

Nitratinnholdet i gras ved stigende nitrogengjødsling.

Enkelte resultater fra nyere granskinger med høsting på ulike utviklingstrinn.

Av Hans Øyvind Torp og Ragnar Bærug
Institutt for jordkultur, Norges landbrukshøgskole

Innledning

Mengden av nitrogen brukt til eng har økt sterkt de siste 20 år. Dette har sammenheng med rimelige gjødselpriker, intensiv drift med flere høstinger pr. år og overgang til kløverfattig eller kløverfri eng. Det er i en rekke forsøk klart dokumentert at graseng kan gi store avlinger med høyt proteininnhold, forutsatt tidlig høsting og tilstrekkelig sterk gjødsling.

Denne driftsformen vil imidlertid også ha konsekvenser for innholdