheden af det grønne bladareal ("leaf area duration", LAD) for hele vækstperioden. Derimod var LAD før skridning liniært relateret til vækstraten, mens der fra skridning til midt i kernefyldningsperioden kun var en svag korrelation. I den sidste del af kernefyldningsfasen var der ingen sammenhæng mellem LAD og vækstraten.

Tidligere undersøgelser har vist, at der ved lavt udbytte ofte er en god korrelation mellem LAD i kernefyldningsperioden og kerneudbyttet, mens der ved

højt udbytte (> 50 hkg kerne/ha) ikke synes at være nogen sammenhæng (Thorne, 1973). Dette bekræfter resultaterne fra nærværende forsøg, idet udbyttet i 3 ud af 4 år var større end 50 hkg kerne.

Kernetørstof produceres næsten udelukkende efter skridning (Thorne, 1974; Evans & Wardlaw, 1976) og er således kun indirekte afhængig af tørstofproduktionen inden skridning. Fotosyntesen i akset kan udgøre op til halvdelen af total afgrødefotosyntese, og kan dermed bidrage til en væsentlig del af kernevæksten (Duffers, 1979). Denne del, fandt Evans og Wardlaw (1976), kunne variere fra 24 til 84% af kernevægten i byg.

Denne variation i aksfotosyntesen kan netop være årsag til den ringe sammenhæng mellem LAD og vækstraten efter skridning, idet vækstforløbet blev påvirket kraftigt af N-strategien. En forholdsvis større del af N-gødningen tilført ved stadium 4 bevirkede at vækstraten i den sidste del af kernefyldningsperioden blev større, og der blev produceret forholdsvis mere akstørstof end stængel og bladtørstof. Dette kan antyde en forholdsvis større stofproduktion i akset ved deling.

I 1982 var merudbyttet for deling betydeligt større end i 1984 og 1985. Der var således i 1982 en betydelig stofproduktion ved delt-N i den sidste del af vækstperioden. Som tidligere nævnt formindsker en højere temperatur længden af kernefyldningsperioden. Sen N-gødskning synes at kunne kompensere for ældning forårsaget af varme (Spiertz, 1979). Da der netop i denne periode i 1982 som omtalt var forholdsvis varmt, kan dette være årsag til det større merudbytte for deling i 1982.

Stofproduktionen i den sidste del af vækstperioden og klimaets indvirkning på denne synes således at være afgørende for merudbyttets størrelse ved delt-N.

Planternes vandforbrug stiger med stigende bladarealindeks (LAI), indtil vandforbruget når den potentielle fordampning. Nielsen (1980) fandt i byg, at den aktuelle fordampning var lig den potentielle ved et LAI lig med eller større end 4. Når LAI er 4 i korn er det ligeledes fundet at lysinterceptionen er 95%, og at fotosyntesen ikke øges ved et større LAI (Evans & Wardlaw, 1976). I nærværende forsøg var stigningen i LAI indtil skridning positiv korreleret med stigende mængde tilført ved fremspiring. Vandforbruget må samtidig forventes at have været større jo større mængde N tilført ved fremspiring. I 1985 må vandforbruget ved éngangstilførsel have været på størrelse med potentiel fordampning i perioden fra sidst i maj til begyndelsen af juli, hvor LAI var

større end 4. Ved delt-N (40+80 N og 60+60 N) var LAI mindre end 4 i hele vækstperioden, og det må således formodes ikke på noget tidspunkt at have været potentiel fordampning.

Skuddannelsen øges normalt i byg med stigende N-tilførsel (Kyllingsbæk, 1984). Dette var også tilfældet i nærværende forsøg både med hensyn til øget N-tilførsel ved fremspiring, hvor skudsætningen i buskningsfasen blev øget, og med hensyn til øget N-tilførsel ved stadium 4, hvor der især ved forholdsvis store N-tilførsler blev dannet skud efter buskningsfasen. Udviklingen af disse grønskud var senere end skud dannet i buskningsfasen, men forsinkede ikke høsten væsentligt. Grønskuddene og den større mængde skud i alt gav heller ikke problemer med lejesæd.

Deling af N-gødningen antydede i karforsøg at begrænse dannelsen af ikke aksbærende skud (Kyllingsbæk, 1984). Dette bekræftes i nærværende markforsøg. Skudhenfaldet ved éngangstilførsel (120 N) var således i gennemsnit 329 skud/m² og var hvert år større end ved delt-N (60 + 60 N), hvor skudhenfaldet i gennemsnit var 208 skud/m².

Skududviklingen synes imidlertid at variere meget fra år til år, sandsynligvis forårsaget af varierende klimatiske betingelser. I 1982 var skudhenfaldet meget stort i strækningsperioden i juni måned, alligevel blev tørstofudbyttet stort (jf. kap. 1) og var på niveau med 1985, hvor skudhenfaldet var lille. I første halvdel af juni 1982 var gennemsnitstemperaturen modsat de øvrige år forholdsvis høj (16,2 °C, jf. kap. 3), og netop en høj temperatur i strækningsfasen synes at bevirke en større skuddød (Chaturvedi et al., 1981).

Skuddød kunne synes at være spild af ressourcer både med hensyn til tørstofproduktion og med hensyn til næringsstoffer, hvis næringsstofferne ikke translokeres til den levende del af planten. Nedgang i N-indholdet omkring skridning især ved éngangstilførsel antyder, at ikke hele N-mængden translokeres.

Tab ved skuddød synes imidlertid at have mindre betydning for N-strategiens effekt på tørstofudbyttet end den tidligere omtalte stofproduktion i den sidste del af vækstperioden.

I 1983 var der et stort nedbørsoverskud i forårsperioden (161 mm fra fremspiring til stadium 4, jf. kap. 3) og dermed N-udvaskning. Tøptørstofproduktionen blev ved alle N-strategier noget mindre end de øvrige år. Dette var gældende selv i de forsøgsled, hvor en stor del af N-gødningen

var tilført ved stadium 4, hvilket var efter nedbørsoverskuddet. Rodproduktionen var ligeledes lille i 1983. Selv om rodmængden steg efter den 2. N-tilførsel, blev den på intet tidspunkt af samme størrelsesorden som de øvrige år.

Store vandtilførsler kan bevirke, at rodvæksten begrænses p.g.a. iltmangel (Brouwer, 1962). Dette kan have været årsag til den ringe rodvækst i 1983, selvom der er en relativ stor mængde grovporer i sandjord. Ved høst var der en liniær relation mellem rodmængde og topmængde, hvilket antyder, at den mindre topproduktion i 1983 skyldes den ringe rodvækst i forårsperioden. På lerjorden var udbyttet i 1983 som det eneste år mindre end på sandjorden. Dette kunne antyde en mindre rodproduktion i 1983 i lerjorden, hvor iltmangel sandsynligvis har været større, end i sandjorden.

Rodmængden steg i begyndelsen af vækstperioden med stigende N-tilførsel ved fremspiring. At stigende N-tilførsel øger rodproduktionen i byg bekræftes af Welbank et al. (1974). Rodmængden steg imidlertid relativt mindre end topmængden, hvorfor top/rod steg. Dette skyldes, at planteorganet nærmest ved den begrænsende faktor forsynes først og vokser hurtigst (Andersen, 1985).

Samme forhold synes at være gældende efter den 2. N-tilførsel, idet der ved høst ikke var forskel på rodmængderne eller top/rod ved de forskellige N-strategier.

Deling af N-gødningen bevirkede således en større produktion af både top og rod senere i vækstperioden, selv om rodproduktionen var foran topproduktionen, og en stor del af rodmængden var produceret ved stadium 4.

I den sidste del af vækstperioden var der et fald i rodmængden. Selv om der ikke er en stigning i rodmængden efter blomstring, produceres der nye rødder og gamle dør (Welbank et al., 1974). Om N-strategien påvirker denne omsætning, kan nærværende resultater ikke påvise.

N-optagelsen steg hurtigt efter N-tilførsel ved stadium 4. Effekten var større på N-procenten end på tørstofproduktionen. At planterne hurtigt optager kvælstof, når der har været N-mangel, er fundet af Lee og Rudge (1986). De fandt, at byg i vandkultur, som havde været udsat for N-mangel, havde en hurtigere og større optagelse af både nitrat og ammonium end bygplanter, der var velforsynet med kvælstof. Ligeledes blev den øgede N-optagelse fulgt af en øget K-optagelse, mens P-optagelsen ikke blev påvirket. Den øgede N-optagelse i nærværende forsøg blev fulgt af både en øget K og P-optagelse, idet både K

og P-procenten midt i skridningsperioden steg med stigende N-tilførsel ved stadium 4.

Resumé

Den mindre N-tilførsel ved fremspiring ved delt-N bevirkede i perioden frem til den 2. N-tilførsel ved afsluttende buskning (stadium 4), at tørstofproduktionen af både top og rod blev mindre end ved éngangstilførsel. Den mindre toptørstofproduktion blev også afspejlet i et mindre bladareälindex (LAI), mindre buskning, mindre bladstørrelse, hvorimod blad/stængel forholdet ikke blev ændret. Der var en liniær relation mellem vækstraten (kg tørstof/ha/døgn) og LAD (varighed af det grønne bladareal, "leaf area duration"). N-procenten i både top og rod samt K-procenten i top blev mindre.

Tilførsel af kvælstof ved stadium 4 bevirkede en hurtig stigning i N-optagelsen, så N-procenten steg med stigende N-tilførsel ved stadium 4. Dette blev senere, midt i skridningsperioden, fulgt af en stigende K og P-procent. Forskellene her var imidlertid betydelig mindre end i N-procenten. Forskellene mellem N-strategierne blev mindre i løbet af vækstperioden, men ved høst var N-procenten stadig større jo større en del af N-gødningen, der var tilført ved stadium 4.

N-tilførsel ved stadium 4 resulterede ligeledes i, at der blev dannet nye skud ved de største N-tilførsler, samt at skudhenfaldet blev mindre. Dette bevirkede, at skudantallet ved høst var større ved en stigende del af N-gødningen tilført ved den 2. N-tilførsel. Det større skudantal blev ikke fulgt af en relativ større mængde stængel og blade. Tværtimod var der en relativ større aksmængde allerede fra blomstring og resten af vækstperioden. Skudhenfaldet ved éngangstilførsel var sammenfaldende med en nedgang i N-indholdet i toppen, hvilket antyder, at ikke hele N-mængden i de døde skud translokteres til den levende del af planten. Tab ved skuddød synes imidlertid at have mindre betydning for N-strategiens effekt på tørstofudbyttet.

Der var ingen sammenhæng mellem tørstofudbyttet og det maksimale LAI, som fandtes før skridning. En stor mængde grønne blade inden skridning har således ikke nødvendigvis en positiv effekt på tørstofudbyttet. LAI ved

engangsgødskning var større end ved delt-N det meste af vækstperioden, hvilket antyder et større vandforbrug ved en stigende del af N-gødningen tilført ved fremspiring.

Efter skridning var der ringe sammenhæng mellem LAD og vækstraten. Dette kan muligvis skyldes en større tørstofproduktion i akset, hvor der er tilført kvælstof ved stadium 4.

I 1983 med stor N-udvaskning i foråret blev der efter den 2. N-tilførsel hurtigt en større vækstrate med stigende del af N-gødningen tilført ved stadium 4. I de øvrige år, uden N-udvaskning af betydning i forårsperioden, gav en deling mindre vækstrate i begyndelsen af vækstperioden indtil den 2. N-tilførsel ved afsluttende buskning. I perioden fra afsluttende buskning til midt i kernefyldningsperioden var vækstraten af samme størrelse (vækstkurverne var parallelle). I den sidste del af kernefyldningsperioden var vækstraten størst ved delt-N, således at der ved høst fandtes den største tørstofmængde ved en af delingsstrategierne.

Tørstofproduktionen i den sidste del af kernefyldningsperioden og N-strategiens effekt på denne synes i betydelig grad at være klimaafhængig.

Kap. 3

N-balance

Resultater

Jordens indhold af lettilgængeligt-N ($\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$)

Fra midt i vækstperioden, fra begyndelsen af juli, var jordens indhold af lettilgængeligt-N på et minimum. Dette kan ses i fig. 3.1, hvor koncentrationen af nitrat-N og ammonium-N i 0-40 cm dybde er vist for 2 væsentligt forskellige led, (40+80 N) og (120+0 N). Koncentrationerne ved dette minimum var i gennemsnit:

	ppm $\text{NO}_3\text{-N}$	ppm $\text{NH}_4\text{-N}$
0-11 cm	0,3	1,4
11-22 cm	0,3	1,4
22-30 cm	0,2	0,8
30-40 cm	0,2	0,3

Koncentrationen af ammonium-N var således større end af nitrat-N i denne periode. Mod slutningen af vækstperioden steg koncentrationen af nitrat-N alle år. Planterne har således ikke kunnet optage hele den mineraliserede mængde. I 1985 steg koncentrationen af nitrat-N, selv om der var nedbørsoverskud og dermed N-udvaskning (se senere) i denne periode.

Koncentrationen af nitrat-N og ammonium-N faldt oftest med dybden. En undtagelse er dog forårsperioden 1983, hvor et stort nedbørsoverskud og dermed N-udvaskning bevirkede, at koncentrationen af især nitrat-N var relativt høj i nederste måledybde.

Ved éngangsgødskning var nitratindholdet i forårsperioden forholdsvis højt. Perioden fra N-tilførsel ved fremspiring og indtil koncentrationen af nitrat-N var mindre end 5 ppm var 1-1,5 måned. Koncentrationen faldt hurtigst i 1983 (både nitrat og ammonium) p.g.a. udvaskning. Koncentrationen af begge stoffer ved delt-N var betydeligt lavere. Efter 2. N-tildeling var der mindre end 20 dage senere en koncentration af nitrat-N under 5 ppm. Perioden med en

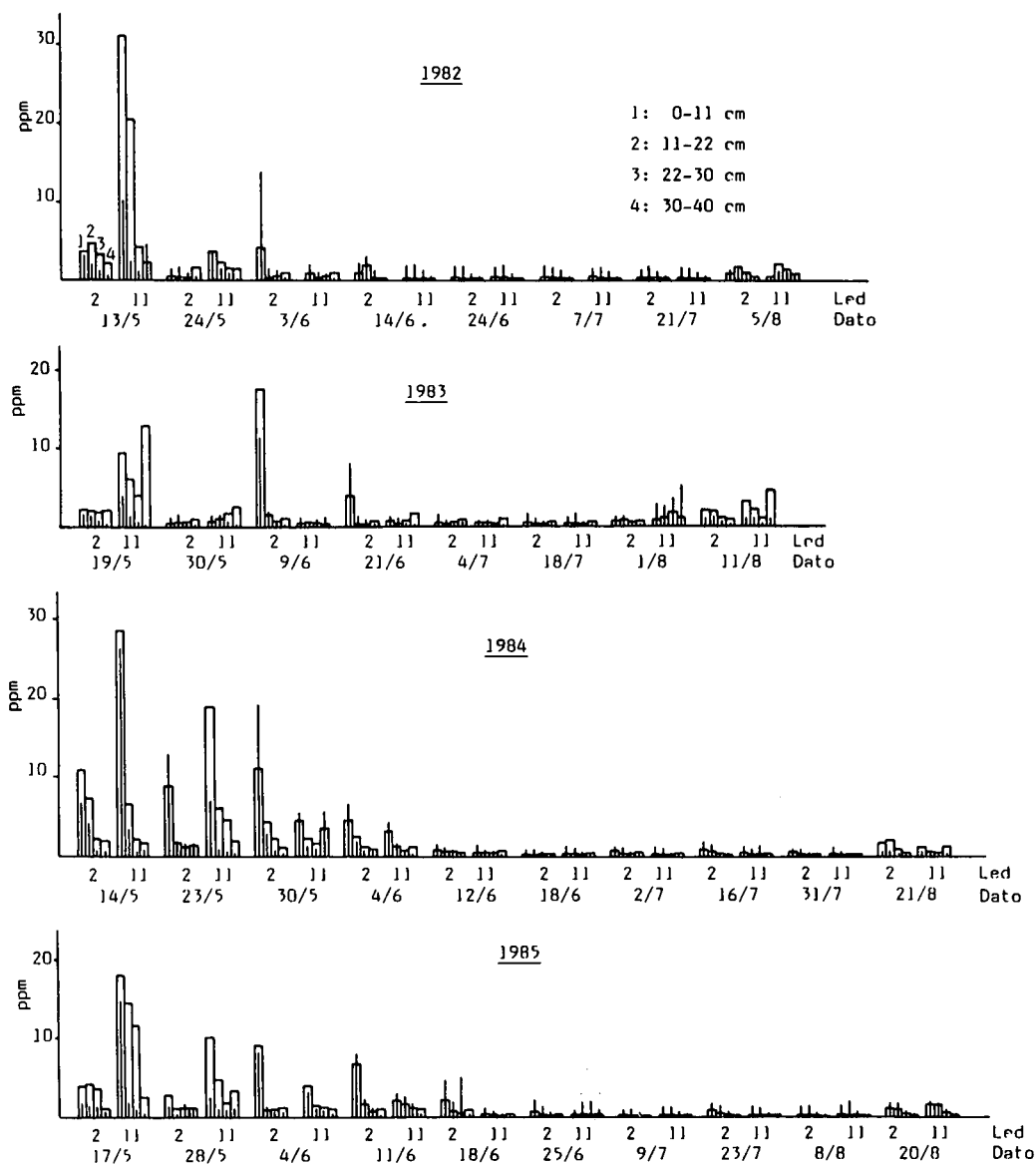


Fig. 3.1 Koncentration af $\text{NO}_3\text{-N}$ (□) og $\text{NH}_4\text{-N}$ (I) i led 2 (40+80N) og led 11 (120+0N) i 0-40 cm dybde.

Den 2. N-tilførsel i led 2 var mellem 2. og 3. prøveudtagning.

Mærkforsøg I.

potentiel udvaskningsrisiko synes således mindre ved delt-N.

Mængden af lettilgængeligt-N steg med stigende N-tilførsel ved stadium 4 i perioden fra 2.N-tilførsel ved stadium 4 og indtil midten af kernefyldningsperioden ved stadium 11.1 (tabel 3.1). Der var dog kun små forskelle fra midten af skridningsperioden (stadium 10.2), idet mængden af lettilgængeligt-N var lille, ca. 10 kg N/ha. I den sidste del af vækstperioden ved høst (stadium 11.4) var der omvendt et signifikant mindre indhold af lettilgængeligt N, hvor den største N-mængde blev tilført ved stadium 4.

Tabel 3.1 Mængden af lettilgængeligt-N i 0-40 cm dybde (kg $\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha) på forskellige tidspunkter i vækstperioden.
Markforsøg I (1982-1985).

N ved fremsp.	Stadium *				
	4	6	10.2	11.1	11.4
	**	**			
40	22,0	64,5	11,5	9,0	13,5
60	25,8	67,6	9,5	8,7	14,3
80	29,9	32,8	9,6	7,8	16,2
alt	37,6	20,5	8,3	7,8	16,4
LSD	8,4	33,8	1,5	0,6	2,3

*: Feekes skala. Tidspunkter jf. tabel 0.2

** : Led tilført 120 N i alt.

I lerjorden var mængden af lettilgængeligt-N gennem hele vækstperioden større end i sandjorden (fig. 3.2). Før N-gødsning i foråret var indholdet ligeledes større i lerjorden (gns. 22,7 kg N/ha) end i sandjorden (gns. 12,9 kg N/ha). Der var ingen vekselvirkning mellem jordtype og N-strategi. N-strategien havde således samme indvirkning på koncentrationen af nitrat-N og ammonium-N i de 2 jordtyper, som tidligere er omtalt for sandjorden.

I 1983 bevirkede den store nedbørsmængde, at koncentrationen af nitrat-N steg med dybden (fig. 3.3). Koncentrationen var betydeligt lavere i sandjorden, hvilket antyder en større N-udvaskning på denne jordtype. Koncentrationen i

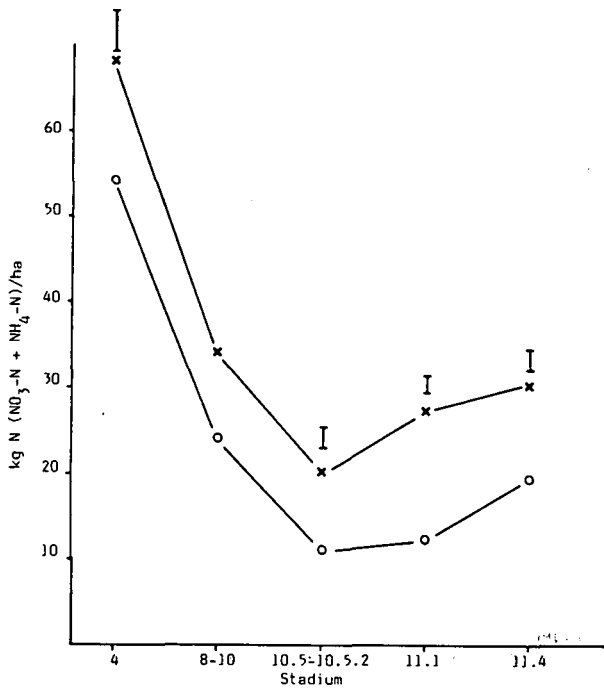


Fig. 3.2 Mængden af lettilgængeligt-N ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) i 0-40 cm dybde i lerjord (x) og sandjord (o) ved éngangsgødskning. Gennemsnit af 1982-1985. Rammeforsøg I.
I LSD

lerjorden var hele vækstperioden 1983 forholdsvis høj, hvilket sandsynligvis skyldes den forholdsvis ringe plantevækst dette år (jf. tabel 1.4). I år med god plantevækst, f.eks. 1985, var koncentrationen af begge stoffer også meget lav i lerjorden, og nærmede sig niveauet for sandjorden (fig. 3.3).

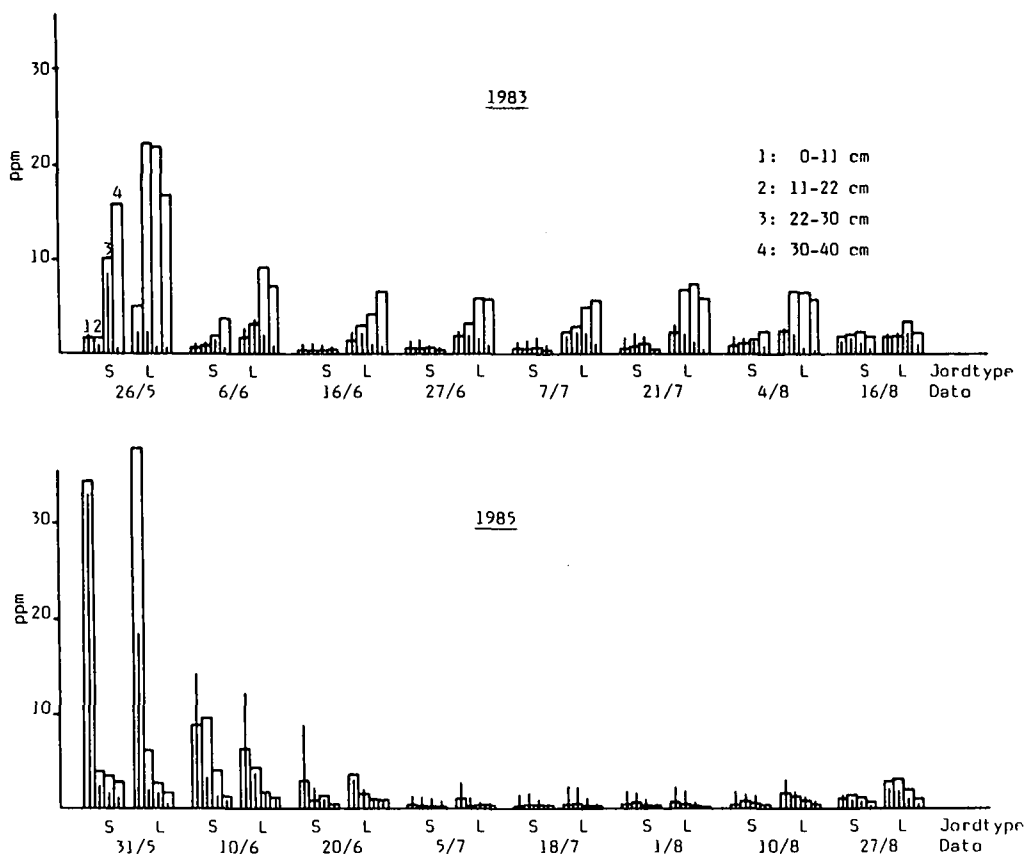


Fig. 3.3 Koncentrationen af $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\square$) og $\text{NH}_4\text{-N}$ (I) i led 11 (120+0N) i henholdsvis sandjord (S) og lerjord (L) i 0-40 cm. Rammeforsøg I.

N-udvaskning

Der var stor forskel på afstrømningsforholdene de enkelte forsøgsår (fig. 3.4). I 1982 var den største afstrømning omkring 1. juli, i 1983 i maj måned, i 1984 omkring 1. juni og endelig i 1985 i slutningen af vækstperioden fra midten af juli.

Der var kun i 1983 en betydelig afstrømning (161 mm) i forårsperioden fra 1. til 2. N-tilførsel (tabel 3.2). Overvanding i led c i markforsøg II (1984-1985)

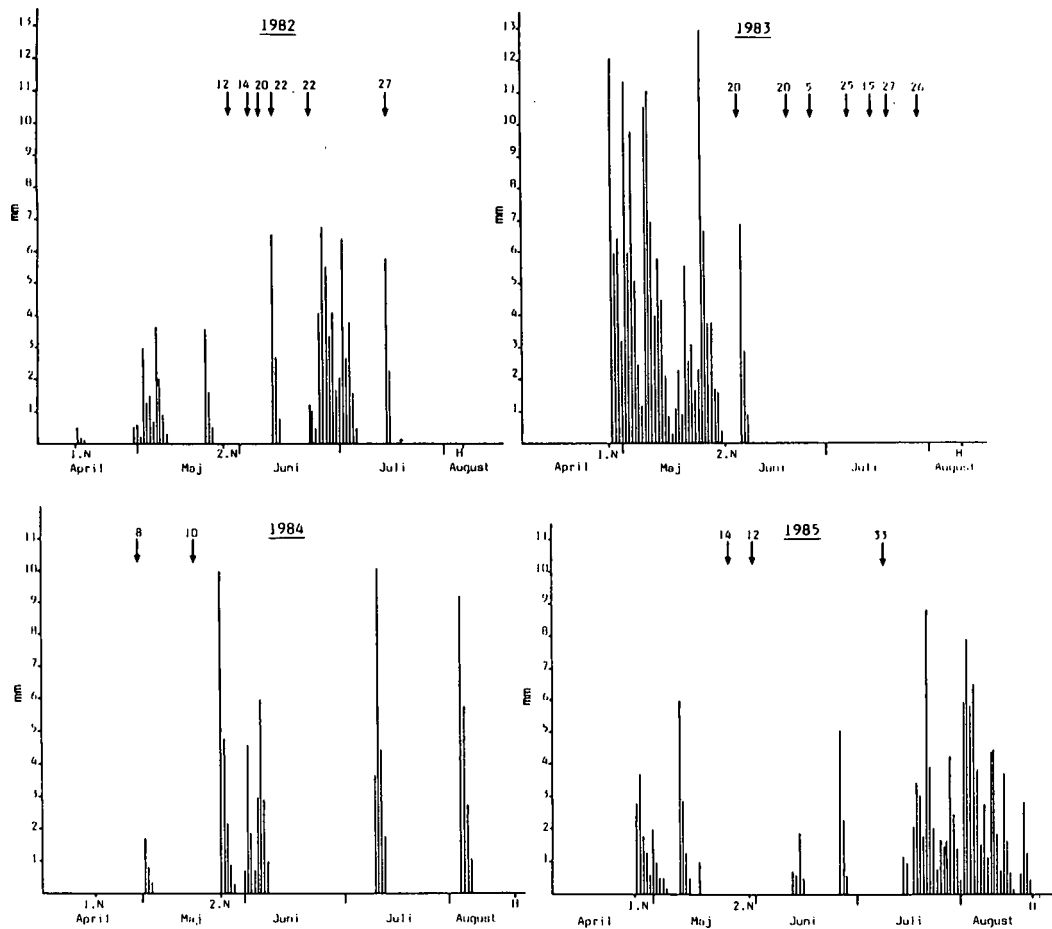


Fig. 3.4 Daglig afstrømning samt vandingsmængder (↓) i vækstperioden.

Markforsøg I.

1.N: 1. N-tilførsel (fremspiring)

2.N: 2. N-tilførsel (stadium 4)

H: høst.

resulterede i, at størrelsen af afstrømningen i foråret nærmede sig afstrømningen i 1983. I de første 2 uger efter den 2.N-tilførsel var afstrømningen i 1984 noget større (38 mm) end de øvrige år.

Tabel 3.2 Afstrømning (mm) og vandtilførsel (nedbør + vanding) i perioden mellem 1. og 2. N-tilførsel, afstrømning fra 2. N-tilførsel og 14 dage frem samt hele vækstperioden.

Markforsøg	Fremspiring - stadium 4 (1.-2. N tilførsel)		Stadium 4 - + 14 dage		Vækstperioder (fremsp. - høst)
	afstrømning	nedbør + vanding	afstrømning	afstrømning	
1982	21	64	0		86
1983	161	187	11		171
1984	3	49	38		81
1985	26	68	1		140
1984 b	52	99	39		131
c	128	174	39		206
1985 b	75	118	1		189
c	150	193	1		264
<u>Rammeforsøg I</u>					
1982	21	64	0		95
1983	121	138	0		121
1984	13	57	21		73

b: overvanding med 50 mm

c: overvanding med 125 mm

Koncentrationen af nitrat-N i jordvandet faldt lidt gennem vækstperioden og steg kraftigt efter høst (jf. fig. 3.5). Der var kun lille forskel på gødede og ugødede led. I begyndelsen af juli syntes koncentrationen i det ugødede led at være mindre end i det gødede, mens der i begyndelsen af vækstperioden var ringe forskel. Efter høst viste nitratkoncentrationen i det ugødede led samme stigning som i det gødede i 1985, mens der i 1984 ingen stigning var. I 1984 synes afstrømningen efter den 2. N-tilførsel at have forårsaget en mindre nedgang i koncentrationen ved delt-N (led 5) end i de øvrige led. I sidste del af vækstperioden 1985 var koncentrationen lavere end i 1984, hvilket kan være forårsaget af den forholdsvis store afstrømning i denne periode. Nitratindholdet i jorden inden denne afstrømning var på et minimum (jf. fig. 3.1).

Overvanding (led cx) bevirkede en stærk stigning i nitratkoncentrationen efter vanding (fig. 3.6). Den største stigning fandtes i 1985, hvor der også faldt 20 mm mere nedbør i perioden fra 1. til 2. N-tilførsel. Først i slutningen af juni var stigningen elimineret. Den maksimale koncentration af nitrat-N fandtes ikke umiddelbart efter vandingen, men op til 4 uger senere.

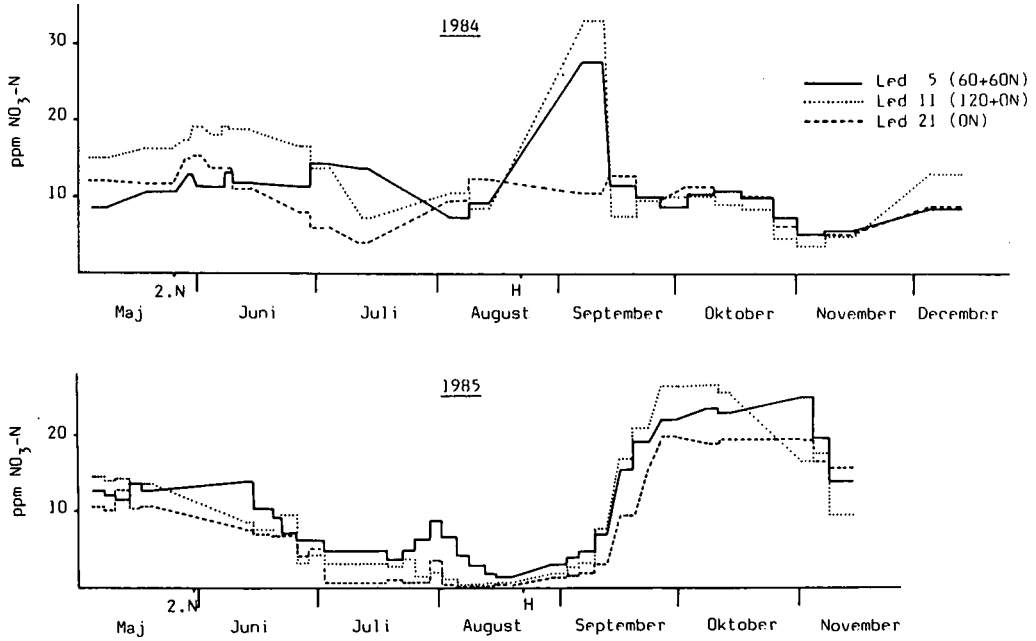


Fig. 3.5 Nitratkoncentrationen i jordvand i 70 cm dybde ved gødet og ugødet.

Markforsøg I.

2.N: 2. N-tilførsel (stadium 4)

H: høst

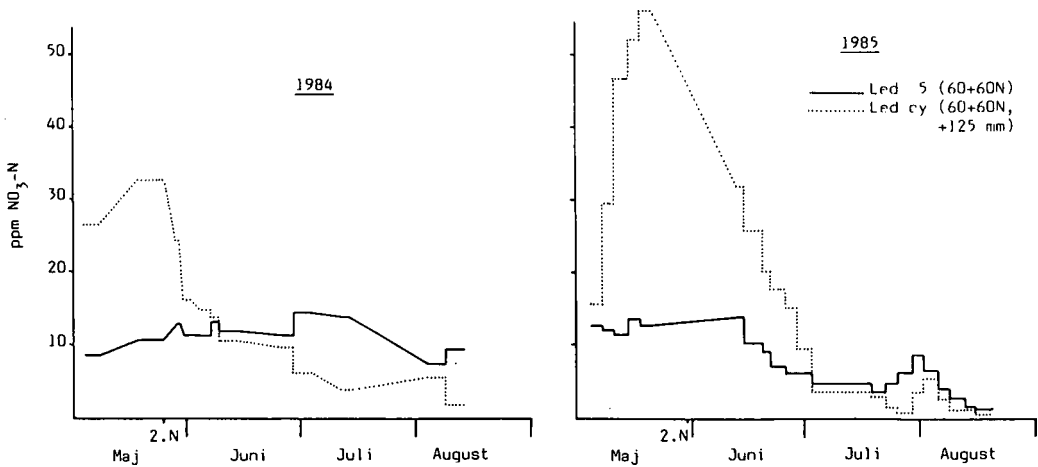


Fig. 3.6 Nitratkoncentrationen i jordvand i 70 cm dybde med og uden stærk overvanding. Markforsøg.

2.N: 2. N-tilførsel (stadium 4)

I 1983 med den store afstrømning i foråret blev nitratkoncentrationen ved éngangsudbringning (120 N) meget stor (maksimalt 116 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$, rammeforsøg I) efter gødningsudbringning, mens koncentrationen blev maksimal 50 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$ ved delt-N (40+80N) (fig. 3.7). Efter den 2. N-udbringning var der næsten ingen afstrømning og dermed ingen N-udvaskning. I 1982 var koncentrationen af samme størrelsesorden i rammeforsøg I som i markforsøget i de målte år, 1984-1985. Derimod var nitratkoncentrationen i jordvandet i 1984 betydelig højere end i markforsøget (fig. 3.7). Plantevæksten var samtidig ringere (kap. 1) og jordens nitratindhold større, hvilket kan have været medvirkende årsag til forskellen.

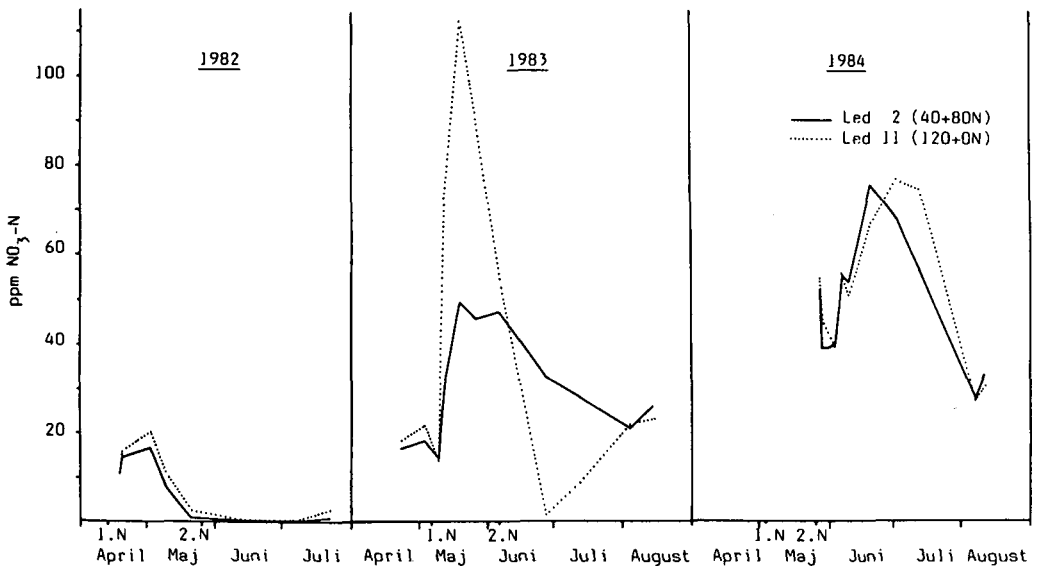


Fig. 3.7 Nitratkoncentrationen i jordvand i 70 cm dybde. Rammeforsøg I, sandjord.

1.N: 1. N-tilførsel (fremspiring)

2.N: 2. N-tilførsel (stadium 4)

Ammoniumudvaskningen i vækstperioden udgjorde ved stor udvaskning kun en ringe del, mens den ved mindre udvaskning kunne udgøre op til 25% af den udvaskede kvælstof (tabel 3.3). Koncentrationen af ammonium-N var størst midt i vækstperioden, hvor der flere gange fandtes indhold på omkring 4,5 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$. I det ugødede led i markforsøget var den udvaskede mængde lig med eller lidt mindre end i de gødede parceller.

Tabel 3.3 Kvælstofudvaskning i vækstperioden (kg N/ha).

Markforsøg led	1984			1985		
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum
5 (60+60N)	7,7	1,4	9,1	9,9	3,4	13,2
11 (120+0N)	10,7	1,4	12,0	5,8	2,7	8,6
21 (0N)	8,5	0,8	9,3	4,3	2,2	6,5
cx*(60+60N)	37,1	2,3	39,4	40,3	3,6	43,9

* overv. med 125 mm

Ramreforsøg I

(sand) led	1982			1983			1984		
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum
2 (80+40N)	4,1	0,1	4,2	43,0	0,3	43,3	32,2	1,1	33,3
11 (120+0N)	5,2	0,2	5,4	77,4	0,3	77,7	36,8	1,7	38,5

Overvanding (simuleret nedbørsoverskud) med 125 mm i led cx (60+60 N) forøgede udvaskningen i vækstperioden med 30 kg N i forhold til den tilsvarende gødskningsstrategi (led 5). N-udvaskningen indtil 2.N-tilførsel ved stadium 4 var 34-36 kg N/ha ved overvanding med 125 mm og 60 N tilført ved fremspiring. Afstrømningen var 128-150 mm (jf. tabel 3.2). N-udvaskningen i tilsvarende periode i 1983 i ramreforsøg I var 43 kg N/ha, hvor der blev tilført 40 N ved fremspiring. Afstrømningen var her 121 mm (jf. tabel 3.2). Dette kunne antyde en større N-udvaskning ved naturlig nedbør end ved tilsvarende overvanding. Beregningen af N-udvaskningen i led cx er dog behæftet med en vis usikkerhed p.g.a. stor afstrømning i en kort periode.

Mineralisering

Mineraliseringen blev undersøgt ved hjælp af dels en overdækket ubevokset parcel og dels bevoksede parceller uden eller med ringe N-tilførsel (20 N). I førstnævnte hindrede overdækningen N-udvaskning, og da der ingen planter var til optagelse af N, ophobedes det nettomineraliserede kvælstof i jorden. Overdækningen hindrede ikke fri luftbevægelse over jorden, og jordoverfladen blev holdt fugtig ved vanding med 3-5 mm ca. 4 gange i vækstperioden.

Ophobningen af nitrat i den overdækkede ubevoksede parcel foregik ikke kontinuert, men der var både store stigninger og fald (fig. 3.8). De viste nedgange i nitratinhold skyldtes på intet tidspunkt udvaskning. Immobilisering kunne således i disse perioder synes at have været større end mineraliseringen. For at kunne måle mineraliseringen af planterødder m.v. efter høst blev overdækningen, med undtagelse af 1982, flyttet til en harvet parcel (120 N). I 1983 og 1984 steg nitratinholdet meget hurtigt, hvilket er ensbetydende med en stor nettomineralisering efter høst. Til gengæld var der også kort tid efter en kraftig nedgang i nitratinholdet, hvilket antyder en immobilisering.

Ændringerne var størst i det øverste jordlag og aftog stærkt nedefter. De to øverste jordlag udgør pløjelaget, og der skulle derfor kun være ringe forskel på jordens sammensætning. Alligevel udgjorde den ophobede nitratmængde i nederste halvdel af pløjelaget i gennemsnit kun 23% af nitratmængden i hele pløjelaget.

Indholdet af ammonium var på intet tidspunkt betydeligt, normalt under 2 ppm. I hele måleperioden blev ammonium fra nettomineraliseringen således hurtigt nitrificeret.

Nitratophobningen var i 1982 og 1983 betydeligt større end i 1984 og 1985. I tabel 3.4 ses med undtagelse af 1982 jordens procentiske indhold af N og C, målt ved vækstperiodens begyndelse. Indholdet af N og C i forsøgsmarken, som blev benyttet i 1983, synes at have været højere end i 1984 og 1985. I lerjorden (rammeforsøg I) var indholdet af N og C i alle dybder højere end i sandjorden. C/N var lavest i lerjorden. Det procentiske N-indhold blev lidt mindre med tiden i begge jordtyper i alle de målte dybder. Der var her byg hvert år.

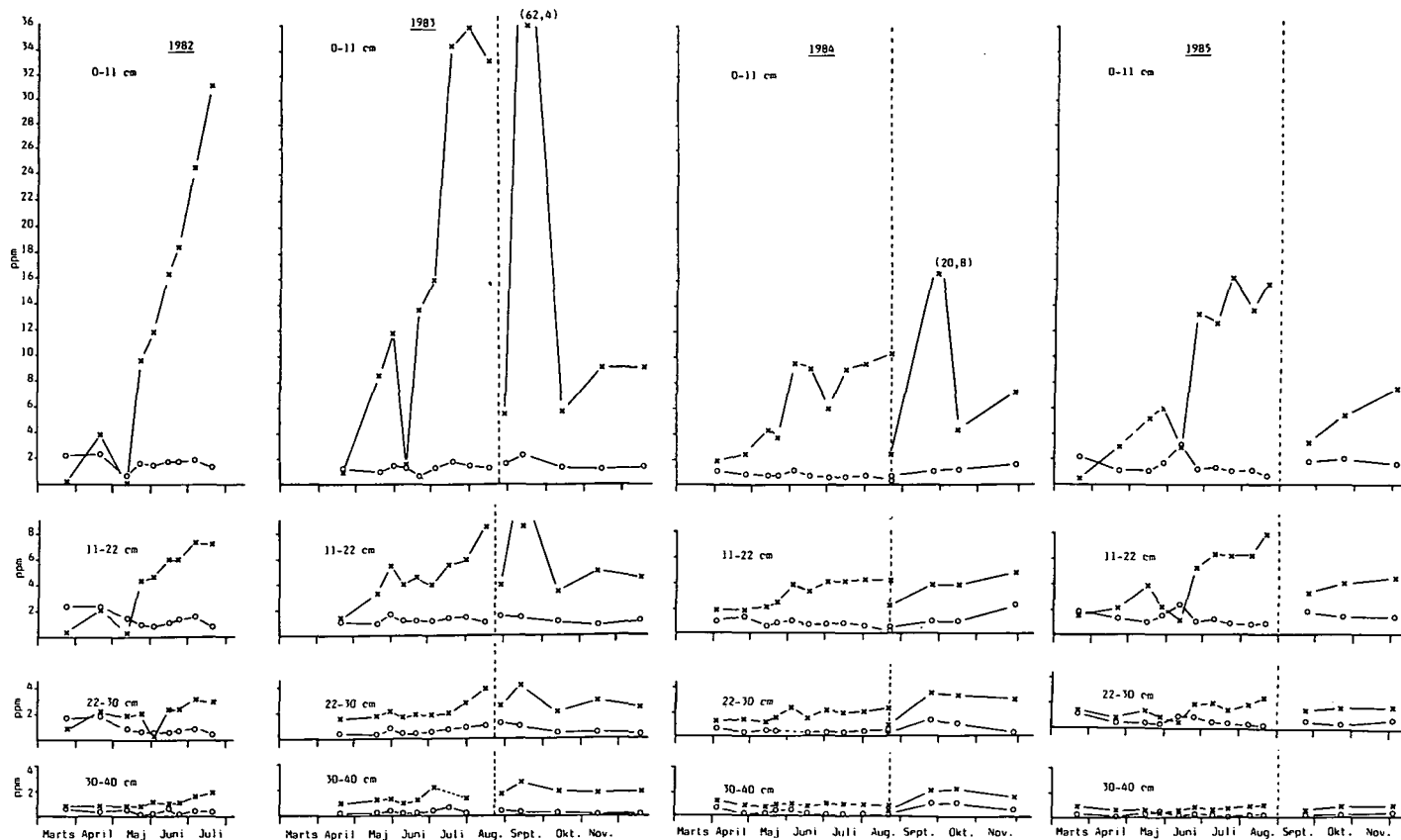


Fig. 3.8 Jordens indhold af nitrat (x) og ammonium (o) i overdækket ubevokset parcel. Flytning af overdækning efter høst til harvet parcel (120 N) er markeret med en stiplede linie.

Tabel 3.4 Jordens indhold af N og C.

Markforsøg I		1983			1984			1985		
dybde		% N	% C	C/N	% N	% C	C/N	% N	% C	C/N
0-11		0,068	1,50	22	0,081	1,02	13	0,083	1,34	16
11-22		0,113	1,53	14	0,082	1,14	14	0,074	1,25	17
22-30		0,082	1,23	15	0,055	0,88	16	0,057	1,08	19
30-40		0,054	0,93	17	0,034	0,60	18	0,036	0,81	23
40-70					0,023	0,35	15	0,022	0,44	20
70-100					0,014	0,22	16	0,017	0,27	16

Rammeforsøg I		1983			1984			1985		
Jordtype	dybde	% N	% C	C/N	% N	% C	C/N	% N	% C	C/N
Sand	0-11	0,106	1,32	12	0,098	1,17	12	0,080	1,16	15
	11-22	0,099	1,24	13	0,096	1,28	13	0,085	1,21	14
	22-30	0,101	1,24	12	0,092	1,31	14	0,068	1,08	16
	30-40	0,056	0,82	15	0,055	0,91	17	0,022	0,69	31
Ler	0-11	0,159	1,62	10	0,152	1,71	11	0,143	1,73	12
	11-22	0,163	1,74	11	0,146	1,64	11	0,140	1,74	12
	22-30	0,135	1,43	11	0,099	1,15	12	0,090	1,24	14
	30-40	0,075	0,72	10	0,064	0,68	11	0,058	0,63	11

Jordtemperaturen under overdækningen var lavere end udenfor overdækningen (tabel 3.5). Desuden var døgnsvingningerne mindre under overdækningen. Den gennemsnitlige jordtemperatur varierede kun lidt i løbet af vækstperioden i 1984 og 1985, hvor dette blev målt. Store stigninger og fald i jordens indhold af lettilgængeligt N ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) under overdækningen blev ikke fulgt af hverken høje eller lave temperaturer.

Der var således ingen direkte sammenhæng mellem ændringer i jordens indhold af lettilgængeligt N og temperaturen i hhv. luft og jord.

Nettomineraliseringen i 0 N parceller er lig summen af N-optaget i plantetop og rod, ophobning af lettilgængeligt N i jorden og N-udvasket. Dette forudsætter, at denitrifikationen er meget ringe, hvilket sandsynliggøres af målinger udført af Statens Planteavlslaboratorium i nærværende forsøg (pers. medd.). I 1983 blev udvaskningen ikke bestemt, og der blev tilført 20 N i foråret. Hovedparten af denne N-tilførsel må dog formodes udvasket p.g.a. den store nedbørsmængde i foråret 1983. N-mængden i rodtørstof er kun bestemt ved høst. Ud fra dette, samt resultaterne af rodfordeling gennem vækstperioden fra andre led, er N-rod estimeret for de øvrige prøveudtagningstidspunkter.

Tabel 3.5 I delperioder er vist:

- $\Delta N_{j,ov}$: ændringer i lettilgængeligt-N ($NO_3-N + NH_4-N$) i overdækket ubevokset parcel (kg N/ha).
- ΔN_{ON} : N-balance i ugødet parcel (kg N/ha). $\Delta N = \Delta N_j + \Delta N_{pl,t} + \Delta N_{pl,r} + N_{udv.}$, dvs. summen af N ophobet i jorden, optaget i plantetop og rod og udvasket.
- total ΔN_{ON} : $\Delta N_{ON} \mp N$ i nedbør og vandingsvand.
- T_l : gns. lufttemperatur ($^{\circ}C$).
- T_{ov} : gns. jordtemperatur (15 cm dybde) under overdækning ($^{\circ}C$).
- T_m : gns. jordtemperatur (15 cm dybde) i mark (led 11) ($^{\circ}C$).
- ΔT_{ov} : gns. døgntemperatursvingning under overdækning ($^{\circ}C$).
- ΔT_m : gns. døgntemperatursvingning i marken ($^{\circ}C$).

År	Periode	total							
		$\Delta N_{j,ov}$	ΔN_{ON}	ΔN_{ON}	T_l	T_{ov}	T_m	ΔT_{ov}	ΔT_m
1982	13/5-23/5	22,8			13,1				
	24/5- 2/6	1,6			15,5				
	3/6-13/6	13,5			16,2				
	14/6-23/6	3,4			12,5				
	24/6- 6/7	15,1			14,4				
	7/7-20/7	7,8			14,2				
	21/7- 5/8				18,4				
1983	19/5-29/5	12,7			11,6				
	30/5- 8/6	-22,4			13,3				
	9/6-20/6	19,1	-1,0	-3,0	14,0				
	21/6- 3/7	4,4	5,7	3,5	14,6				
	4/7-17/7	43,7	6,9	4,6	18,5				
	18/7-31/7	-4,7	4,9	4,6	17,4				
	1/8-14/8	0,9	6,0	5,9	16,1				
1984	16/4-27/4		7,1	7,1	7,7				
	28/4-13/5		0,4	-0,5	7,6				
	14/5-22/5	1,4	-1,2	-2,3	12,8	12,7	15,0	3,7	3,7
	23/5- 3/6	16,2	7,8	6,8	13,3	15,3	17,8	2,1	3,2
	4/6-17/6	-7,2	6,3	5,6	13,1	15,3	15,9	1,7	2,4
	18/6- 1/7	-3,2	2,6	1,7	12,0	14,6	16,0	1,5	3,0
	2/7-15/7	5,1	8,0	6,9	15,0	15,6	18,1	2,5	6,9
	16/7-30/7	1,0	4,4	4,3	14,4				
	31/7-19/8	0,5	7,0	5,7	15,7	19,4*	18,6	3,3	5,7
1985	26/4-10/5		7,9	7,1	6,9				
	11/5-16/5		4,4	4,2	13,0				
	17/5-27/5	-0,5	7,7	6,4	14,3	13,3	15,5		
	28/5-10/6	-3,2	2,3	0,8	13,7	15,5	17,0	2,8	4,5
	11/6-24/6	20,9	3,7	3,0	12,4	13,7	14,8	1,9	2,3
	25/6- 8/7	0,5	3,7	0,2	15,0	16,0	16,4	1,6	2,2
	9/7-22/7	3,7	2,6	1,1	16,5	16,3**	16,9**	2,6	2,5
	23/7- 7/8	0,4	5,3	3,8	15,4	15,6	16,3	1,3	1,6
	8/8-20/8	1,9	5,6	4,6	16,9	17,3	17,6	2,3	2,6

** mangler 14/7-22/7

* " 31/7- 8/8

Rodsystemet i 0 N var dårligere udviklet end i gødede parceller. Der var ved høst både en mindre mængde tørstof og procentisk N-indhold (tabel 3.6). Ydermere var der forholdsvis mindre rodmasse i det øverste jordlag, hvor den største mineralisering forekom.

Tabel 3.6 N-mængde og % N i rodtørstof samt den gennemsnitlige procentiske fordeling af rodtørstof ved høst i 120 N (led 11) og 0 N (led 21).

<u>kg N/ha i rodtørstof</u>			<u>% N i sandfrit tørstof</u>			<u>Procentisk fordeling</u>		
<u>år</u>	<u>120 N</u>	<u>0 N</u>	<u>år</u>	<u>120 N</u>	<u>0 N</u>	<u>dybde</u> <u>cm</u>	<u>120 N</u>	<u>0 N</u>
1983	5,1	1,0	1983	0,94	0,39	0-11	53	44
1984	25,9	12,1	1984	2,36	2,28	11-22	25	30
1985	19,2	9,5	1985	1,70	1,40	22-30	20	23
						30-40	2	3

Idet forsøget blev vandet, var der på intet tidspunkt kraftige udtørninger, som kunne nedsætte mineraliseringen betydeligt. Nettomineraliseringen i 0 N parcellerne var meget konstant gennem vækstperioden og næsten ens i 1984 og 1985 (fig. 3.9). I 1983 var der ingen afstrømning og dermed N-udvaskning efter den 8. juni. Dvs. efter den 8. juni er kurven et udtryk for nettomineraliseringen, og den har da også her et kontinuert forløb.

N-balancen i delperioder er for 0 N parceller vist i tabel 3.5. I den totale N-balance, som er en mere præcis angivelse af nettomineralisering, er medtaget N i nedbør (1 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$, 1 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$) og vandingsvand (gns. 8 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$). N i nedbør er ikke bestemt på Jyndevad. Der er anvendt gennemsnitsværdier ud fra Nørlund et al. (1985) og Heidam (1983, 1985). Der var ingen direkte relation mellem den målte nettomineralisering og hhv. luft og jordtemperaturen. Den daglige nettomineralisering i delperioder som funktion af lufttemperaturen er vist i fig. 3.10.

Nettomineralisering synes i 1985 betydeligt større end i 1984 (tabel 3.7), når overdækket ubevokset og høstet N i 0 N og 20 N i hhv. mark og rammeforsøg bliver lagt til grund for beregningerne. Denne forskel kommer imidlertid ikke til udtryk i 0 N, hvor hele N-balancen er bestemt. Den forholdsvis større nitratophobning i overdækket ubevokset i 1983 blev ikke fulgt af en større mængde N-høstet ved 20 N, hvis der sammenlignes med 1984 og 85. Heller ikke hvis det forudsættes, at en stor del af den tilførte N blev udvasket.

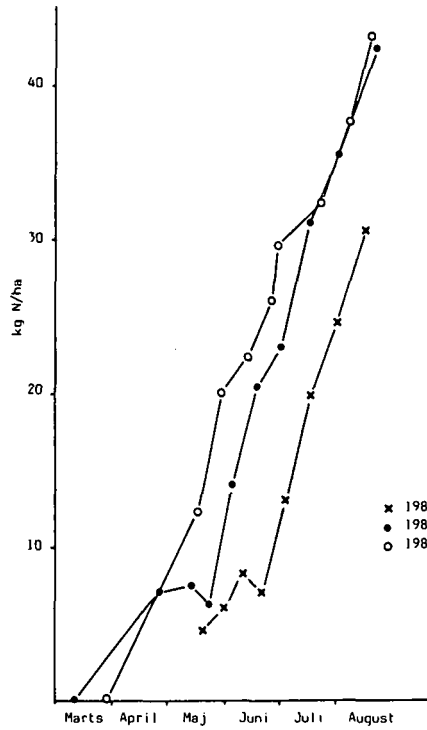


Fig. 3.9 Nettomineralisering i DN parceller.

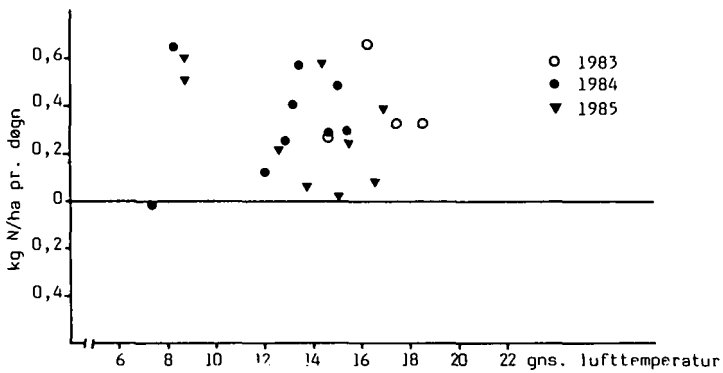


Fig. 3.10 Den gennemsnitlige N mineralisering (ugødede parceller) som funktion af lufttemperaturen i delperioder.

Tabel 3.7 N-balance i overdækket ubevokset og ugødede led (0 N) for hele vækstperioden samt N-høstet (halm + kerne) i 0 N og 20 N.

	Markforsøg				Rammeforsøg I	
	N-balance		kg N høstet/ha		sand	ler
	overdækket ubevokset	0 N	0 N	20 N	20 N	20 N
1982	60					
1983	69			24,5	36,0	44,0
1984	20	36	20,3	28,8	22,5	42,9
1985	46	31	28,0	38,9	39,7	54,4

Resultaterne peger på en betydelig større mineralisering i lerjorden end i sandjorden, hvor N-høstet er bestemt i 20 N. Dette stemmer overens med et større indhold af N i lerjorden og lavere C/N (jf. tabel 3.4).

N-balance

N-balance (ΔN), beregnet på grundlag af N i plantetop, den lettilgængelige N i jorden og N i gødningen, er vist for markforsøget i tabel 3.8. Tidspunkter med stort indhold af lettilgængeligt-N i jorden som lige efter gødningsudbringning er undgået, da der synes at være forholdsvis stor usikkerhed ved stort indhold. I ΔN indgår N optaget i rod, N i nedbør og vandingsvand, N udvasket, N denitrificeret og N nettomineraliseret/immobiliseret.

I forsøgsårene (1982, 84, 85) med ringe N-udvaskning var ΔN negativ i perioden fra fremspiring og frem til 2. N-gødskning ved afsluttende buskning (stadium 4). ΔN ved éngangstilførsel var signifikant mere negativ end de øvrige N-tilførsler. I 1983 var ΔN ligeledes negativ i denne periode. N-udvaskningen bevirkede, at ΔN blev forholdsvis mere negativ med stigende N-tilførsel.

I perioden efter 2. N-tilførsel (afsluttende buskning - midt i skridningsperioden) var ΔN signifikant mere negativ ved delt-N end ved éngangstilførsel. Effekten af N-gødskningen ved stadium 4 kan ligeledes ses mellem N-niveauerne, idet ΔN blev mere negativ med stigende N-niveau.

ΔN var positiv fra midten af skridningsfasen til midten af kernefyldningsfasen og i den sidste delperiode fra midten af kernefyldningsfasen til høst. Der var ingen signifikante forskelle mellem N-strategierne eller mellem N-niveauerne med undtagelse af 1983, hvor ΔN i sidste periode var større ved éngangstilførsel end ved delt-N.

Tabel 3.8 N-balance (ΔN) ved henholdsvis forskellige N-strategier og forskellige N-niveauer (kg N/ha).
Mærkforsøg I.

$\Delta N = \Delta N_{pl, t} + \Delta N_j \div N_g$ (N optaget i plantetop + tilvæksten i lettilgængeligt N i jorden
 $\div$ N tilført med gødning).

N ved fremsp.	1982, 1984, 1985					1983				
	Fremsp. - st. 4	st. 4 - 10.2	st. 10.2 - 11.1	st. 11.1 - 11.4	Fremsp. - høst	Fremsp. - st. 4	st. 4 - 10.2	st. 10.2 - 11.1	st. 11.1 - 11.4	Fremsp. - høst
40	-4,3	-28,3	8,2	16,4	-8,0	-30,7	-13,9	-1,9	9,3	-37,2
60	-11,1	-22,8	9,0	13,1	-11,8	-46,4	-14,8	3,8	11,5	-45,9
80	-11,9	-23,7	7,3	17,8	-10,5	-64,1	-1,5	2,7	10,9	-52,0
alt	-30,0	-2,2	-0,1	18,6	-13,7	-91,0	5,2	2,2	19,3	-64,3
LSD	15,8	9,2	n.s.	n.s.			11,5	n.s.	5,6	
N-niveau										
100		-13,0	4,7	14,3			-5,3	2,9	11,4	
120		-20,5	4,9	20,0			-5,8	1,4	16,2	
140		-24,3	8,7	15,0			-7,6	0,7	10,7	
LSD		8,0	n.s.	n.s.			n.s.	n.s.	n.s.	
0 N (1984,1985)	3,9	3,5	6,3	10,4	24,1					
20 N (1983)						-16,2	1,0	12,6	11,2	8,6

st.: stadium - Feekes skala. Tidspunkter jf. tabel 0.2.

N-balance (ΔN_a), hvori der ved beregningen yderligere indgår N i rod, vanding og nedbør, er vist i tabel 3.9. ΔN_a indeholder således N udvasket, denitrificeret og mineraliseret/immobiliseret.

Tabel 3.9 N-balance

Markforsøg I							
år	N-tilførsel (kg N/ha)		ΔN_a^* (kg N/ha)				
	ved fremsp.	ved st. 4	Fremsp. - st. 4	st. 4 - 10.2	st. 10.2 - 11.1	st. 11.1 - 11.4	Fremsp. - høst
1982	40	80	14,4	-14,0	9,2	20,7	30,3
	60	60	15,3	-17,8	9,6	12,5	19,6
	120	0	-2,0	4,7	6,5	5,4	14,6
1983	40	80	-30,4	-13,5	4,8	7,8	-40,9
	60	60	-45,7	-20,7	6,7	10,4	-49,3
	120	0	-89,4	0,9	-1,6	17,2	-72,9
1984	40	80	27,0	-45,6	7,4	11,1	-0,1
	60	60	14,6	-15,0	-16,2	16,7	0,1
	120	0	-16,4	3,7	-3,9	13,1	-3,5
1985	40	80	2,0	-18,8	4,0	7,5	-5,3
	60	60	7,5	-22,2	4,6	12,6	2,5
	120	0	-2,8	5,5	-17,9	23,3	8,1
gns af	40	80	15	-26	7	13	8
82, 84,	60	60	13	-18	-1	14	7
85	120	0	-7	5	-5	14	6

st.: stadium - Feekes skala. Tidspunkter jf. tabel 0.2.

* $\Delta N_a = \Delta N_{pl,t} + \Delta N_{pl,r} + \Delta N_j \div N_g \div N_{v+n}$ (N optaget i plantetop og rod + tilvæksten i lettilgængeligt N i jorden $\div$ N tilført i gødning, vanding og nedbør).

Med undtagelse af 1983 var ΔN_a ved delt-N positiv i perioden fra fremspiring til stadium 4, hvorimod ΔN_a var negativ ved éngangstilførsel. Da der ikke er tilført organisk gødning i en længere årrække, og jorden er meget sandet, formodes denitrifikationen at være meget lille under normale nedbørsforhold. Da afstrømningen og dermed N-udvaskningen i 1. periode har været meget begrænset i 1982, 1984 og 1985, antyder resultaterne således en nettomineralisering ved delt-N, hvorimod der ved éngangstilførsel antydes en immobilisering. I perioden efter 2. N-tilførsel var det omvendte tilfældet, dvs. der synes at være en immobilisering ved delt-N. I slutningen af vækstperioden var der en nettomineralisering.

I første del af vækstperioden (indtil midten af skridningsfasen) var ΔN_a 32 kg N/ha mindre i 1983 end i gennemsnit af de øvrige år, når der blev tilført 40 N ved fremspiring. Ved 60 N var ΔN_a 61 kg N/ha mindre og ved 120 N 87 kg N/ha mindre i 1983 end de øvrige år. Disse størrelsesforskelle i ΔN_a kan antages at være et udtryk for N-udvaskningen i 1983, uden dog direkte at kunne anvendes.

Hvor N-udvaskningen er bestemt, er ΔN_b et udtryk for nettomineraliseringen, når der forudsættes ringe denitrifikation (tabel 3.10). Nettomineraliseringen for hele vækstperioden var mindre i gødede end i ugødede led. Der var en tendens til større nettomineralisering i den sidste del af vækstperioden i gødede led.

Selvom N-strategien påvirkede mineralisering - immobilisering turnover kraftigt, var nettomineraliseringen summeret for hele vækstperioden upåvirket af N-strategien.

Tabel 3.10 Nettomineralisering

Markforsøg I.

År	N-tilførsel (kg N/ha)		ΔN_b^* (kg N/ha)				
	ved fremsp.	ved st. 4	Fremsp. - st. 4	st. 4 - 10.2	st. 10.2 - 11.1	st. 11.1 - 11.4	Fremsp. - høst
1984	0	0	4,3	12,4	8,6	10,2	35,5
	60	60	14,8	-10,1	-14,1	18,6	9,2
	120	0	-15,9	11,0	-2,1	15,6	8,6
1985	0	0	17,7	3,8	1,3	8,4	31,2
	60	60	11,8	-21,6	6,6	18,8	15,6
	120	0	1,4	6,0	-16,3	25,8	16,9

st.: stadium - Feekes skala. Tidspunkter ivf. tabel 0.2.

* $\Delta N_b = \Delta N_{pl,t} + \Delta N_{pl,r} + \Delta N_j \div N_g \div N_{v+n} + N \text{ udv.}$
 $(\Delta N_a \text{ (jf. tabel 3.9) + N udvasket}).$

Diskussion

Afstrømningen i forårsperioden var kun i 1983 af en sådan størrelse, at der var en betydelig N-udvaskning. Koncentrationen af både nitrat og ammonium i jorden faldt hurtigere end de øvrige år. Da ammoniumudvaskningen var begrænset, må nitrifikationen have været større i foråret 1983. Den gennemsnitlige lufttemperatur var da også lidt højere i den første del af vækstperioden 1983 end i de øvrige år. Selv om temperaturoptimum for nitrifikation refereres meget forskelligt (Schmidt, 1982), var forårstemperaturen under optimum. Udvasningsrisikoen synes generelt at være størst ved éngangsgødskning, da der her fandtes de største mængder nitrat og ammonium i jorden i forårsperioden. Ved delt-N steg indholdet af nitrat og ammonium efter den 2. N-tilførsel, men denne stigning blev hurtig reduceret, hvilket bl.a. var forårsaget af hurtig N-optagelse i planterne.

Den gennemsnitlige nedbørsmængde de sidste 20 år ved Jyndevad ses af nedenstående.

Gennemsnitlig nedbør (mm), 1966 - 1985 Jyndevad

April	52
Maj	57
Juni	66

Gennemsnitstallene dækker over store variationer. Tidspunktet for overskudsnedbør har naturligvis stor betydning for størrelsen af N-udvaskning. I 8 ud af de 20 år har nedbørsmængden i april og maj måned været større end 120 mm, hvilket ifølge forsøget medfører en vis udvaskning.

I overdækket ubevokset var der en stigning i jordens nitratinhold gennem vækstperioden. Stigningen var imidlertid ikke konstant, idet der også kunne være fald i nitratinholdet. Disse perioder med større immobilisering end mineralisering er også fundet af Hart et al. (1979) i brakparceller. Årsagen kunne ikke findes i temperaturændringer. Effekt af store nitratkoncentrationer kunne muligvis være en af årsagerne.

Fluktuationerne i nitratinholdet foringer imidlertid metodens anvendelsesmuligheder ved mineraliseringsbestemmelse.

Ved inkubationsforsøg under laboratorieforhold har temperaturen forholdsvis stor betydning for mineraliseringens størrelse (Standford et al., 1973 og Addiscott, 1983). Addiscott (1983) har ved undersøgelse af forskellige jorde fundet en rate konstant på $K = Ae^{-B/T}$, hvor A og B er konstanter og T er absolut temperatur. Den mineraliserede N-mængde i tiden t er $N_t = Kt$. I ugødede parceller var mineraliseringen forholdsvis konstant, men der kunne ikke påvises nogen sammenhæng til gennemsnitstemperaturen i den målte periode. Dette kan bl.a. skyldes større temperaturforskelle i laboratorieundersøgelserne (Hart et al., 1979) og årstidsvariationer i den mikrobielle aktivitet.

Nettomineraliseringen for hele vækstperioden bestemt som difference ved N-balance var betydelig mindre i gødede led end i ugødede. Gødskning (120 N) bevirkede således, at der netto blev frigivet en mindre mængde N fra jordens organiske del, samtidig blev der efterladt en større mængde N i rødderne. I gennemsnit af 1984 og 1985 var der ved høst på denne måde 33 kg N/ha mere organisk bundet N i gødede (120 N) end i ugødede led. N-tilførsel bevirker normalt en øget optagelse fra jordens organiske N-pulje målt for hele vækstperioden. Dette betegnes priming effekt eller ANI (added N interaction) (Jenkinson et al., 1985). Hvor stor en del af planternes N-optagelse i gødede led, der henholdsvis stammer fra jordens organiske pulje og fra gødningskvælstof, kan ikke udregnes i nærværende forsøg. En ringere rodudvikling ved 0 N har bl.a. været fremhævet som en af årsagerne til priming effekt (Sørensen, 1982). I nærværende forsøg var rodudviklingen ved 0 N meget ringe, og planterne var ikke i stand til at optage hele den mineraliserede mængde, idet N-udvaskningen i år med forholdsvis lille afstrømning var næsten lige så stor som i gødede led.

Immobiliseringen syntes ved éngangstilførsel at være større end mineraliseringen i forårsperioden fra N-udbringning ved fremspiring og til stadium 4, i gennemsnit 33 dage. Ved delt-N var det derimod omvendt. Efter den 2. N-tilførsel syntes immobiliseringen forholdsvis størst ved delt-N, hvilket blev målt fra den 2. N-tilførsel til stadium 10.2, i gennemsnit 25 dage. I disse perioder kunne der mangle op til 20 kg N/ha i N-balancen, hvilket antyder immobilisering.

Denne tilsyneladende immobilisering efter gødskning bekræftes af andre undersøgelser, hvor en kortere periode efter N-udbringning er undersøgt. Nielsen og Jensen (1986) kunne således ikke genfinde 80 kg N/ha ud af en gødningsmængde på 120 kg N/ha 12 dage efter gødskning. Tilsvarende kunne Neeteson et al. (1986) ikke genfinde op til 85% af gødningskvælstof (ammoniumnitrat) ca. 10 dage efter gødskning. Dette var uafhængigt af jordtypen, og efter 5 uger genfandt hele N-gødningsmængden. Andersen et al. (1983) fandt ved inkubationsforsøg ligeledes større immobilisering end mineralisering i jord fra Jydevad udtaget lige efter gødskning i 1980. Inkubationsforsøg viser, at N-gødningen har en positiv effekt på immobilisering umiddelbart efter gødskning, og at immobiliseringen forøges ganske væsentligt, hvis der tilsættes lettilgængeligt kulstof (Okereke & Meints, 1985). N-tilførsel øger dannelsen af rødde og udskillelse af rodeksudater, som bl.a. er energikilde for immobilisering (Jenkinson, 1985). Antallet af heterotrofiske bakterier i rhizosfæren øges da også betydeligt ved N-gødskning (Jagnow, 1983).

Selvom N-strategien påvirkede forløbet af nettomineraliseringen gennem vækstperioden betydeligt, var den summerede nettomineralisering for hele vækstperioden upåvirket af N-strategien.

Den tilsyneladende forøgede immobilisering efter gødskning med store N-mængder bevirker, at udvaskningsrisikoen mindskes, idet nitratmængden reduceres forholdsvis hurtigt.

I den sidste del af vækstperioden antydede resultaterne en større nettomineralisering i gødede end i ugødede led. Fra først i juli var planternes N-optagelse helt afhængig af nettomineraliseringen, idet jorden fra dette tidspunkt var tømt for lettilgængeligt-N. I den sidste del af kernefyldningsperioden, som er en meget vigtig delperiode m.h.t. kerneproduktion (jf. kap. 2), synes planternes N-optagelse således indirekte at være afhængig af tidligere N-gødskning. Der blev i gennemsnit optaget 6,4 kg N/ha i plantetoppen i perioden fra midt i skridning til midt i kernefyldningsperioden og 9,6 kg N/ha fra midt i kernefyldning og til høst.

I lerjorden var indholdet af lettilgængeligt-N i alle dybder større end i sandjorden gennem hele vækstperioden. Samtidig var mineraliseringen størst i lerjorden. Planternes N-optagelse var alligevel størst på sandjorden i begyndelsen af vækstperioden. N-procenten i plantetop var således signifikant

størst på sandjorden ved stadium 4 (jf. kap. 2). Fra stadium 8-10 og resten af vækstperioden var N-procenten i plantetoppen derimod størst på lerjorden. Den større N-optagelse på sandjorden i forårsperioden kan muligvis skyldes en lettere optagelighed på sandjorden.

Resumé

Der er en potentiel større udvaskningsrisiko ved éngangstilførsel end ved delt-N, da der ved éngangstilførsel er en længere periode, hvor jorden har et betydeligt indhold af nitrat. Ligeledes forekommer der forholdsvis ofte betydelig nedbørsoverskud i april og maj måned, hvor planternes vandforbrug er lille.

Jorden er normalt tømt for lettilgængeligt N fra først i juli, og planternes N-optagelse er fra dette tidspunkt afhængig af mineralisering. Jordens indhold af lettilgængeligt N steg i sidste del af vækstperioden.

Uden N-tilførsel havde nettomineraliseringen et kontinuert forløb, og der var ingen målelig temperatureffekt. N-tilførsel ændrede forløbet af nettomineralisering væsentligt. Store N-tilførsler, om foråret ved éngangstilførsel og efter den 2. N-tilførsel i visse led med delt-N, bevirkede, at immobiliseringen tilsyneladende blev større end mineraliseringen i perioden efter gødningsudbringning. Den tilsyneladende forøgede immobilisering efter gødningsudbringning kan mindske risikoen for N-udvaskning.

Summeret for hele vækstperioden var nettomineraliseringen upåvirket af N-strategien, selvom forløbet blev kraftigt påvirket. Derimod var nettomineraliseringen større i ugødede led end i gødede led.

Mineraliseringen var størst i det øverste jordlag (0-11 cm) og aftog med dybden.

Kap. 4

N-styring

Indledning

Styring af N-tilførslen ved éngangsgødsning om foråret (N-prognose) undersøges og praktiseres i en del lande (Lindén, 1979; Østergaard et al., 1983; Myers, 1983; Müller & Ansorge, 1981). Denne styring baseres hovedsageligt på N-lageret om foråret, hvor N-lageret er summen af nitrat-N og ammonium-N til en given dybde. Forfrugtsværdien kan desuden indgå som en vigtig faktor (Becker & Lang, 1982; Görlitz et al., 1983). På grovsandet jord synes denne metode imidlertid at være mindre brugbar. Dette skyldes primært et minimalt N-lager (jf. kap. 3), p.g.a. N-udvaskning i vinterhalvåret.

Styring af N-gødskningen i vækstperioden kan enten være en vurdering af behovet for eftergødskning eller være en beregning af gødningsmængden ved delt-N. Vurdering af behovet for eftergødskning bygger ofte på optimale koncentrationskurver for planternes N-procent eller NO_3 -procent. Sådanne koncentrationskurver eller værdier er f.eks. udarbejdet for NO_3 af Skriver (1984) og Simán (1974) og for N af Donohue og Brann (1984). Hvis planternes N-procent eller NO_3 -procent er mindre end det optimale, skal der suppleres med N-gødning.

Ved delt N-gødskning, hvor der kun er tilført en begrænset mængde N i foråret, vil koncentrationskurverne være meget anderledes end for éngangsgødskning. I forhold til éngangsgødskning vil delt-N vise N-mangel og dermed behov for N-tilførsel. Problemet er at omsætte de forskellige målinger til N-gødningsmængder. Til dette har Nielsen og Friis-Nielsen (1976) udarbejdet koncentrationskurver for N samt for en del andre næringsstoffer, hvor gødningsbehovet vurderes ud fra koncentrationen relateret til plantestørrelse og ikke til udviklingsstadiet.

Der er ikke enighed om, hvilke parametre der bedst beskriver planternes N-status. N-status kan synes at være et noget diffust begreb, idet det både kan omfatte et mål for udbyttets størrelse og et mål for den øjeblikkelige

produktion. Parametrene kan være koncentrationer i hele planten eller i bestemte planteorganer, eller det kan være aktivitetsmålinger. Aktiviteten af nitratreduktase fremhæves hyppigt som en god indikator for N-status (Srivastava, 1980). Flere peger på, at det især gælder forholdet mellem den aktuelle aktivitet (uden tilsætning af NO_3 ved analysen) og den potentielle aktivitet (med tilsætning af NO_3).

Ved delt N-gødskning i nærværende forsøg blev N tildelt første gang ved fremspiring og anden gang ved stadium 4 (afsluttende buskning). Målet var at finde en styringsmetode til bestemmelse af den 2. N-tildeling ud fra en eller flere oplysninger om N i planter og jord på dette tidspunkt.

N-tilførsel ved stadium 4 bevirker, at der i en kortere periode er en stor mængde lettilgængeligt-N i jorden. En del af den tilførte N-mængde immobiliseres, og allerede fra først i juli er planterne udelukkende afhængig af N fra mineralisering (jf. kap. 3). Dvs. i hele kernefyldningsperioden, som er en meget vigtig periode for kerneudbyttets størrelse (jf. kap. 2), optages næsten udelukkende mineraliseret-N. N-tilførsel ved stadium 4 påvirker således kun planternes N-optagelse direkte i den første periode. I kernefyldningsperioden er påvirkningen kun inddirekte gennem N-gødningens mulige positive effekt på mineraliseringen (jf. kap. 3).

I 1983-1985 var der forsøg med en sådan N-styring. Metoden blev fastlagt på grundlag af resultater fra 1982.

Resultater

Forsøg med N-styring

Resultater fra 1982 blev lagt til grund for styringen af N-gødskningen ved stadium 4 i led 13-18 i markforsøg I og cz i markforsøg II.

Målet var et udbytte på 75 hkg kerne (85% tørstof), hvilket svarede til ca. 130 kg N i de overjordiske plantedele ved høst.

N-balancen fra stadium 4 (før 2. N-tildeling) og til høst:

$$\Delta N_{pl,t}(1) + \Delta N_{pl,r}(2) = 2 \cdot N(3) + N_{min}(4) - N_{immo}(5) - N_{udv}(6) - N_{den}(7) + \Delta N_j(8).$$

1. N optaget i plantetop fra stadium 4 til høst:

$$130 - N \text{ optaget ved stadium 4} = 130 - a.$$

2. Da der var ringe forskel på N optaget i rodmassen ved stadium 4 og ved

høst, blev $\Delta N_{pl,r}$ sat til 0.

3. Den 2. N-tildeling ved stadium 4 = x.

4.-7. Mineralisering, immobilisering, udvaskning og denitrifikation er alle ukendte størrelser, og summen blev sat til 10.

8. Der var ca. 12 kg tilgængeligt N ved høst, dvs. $\Delta N_j = N_j$ ved stadium 4 - 12 = b - 12.

Ligningen blev herefter: $x = 132 - a - b$

Markforsøg I og II var placeret i forlængelse af hinanden i samme mark, og hvert år (1984-1985) lå markforsøg II i en mere frugtbar del af marken end markforsøg I.

N-gødningsmængden og baggrundstallene for led med N-styring er vist i tabel 4.1. I 1983 med stor N-udvaskning var der kun en lille N-mængde i plante og jord ved stadium 4, hvorfor x blev relativ stor. I led cz var der efter simuleret nedbørsoverskud (vanding med 125 mm) stadig en del N tilbage i jorden, ca. 70% i form af nitrat.

Tabel 4.1 N-gødsning i led med styring af den 2. N-tilførsel.

	Led	N ved fremsp.	dato*	a N_{pl}	b N_j	2. N- tilførsel x/z^{**}
					kg N/ha	
1983	13-15	40	30/5	10,3	6,3	115
	16-18	60	30/5	13,8	4,7	114
1984	13-15	40	23/5	17,3	49,1	66
	16-18	60	23/5	22,0	50,3	60
	cz	60	7/5	8,6	24,0	95
1985	13-15	40	28/5	29,6	17,2	85
	16-18	60	28/5	41,0	27,2	64
	cz	60	13/5	5,4	26,7	96

* tidspunkt for prøveudtagning

** led 13-18, Markforsøg I: $x = 132 - a - b$
led cz, Markforsøg II: $z = 128 - a - b$

I 1983 har den forholdsvis store 2. N-tilførsel ikke hævet tørstofudbyttet af betydning (tabel 4.2), idet f.eks. samme kerneudbytte blev opnået i led 6 (60+80 N) som i led 16 (60+99 N). Udbytteresultater fra led 1-12 findes i tabel 1.2.

Det er tidligere vist (kap. 2), at planteproduktionen kom sent igang i 1983, at buskningen var lille, og at der var en dårlig rodudvikling. Netop den ringe rodudvikling synes at være årsag til, at planteproduktionen ikke blev optimal efter en forholdsvis stor N-tilførsel ved stadium 4. N-procenten i både halm og

Tabel 4.2 Tørstofudbytte og N-høstet i led med styring af den 2. N-tilførsel.

led	1. N-tilførsel	2. N-tilførsel			kerne hkg tørstof/ha			halm hkg tørstof/ha		
		1983	1984	1985	1983	1984	1985	1983	1984	1985
13	40	100	51	70	38,0	46,8	55,9	25,6	32,4	36,6
14	40	115	66	85	41,2	51,7	57,7	27,0	36,3	38,8
15	40	130	81	100	41,4	53,7	58,2	25,1	38,3	41,2
16	60	99	45	49	40,3	50,2	56,5	27,3	34,0	37,9
17	60	114	60	64	42,2	53,0	58,8	28,0	38,7	40,1
18	60	129	75	79	43,1	55,4	59,7	28,4	37,2	41,7
LSD					n.s.	4,5	n.s.	n.s.	3,5	n.s.
cx	60		60	60		52,6	51,8		35,7	31,5
cy	60		60	60		51,4	50,0		36,7	31,9
cz	60		95	96		57,1	60,6		41,2	39,4
LSD						3,3	1,9		4,8	5,2

led	kg N i kerne/ha			kg N i halm/ha			N-udnyttelse		
	1983	1984	1985	1983	1984	1985	1983	1984	1985
13	70,7	59,9	81,1	19,7	12,6	17,9	64,6	79,7	90,0
14	77,1	69,3	83,7	19,2	15,2	20,2	62,1	79,7	83,1
15	86,6	79,5	90,8	20,8	16,5	23,5	63,2	79,3	81,6
16	70,9	66,3	75,2	16,1	13,3	17,4	54,7	75,8	85,0
17	83,9	76,9	84,7	21,3	19,0	20,1	60,5	79,9	84,5
18	91,5	83,0	90,2	22,1	16,4	21,3	60,1	73,6	80,2
cx		66,8	68,4		12,5	13,6		66,0	68,3
cy		68,4	63,0		13,2	12,4		68,0	62,8
cz		82,2	84,2		16,5	17,7		64,5	64,9

c: overvanding i foråret med 125 mm

x: 2. N-tilførsel ved stadium 4

y og z: 2. N-tilførsel ca. 2 uger tidligere end x

kerne steg derimod med stigende N-tilførsel. Samtidig var N-procenten forholdsvis høj. Dette afspejledes i N-høstet, som steg kraftigt med stigende N-tilførsel og var på niveau med 1985, selv om tørstofudbyttet var betydeligt mindre.

Ingen af årene blev det ønskede kerneudbytte (75 hkg kerne $\sim$ 64 hkg kerne ved 100% tørstof) nået. Den totale mængde N-optaget i plantetop på høsttidspunktet blev ikke målt. Tørstofudbyttet var størst i 1985, hvor f.eks. kerneudbyttet i led 17 (60+64 N) var 58,8 hkg tørstof i markforsøg I. Samme år var kerneudbyttet i ax (60+60 N) 64,2 hkg (jf. tabel 1.3) i markforsøg II. Denne forskel skyldtes udelukkende den tidligere omtalte markvariation.

I cx blev den 2. N-tildeling foretaget ved stadium 4, mens den i cy og cz blev foretaget 10-14 dage tidligere. Som omtalt i kap. 1, steg udbyttet ikke ved en tidligere udbringning, heller ikke hvor der havde været N-udvaskning ved overvanding. Selv om "overvandingen" i c nærmede sig nedbørsoverskuddet 1983, blev tørstofudbyttet betydeligt større, og den større N-tildeling i cz hævede også udbyttet betydeligt i forhold til cx og cy. Rodudviklingen i c har sandsynligvis været noget bedre end i 1983, da "overvandingen" tilførtes inden for en kortere periode (4-5 dage) mens jorden var overmættet det meste af foråret 1983.

Forløb af mulige styringsredskaber

Følgende parametre til beskrivelse af N-status i planter og jord blev målt:

lettilgængeligt-N ($\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$) i jorden (0-40 cm)

% N og % $\text{NO}_3\text{-N}$ i planter

ppm NO_3 i nederste del (2-3 cm) af stænglen samt i hele planten ved nitrattest strips (hurtigmetoden)

nitratreduktaseaktivitet (aktuel og potentiel) i bladene.

Forløbet i vækstperioden af N-procenten i planterne og af lettilgængeligt-N i jorden er beskrevet i henholdsvis kap. 2 og 3.

Nitratkoncentrationen (% $\text{NO}_3\text{-N}$)

Koncentrationen faldt generelt med tiden ved éngangstilførsel (fig. 4.1), og steg med stigende N-tilførsel, både m.h.t. N tilført ved fremspiring og N tilført ved stadium 4. Inden den 2. N-tilførsel var koncentrationen meget lav, især hvor 40-60 N blev tildelt ved fremspiring. Fra sidst i juni og resten af vækstperioden var nitratkoncentrationen reduceret til nær nul både i stængel og aks.

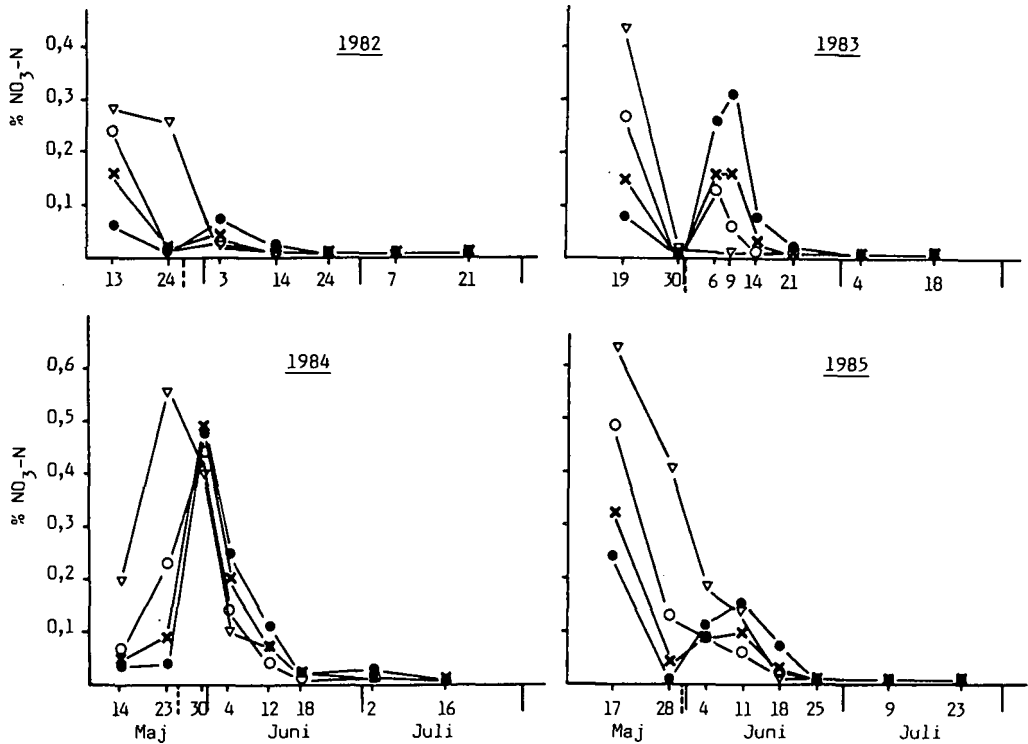


Fig. 4.1 Nitratkoncentration i (% $\text{NO}_3\text{-N}$) i toptørstof i led tilført 120 N

ialt. Markforsøg I.

! 2. N-tildeling

● 40+80 N (led 2)

× 60+60 N (led 5)

○ 80+40 N (led 8)

▽ 120+0 N (led 11)

Der var stor forskel mellem årene, især var det forskelligt, hvor meget nitratkoncentrationen steg efter den 2. N-tilførsel. Stigningen var størst i 1984 og mindst i 1982.

NO_3 -procenten stiger normalt eksponentielt, når N-procenten i planten stiger over en vis værdi. Denne værdi synes imidlertid at afhænge af planternes udvikling. NO_3 -procenten som funktion af N-procenten er vist i fig. 4.2 i årene 1983 og 1985. Det ses, at NO_3 -procenten steg ved en lavere N-procent, jo ældre planterne var. Stængelandalen stiger med tiden i forhold til bladdelen.

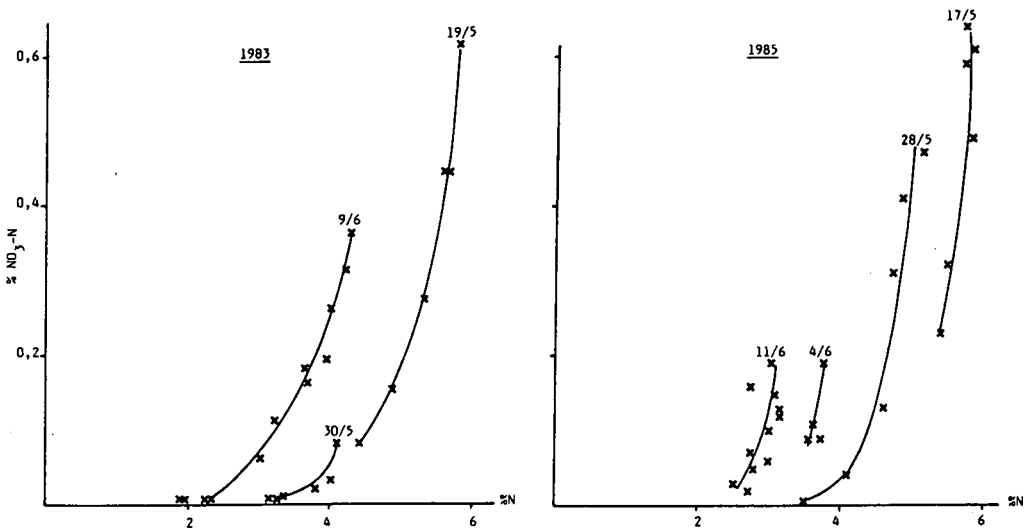


Fig. 4.2 NO_3 -procenten som funktion af N-procenten ved forskellige prøveudtagningstidspunkter. Markforsøg I.

Da nitratkoncentrationen ofte er større i stænglerne, hvor nitratreduktionen er lille, og N-procenten er mindre, er dette sandsynligvis årsagen til den omtalte effekt.

Ved samme udviklingstrin synes NO_3 -koncentrationen at stige ved samme N-procent. I fig. 4.3 er resultater fra alle år vist ved stadium 4. NO_3 -procenten steg stærkt i intervallet 4,5 - 5,5% N.

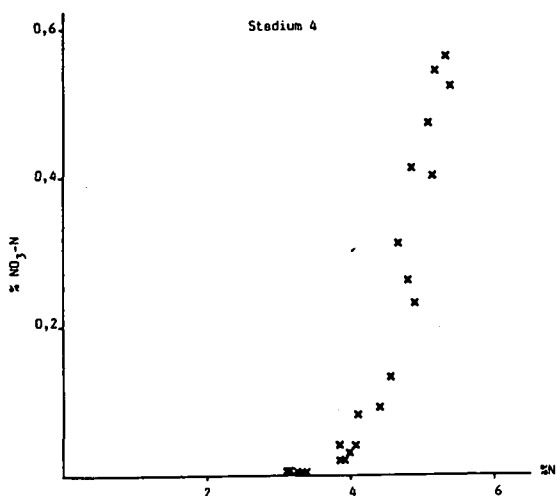


Fig. 4.3 NO_3 -procenten som funktion af N-procenten ved stadium 4. Markforsøg I.

Nitratkoncentrationen (ppm NO_3 , hurtigmatoden)

Nitratkoncentrationen (ppm NO_3) i udpresset plantesaft er vist i fig. 4.4. Koncentrationen i hele planten viser nær samme forløb som det procentiske indhold af $\text{NO}_3\text{-N}$ i plantetørstof (jf. fig. 4.1) - med stigende koncentration ved stigende N-tilførsel både ved fremspiring og ved stadium 4. Ved direkte sammenligning var der imidlertid kun en forholdsvis svag korrelation ($r^2 = 0,61$) mellem % $\text{NO}_3\text{-N}$ og ppm NO_3 målt på hele planten (tabel 4.3).

Nitratkoncentrationen i den nederste stængeldels plantesaft var generelt højere end i hele plantemassen (fig. 4.4). I den nederste stængeldel er nitrat under transport op i planten til reduktion primært i bladene. Samtidig var der større forskel mellem forsøgsbehandlingerne, dvs. N-tilførsel havde større effekt på nitratkoncentrationen i stænglen lige over jordoverfladen end i resten af planten.

I stængelsaften var der måleligt nitrat i en længere periode end i hele planten. Samtidig blev nitratkoncentrationen ved delt-N reduceret til nul senere i vækstperioden end ved éngangstilførsel. Der var således midt i juli 5-10 ppm NO_3 ved delt-N, mens der ingen nitrat var ved éngangstilførsel.

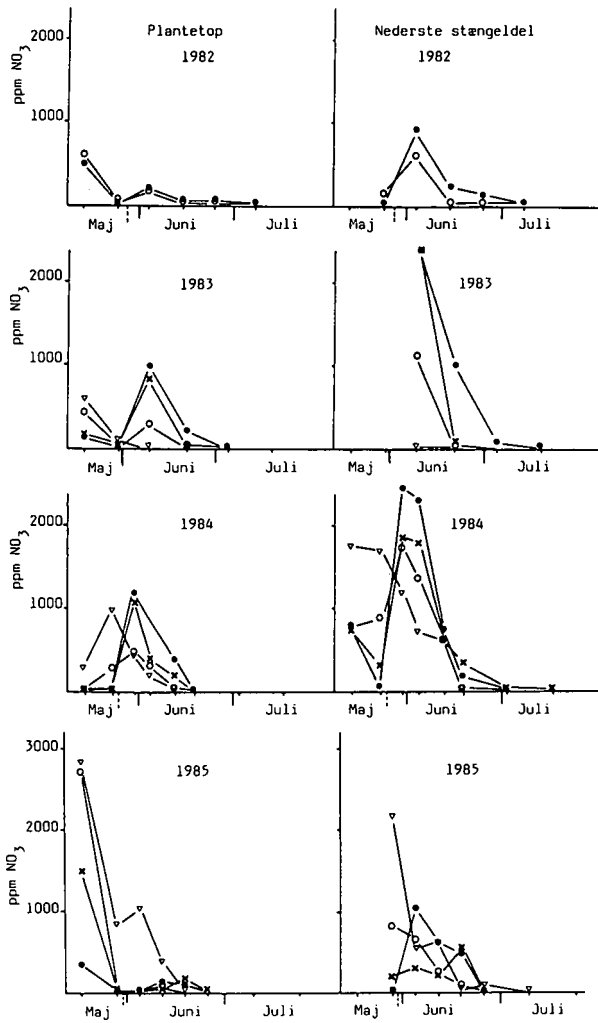


Fig. 4.4 Nitratkoncentrationen (ppm NO₃, hurtigmetoden) i nederste stængeldel og i hele toppen i led tilført 120 N i alt. Markforsøg I.

! 2. N-tildeling

● 40+80N (led 2)

× 60+60N (led 5)

○ 80+40N (led 8)

▽ 120+0N (led 11)

Tabel 4.3 Korrelationskoefficient (r^2) ved regressionsanalyse mellem forskellige N-parametre i planten. Resultater fra hele vækstperioden.

	% NO ₃ -N i plante- top	ppm NO ₃ i nederste stængeldel
ppm NO ₃ i plantetop	0,61***	0,80***
Aktuel nitratreduktaseaktivitet (NRA _a)	0,82***	0,60***
Potentiel " (NRA _p)	0,49***	0,72***
NRA a/p	0,83***	0,53***

Signifikans: *** = 99,9%

Nitratreduktase aktivitet (NRA)

Ved bestemmelse af den aktuelle aktivitet af nitratreduktase tilsættes nitrat ikke ved inkubationen, hvorved bladenes eget nitratinhold som regel vil være begrænsende for aktiviteten. Den potentielle aktivitet bestemmes med nitrat i inkubationsvæsken, hvorfor nitrat ikke er begrænsende.

Den potentielle aktivitet var altid større end den aktuelle aktivitet, selv om nitratinholdet især i begyndelsen af vækstperioden kunne være meget højt (fig. 4.5). Nitratinholdet var således begrænsende for aktiviteten ved hver planteprøve.

Aktiviteten faldt med tiden ved éngangstilførsel, eneste undtagelse var begyndelsen af 1984, hvor der var en stigning. Samme stigning kunne iagttages i nitratinholdet (fig. 4.1 og 4.4). Fra ca. midt i juni var der næsten ingen aktuel aktivitet, hvilket var forårsaget af, at der fra dette tidspunkt ingen nitratophobning var i planterne (fig. 4.1). Fra begyndelsen af august, når bladene var helt gule, var den potentielle aktivitet ligeledes meget lille.

Efter N-tilførsel ved stadium 4 steg både den potentielle og den aktuelle aktivitet, med størst stigning ved den største N-tilførsel. Stigningen var kraftigst i 1983 og 1984. I 1985 var den første prøve efter N-tilførsel (11. juni) netop i en periode med forholdsvis lav tørstofproduktion (kap. 2). Samtidig var nitratinholdet også lavere end de øvrige år (jf. fig. 4.1). Den aktuelle aktivitet steg forholdsvis mere end den potentielle efter den 2. N-tilførsel, hvorved aktuel/potentiel steg.

Mellem den aktuelle aktivitet og nitratprocenten var der en forholdsvis høj korrelation ($r^2 = 0,82$, tabel 4.3). Dette skyldes sandsynligvis, at den aktuelle aktivitet ud over enzygmængden er afhængig af det tilstedeværende nitrat.

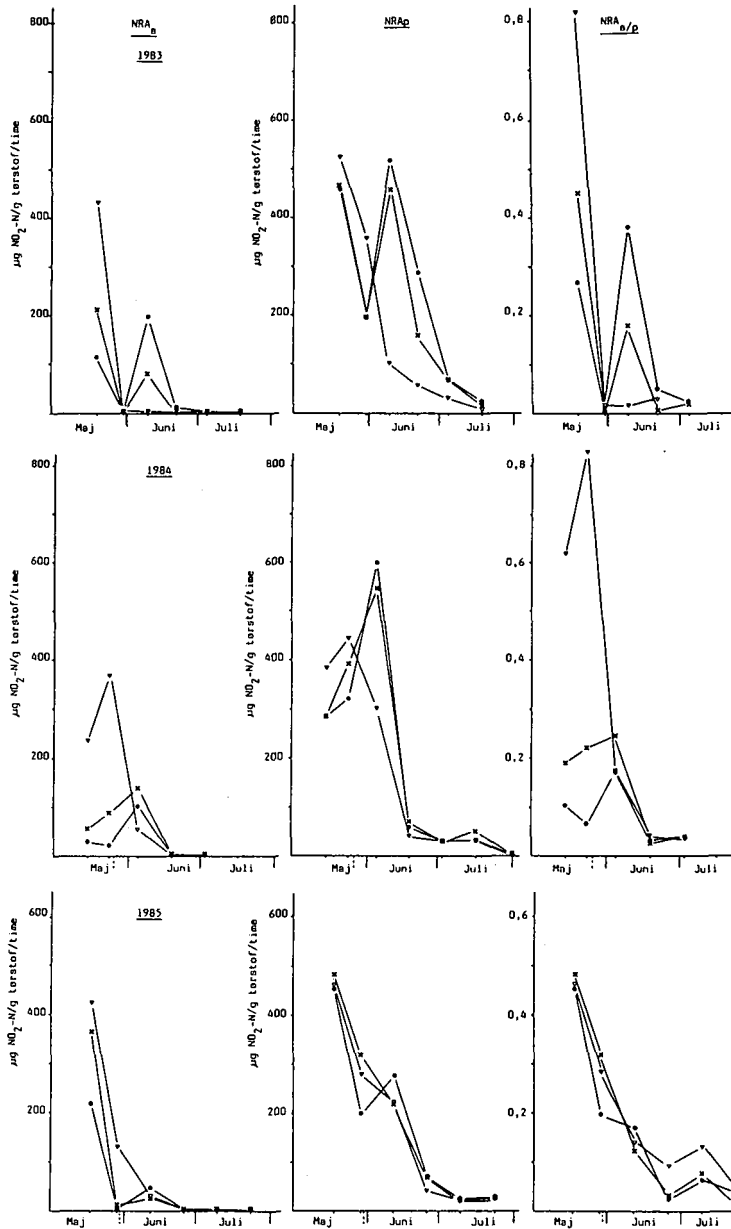


Fig. 4.5 Den aktuelle (NRA_a) og den potentielle (NRA_p) nitratreduktaseaktivitet ($\mu g NO_2-N/g \text{ tørstof/time}$) samt $NRA_{a/p}$. Markforsøg I.

2. N-tildeling

- 40+80N (led 2)
- × 60+60N (led 5)
- ▽ 120+0N (led 11)

Den potentielle aktivitet er indirekte afhængig af nitratindholdet, idet nitrat inducerer enzymsyntesen. Korrelationen mellem den potentielle aktivitet og nitratprocenten var lav ($r^2 = 0,49$, tabel 4.3), mens der var en højere korrelation til nitratkoncentrationen i den nederste stængedel. Sidstnævnte er et mål for nitrattransporten op i planten.

N-status ved stadium 4 i relation til udbytte/gødningsbehov

Udbytte ved éngangstilførsel

Mellem kerneudbyttet og henholdsvis nitrat og N-procenten i planterne var der en forholdsvis høj korrelation (tabel 4.4). Derimod var der ringe sammenhæng mellem tilgængeligt-N i jorden og kerneudbyttet. Når derimod det ekstreme år 1983 blev udeladt af beregningerne, og der således kun indgik resultater fra 3 mere ensartede år, var der ingen sammenhæng, hverken til N-procenten, nitratprocenten eller tilgængeligt-N i jorden.

Ved stadium 4 ændredes de forskellige N-parametre som vist meget hurtigt. Prøveudtagningstidspunktet havde derfor stor betydning, og få dages forskydning kunne ændre resultatet betydeligt. Der kan delvis kompenseres for dette ved at tage højde for den producerede tørstofmængde eller som Nielsen og Friis-Nielsen (1976) omregne den målte N-procent til N-procenten ved en given plantestørrelse (0,2 g pr. plante).

Tabel 4.4 Korrelationskoefficient (r^2 , multiple R^2) ved regressionsanalyse mellem kerneudbytte ved éngangsgødskning (led 10-12) og N-parametre ved stadium 4.

	<u>alle år</u>	<u>-1983</u>
% $\text{NO}_3\text{-N}$ (i plantetop)	0,78***	0,29
% N (i plantetop)	0,77***	0,04
N_j (kg ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) i 0-40 cm)	0,35*	0,02
% N x g tørstof/ m^2	0,96***	0,66*
% $\text{N}_{0,2g}$	0,93***	0,72**

Signifikans: * = 95%, ** = 99%, *** = 99,9%

Der opnåedes herved en meget høj korrelation, hvor 96% af variationen i kerneudbyttet forklaredes ved N-procenten og tørstof-mængden ved stadium 4. Korrelationen var noget lavere, når resultater fra 1983 ikke var med i beregningerne. Der var ligeledes en høj korrelation mellem kerneudbyttet og N-procenten ved 0,2 g pr. plante (tabel 4.4, fig. 4.6).

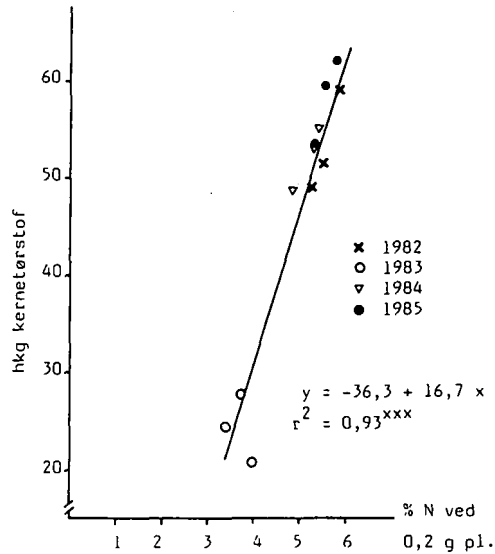


Fig. 4.6 Tørstofudbytte ved éngangsgødskning som funktion af det procentiske N-indhold ved en plantestørrelse på 0,2 g (efter Nielsen og Friis-Nielsen, 1976).
Markforsøg I.

Gødningsbehov ved delt-N

Ved delt-N var der ved stadium 4 som vist ingen eller ringe indhold af nitrat, lav N-procent, næsten ingen aktuel nitratreduktaseaktivitet og som regel ringe indhold af tilgængeligt-N i jorden.

Hvis N-tilførslen kan bestemmes ud fra disse parametre, skal de korrelere med N-behovet.

I tabel 4.5 er korrelationskoefficienten vist, hvor den 2. N-tilførsel er afhængig variabel. N-tilførslen er den beregnede/målte N-mængde ved opnåelse af 60 hkg kernetørstof/ha. I 1983 kunne dette udbytte ikke opnås, hvorfor der er regnet med maksimalt udbytte. Med én måleparameter ved stadium 4 som uafhængig variabel var der ingen sammenhæng til N-gødningsbehovet. Dette må bl.a. tilskrives den hurtige ændring i N-parametrene på dette tidspunkt.

Ved at medtage tørstofmængden som uafhængig variabel steg korrelationskoefficienten, og der var svag signifikans, når det ekstreme år 1983 ikke var med i beregningerne. Den multiple korrelationskoefficient var forholdsvis høj (0,80), når N-procenten, tørstofmængden og tilgængeligt-N var uafhængige variable.

Tabel 4.5 Korrelationskoefficient (r^2 , multiple R^2) ved regressionsanalyse mellem gødningsbehov og forskellige N-parametre ved stadium 4.

	<u>alle år</u>	<u>-1983</u>
% NO_3 -N (i plantetop)	0,03	0,03
% N (i plantetop)	0,09	0,10
N_j (kg NO_3 -N + NH_4 -N i 0-40 cm)	0,06	0,14
ppm NO_3 (i nederste stængeldel)	0,13	0,16
% N x g tørstof/ m^2	0,35	0,68*
ppm NO_3 x g tørstof/ m^2	0,38	0,66*
% N x N_j x g tørstof/ m^2	0,66*	0,80*

Signifikans: * = 95%

Diskussion

I store træk havde N-strategien samme indvirkning gennem vækstperioden på N-optagelsen og de forskellige N-parametre (N-procenten, NO_3 -koncentrationen, aktiviteten af nitratreduktase og lettilgængeligt-N i jorden). En stigende mængde N-tilført ved fremspiring havde en stigende positiv effekt. Det samme var tilfældet m.h.t. N-tilført ved stadium 4 i perioden efter den 2. N-tilførsel.

Ved direkte sammenligninger, hvori indgår resultater fra forskellige udviklingstrin og år, var korrelationen imidlertid svag.

Spørgsmålet er hvorvidt N-parametrene er et udtryk for den øjeblikkelige N-optagelse og stofproduktion og/eller et udtryk for udbyttets størrelse.

I 1984 f.eks. var N-procenten, NO_3 -procenten, koncentrationen af NO_3 i plantesaft og aktiviteten af nitratreduktase (aktuel og potentiel) i perioden efter den 2. N-tilførsel (1. halvdel af juni) større end i 1985. Det samme var tilfældet for N-optagelsen og stofproduktionen (jf. kap. 2). Dette antyder således, at disse N-parametre afspejler størrelsen af N-optagelsen/stofproduktion. Men da den forholdsvis lille N-optagelse og stofproduktion i 1985 synes at være en klimaeffekt (jf. kap. 2) og ikke en effekt af manglende N-forsyning, og da begge dele senere (sidste halvdel af juni) bliver forholdsvis højere end i 1984, synes det tvivlsomt, at udnytte N-parametre som et udtryk for udbyttets størrelse.

Forsøg med styring af mængden af den 2. N-tilførsel ud fra N-optaget i plantetop og lettilgængeligt-N i jorden viste, at den valgte metode ikke var tilstrækkelig. Især synes lettilgængeligt-N i jorden at være tillagt for stor vægt. Dette bevirkede, at N-tilførslen blev for lav i 1984, hvor der ved stadium 4 var en del lettilgængeligt-N i jorden.

Ved delt-N (især ved 40 og 60 N ved fremspiring) var koncentrationen af nitrat og aktiviteten af nitratreduktase meget lav ved stadium 4. Dette bevirker, at disse parametre ikke synes anvendelige som styringsredskab ved delt N. Den højeste korrelation mellem N-gødningsbehov og de målte N-parametre ved stadium 4 fandtes, når N-procenten, toptørstofmængden og lettilgængeligt-N var afhængige variable ($R^2=0,80$, tabel 4.5). I et kontrolleret forsøg synes dette at være for svag en sammenhæng. Når der ikke er stærkere sammenhæng, kan det skyldes den tidligere omtalte klimaeffekt. Desuden afspejles jordens mineraliseringssevne muligvis ikke tilstrækkeligt i måleparametrene.

Resumé

Nitratkoncentrationen i toptørstof og i udpresset plantesaft viste nær samme forløbsmønster gennem vækstperioden - der var imidlertid kun en svag korrelation ($r^2=0,61$). Nitratkoncentrationen i plantesaften var højere i nederste stængedel end i hele planten.

Den aktuelle aktivitet af nitratreduktase og nitratprocenten havde et meget sammenfaldende forløb.

Forsøg med styring af den 2. N-tilførsel ud fra N-mængden i plantetop og lettilgængeligt-N i jorden ved stadium 4 viste, at den valgte metode ikke kunne angive gødningsbehovet tilstrækkeligt nøjagtigt.

Der var en høj korrelation ($R^2=0,96$) mellem kerneudbyttet ved éngangsgødskning og N-procenten samt toptørstofmængden ved stadium 4. Der var derimod en betydelig ringere sammenhæng mellem forskellige N-parametre ved stadium 4 og gødningsbehovet i delt-N. I år med god plantebestand fandtes højeste korrelation, når toptørstofmængden, N-procenten og lettilgængeligt-N i jorden var afhængige variable ($R^2=0,80$).

Resultaterne kunne ikke underbygge en direkte anvendelse af N-parametre ved stadium 4 som eneste styringsredskab for N-gødskning.

Litteratur

- Addiscott, T.M.** 1983. Kinetics and temperature relationships of mineralization and nitrification in Rothamsted soils with differing histories. J. Soil Sci. 34, 343-353.
- Andersen, M.N.** 1985. Planternes tørkeresistens, rodudvikling og vandforråd på sandjord. Tidsskr. Planteavl 89, 155-156, Beretning nr. S 1775.
- Andersen, C., Eiland F. & Vinther, F.** 1983. Økologiske undersøgelser af jordbundens mikroflora og fauna i dyrkningssystemer med reduceret jordbehandling, vårbyg og efterafgrøde. Tidsskr. Planteavl 87, 257-296.
- Anonym,** 1971. Sengødsning med kvælstof til byg ved forskellig kvælstofgrundgødning. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 990.
- Austin, R.B.** 1984. Dry matter production and crop yield-genetic constraints. I: Reference Book, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK, "The nitrogen Requirement of Cereals", 41-50.
- Bennetzen, F.** 1978. Vandbalance og kvælstofbalance ved optimal planteproduktion. 2. Teknik og metoder. Tidsskr. Planteavl 82, 173-189.
- Becker, F.A. & Lang, V.** 1982. Standortvergleiche zur N-Frühjahrsdüngung des Wintergetreides nach der N_{min} -Methode. Z. Acker- und Pflanzenbau 151, 459-473.
- Biscoe, P.V. & Willington, V.B.A.** 1984. Environmental effects on dry matter production. I: Reference Book, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK, "The Nitrogen Requirement of Cerals", 53-65.
- Brouwer, R.** 1962. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. Neth. J. agric. Sci. 10, 399-408.

- Campbell, C.A. & Davidson, H.R.** 1979 I. Effect of temperature, nitrogen fertilization and moisture stress on growth, assimilate distribution and moisture use by manitou spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 59, 603-626.
- Campbell, C.A. & Davidson, H.R.** 1979 II. Effect of temperature, nitrogen fertilization and moisture stress on yield, yield components, protein content and moisture use efficiency of manitou spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 59, 963-974.
- Chaturvedi, G.S., Aggarwall, P.K., Singh, A.K., Joshi, M.G. & Sinha, S.K.** 1981. Effect of irrigation on tillering in wheat, triticales and barley in a water-limited environment. *Irrig. Sci.* 2, 225-235.
- Christensen, N.W. & Killorn, R.J.** 1981. Wheat and barley growth and N fertilizer utilization under sprinkler irrigation. *Agron. J.* 73, 307-312.
- Donohue, S.J. & Brann, D.E.** 1984. Optimum N concentration in winter wheat grown in the coastal plain region of Virginia. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 15, 651-661.
- Duffus, C.M.** 1979. Starch synthesis and grain growth. I: Spiertz, J.H.J. & Kramer, Th. (eds.): *Crop physiology and cereal breeding*, 45-49.
- Eason, D.L.** 1984. The timing of nitrogen application for spring barley. *J. agric. Sci.* 102, 673-678.
- Evans, L.T. & Wardlaw, I.F.** 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. in Agron.* 28, 301-359.
- George, B.J. & Skinner, R.J.** 1984. Determining the nitrogen requirements for winter wheat using an experiment of Simplex design. I: Reference Book, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK, "The Nitrogen Requirement of Cereals", 183-190.
- Gregersen, A.** 1980. Kvælstofgødning med vandingsvand. *Ugeskrift for Jordbrug* 21, 551-553.

- Gregersen, A. & Hejlesen, E.** 1983. Kvälstof i vandingsvandet til byg. Tidsskr. Planteavl 87, 141-151.
- Gregersen, A. & Hejlesen, E.** 1985. Vand og kvälstof til vinterhvede på sandjord. Tidsskr. Planteavl 89, 231-240.
- Görlitz, H., Müller, S., Krause, O., Witter, B. & Wackernagel, R.** 1983. Gebietsbezogene Aussagen zur Korrektur der ersten N-Gabe zu Wintergetreide auf der Grundlage der Untersuchung des anorganischen Stickstoffs im Boden bei Vegetationsbeginn. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., 27, 161-167.
- Hart, P.B.S., Goh, K.M. & Ludecke, I.E.** 1979. Nitrogen mineralisation in fallow and wheat soils under field and laboratory conditions. N.Z. J. Agric. Res. 22, 115-125.
- Heidam, N.Z.** 1983. EMEP Bulletin 1981. Miljøstyrelsens Luftforureningslab. A-77.
- Heidam, N.Z.** 1985. EMEP Bulletin 1982. Miljøstyrelsens Luftforureningslab. A 97.
- Hejlesen, E. & Gregersen, A.** 1986. Vanding og kvälstofgødskning af vinterbyg på grovsandet jord. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1855.
- Hunt, R.** 1982. Plant growth curves. E. Arnold ISBN, 248 pp.
- Højmark, J.V. & Fogh, H.Th.** 1977. Nedvaskning af kvälstof og eftergødskning af byg på sandjord 1977. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1382.
- Iversen, K.** 1942. Forsøg med udbringning af kvälstofgødning ad een eller to gange. 1927-36. Tidsskr. Planteavl 47, 326-337.
- Jagnow, G.** 1983. Relations between aerobic heterotrophic, nitrate reducing,

denitrifying and nitrogen fixing bacteria, nitrogenase activity, soil moisture and nitrogen fertilization in soil and rhizosphere of field-grown wheat and barley. *New Trends in Soil Biology*, 225-235.

Jenkinson, D.S., Fox, R.H. & Rayner, J.H. 1985. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen - the so-called "priming" effect. *J. Soil Sci.* 36, 425-444.

Johansson, W. 1974. Beräkning av vatteninnehåll och vattenomsättning i odlad jord med ledning av meteorologiska data. Särtryk ur *Grundförbättring 1970 och 1973/74*, 153 pp.

Kallsen, C.E., Sammis, I.W. & Gregory, E.J. 1984. Nitrogen and yield as related to water use of spring barley. *Agron. J.* 76, 59-64.

Kjellerup, V. 1983. Kvælstofgødskning, samlet eller delt. I: Kvælstof og planteproduktion. Hansen J. & Kyllingsbæk A. (eds.). *Tidsskr. Planteavl* 87, 427-428, Beretning nr. S 1669, 62-66.

Klausen, P.S. 1984. Stigende mængder kvælstof til vinterbyg, udbragt ad én eller flere gange. *Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1786*.

Kyllingsbæk, A. 1984. Kvælstofgødskningens indflydelse på bygplanters skududvikling. *Tidsskr. Planteavl* 88, 479-488.

Lee, R.B. & Rudge, K.A. 1986. Effects of nitrogen deficiency on the absorption of nitrate and ammonium by barley plants. *Ann. Bot.* 57, 471-486.

Lindén, B. 1979. Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. *Inst. för Markvetenskap, Rapport 122*.

Matzel, W., Lippold, H. & Heber, R. 1979. Nitrogen uptake and balance of the fertilizers urea, urea with urease inhibitor, and ammonium nitrate applied to spring wheat at stem elongation growth stage. *IAEA-SM-235/9*, 67-82.

- Müller, S. & Ansorge, H.** 1981. Erfahrungen bei der Berücksichtigung des Gehaltes an anorganischen Stickstoff im Boden bei der Bemessung der 1. N-Gabe zu Wintergetreide in der DDR. Arch. Acker - u. Pflanzenbau u. Bodenk. 5, 293-299.
- Myers, R.** 1984. A simple model for estimating the nitrogen fertilizer requirement of a cereal crop. Fertil. Res. 5, 95-108.
- Neeteson, J.J., Greenwood, D.J. & Habets, E.J.M.H.** 1986. Dependence of soil mineral N on N-fertilizer application. Plant and Soil 91, 417-420.
- Nielsen, N.E.** 1980. Forløbet af rodudvikling, næringsstofoptagelse og stofproduktion hos byg, dyrket på frugtbart morænelerjord. KVL, Meddelelse nr. 1119, 46 pp.
- Nielsen, J.M. & Friis-Nielsen, B.** 1976. Evaluation and control of the nutritional status of cereals. III. Methods of diagnosis and yield prognosis. Plant and Soil 45, 647-658.
- Nielsen, N.E. & Jensen, H.E.** 1986. The course of nitrogen uptake by spring barley from soil and fertilizer nitrogen. Plant and Soil 91, 391-395.
- Nørlund, I., Gottschau, A. & Thorhauge, K.** 1985. The dynamics of nitrogen under field grown spring barley as affected by nitrogen application, irrigation and undersown catch crops. Afd. for Planternes Ernæring, KVL, Meddelelse nr. 1129.
- Okereke, G.U. & Meints, V.W.** 1985. Immediate immobilization of labeled ammonium sulfate and urea nitrogen in soils. Soil Sci. 140, 105-109.
- Olsen, C.C.** 1979. Kvælstofgødsning til vinterhvede i kornrige sædskifter. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1494.
- Olsen, C.C. & Larsen, K.E.** 1984. Kvælstof til vinterhvede, éngangs - eller delt udbringning. Tidsskr. Planteavl 88, 243-256.

- Schmidt, E.L.** 1982. Nitrification in soil. I: Stevenson, F.J. (ed.): Nitrogen in Agricultural Soils, Agronomy Nr. 22, 253-288.
- Schreiber, H.A. & Stanberry, C.O.** 1965. Barley production as influenced by timing of soil moisture and timing of nitrogen application. Agron. J. 57, 442-445.
- Simán, G.** 1974. Nitrogen status in growing cereals. The Royal Agricultural College of Sweden, 93 pp.
- Simán, G. & Linnér, H.** 1980. Styring av stråsådesgrödans kärnavkastning och proteinhalt genom kvävegödsling efter växtanalys och genom bevattning. Inst. för Markvetenskap, Uppsala, Rapport 126.
- Skriver, K.** 1984. Kvælstofholdige gødninger. Oversigt over Landsforsøgene 1983, 142-159.
- Skriver, K.** 1985. Kvælstofholdige gødninger. Oversigt over Landsforsøgene 1984, 71-91.
- Skriver, K.** 1986. Udbringningstider for kvælstofgødning. Oversigt over Landsforsøgene 1985, 87-91.
- Spiertz, J.H.J.** 1977. The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. Neth. J. agric. Sci. 25, 182-197.
- Spiertz, J.H.J.** 1979. Weather and nitrogen effects on rate and duration of grain growth and on grain yield of wheat cultivars. I: Spiertz, J.H.J. & Kramer, TH. (eds.): Crop physiology and cereal breeding, 60-64.
- Srivastava, H.S.** 1980. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. Phytochemistry 19, 725-733.

- Standford, G., Frere, M.H. & Schwaninger, D.H. 1973. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization. Soil Sci. 115, 321-323.
- Søegaard, K. 1984. Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. Tidsskr. Planteavl 88, 140-146, Beretning nr. S 1704.
- Sørensen, L.H. 1982. Mineralization of organically bound nitrogen in soil as influenced by plant growth and fertilization. Plant and Soil 65, 51-61.
- Thorne, G.N. 1974. Physiology of grain yield of wheat and barley. Rothamsted Report for 1973, 5-25.
- Vos, J. 1979. Effects of temperature and nitrogen on carbon-exchange rates and on growth of wheat during kernel-filling. I: Spiertz, J.H.J & Kramer, Th. (eds.): Crop physiology and cereal breeding, 80-89.
- Welbank, P.J., Gibb, M.J., Taylor, P.J. & Williams, E.D. 1974. Root growth of cereal crops. Rothamsted Exp. Station. Report for 1973, Part 2, 26-66.
- Østergaard, H.S., Hvelplund, E.K. & Rasmussen, D. 1983. Kvælstofprognoser. Landskontoret for Planteavl, 200 pp.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsforsøg

Sekretariatet

Statens Planteavlskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	02 85 50 57
Informationstjenesten, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	02 87 53 27
Dataanalytisk Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	02 87 06 31
Sekretariatet for Sortsafprøvning, Tystofte, 4230 Skælskør	03 59 61 41
Statens Bisygdomsnævn, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	02 85 62 00
Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng	06 65 25 00

Landbrugscentret

Statens Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	02 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	03 97 53 10
Statens Biavlsforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	02 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønhave, 6400 Sønderborg	04 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Tylstrup, 9380 Vestbjerg	08 26 13 99
Statens Forsøgsstation, Tystofte, 4230 Skælskør	03 59 61 41
Afdeling for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng . . .	06 65 25 00
Statens Forsøgsstation, Borris, 6900 Skjern	07 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Silstrup, 7700 Thisted	07 92 15 88
Statens Forsøgsstation, Askov, 6600 Vejen	05 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Lundgård, 6600 Vejen	05 36 01 33
Statens Forsøgsstation, 6280 Højer	04 74 21 04
Statens Forsøgsstation, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	04 64 83 16
Statens Planteavls-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	02 87 06 31
Centrallaboratoriet, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng	06 65 25 00

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	09 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	09 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	09 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Hornum, 9600 Års	08 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	02 87 25 10
Institut for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	02 87 25 10
Planteværnsafdelingen på »Godthåb«, Låsbyvej 18, 8660 Skanderborg	06 52 08 77
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	03 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	03 58 63 00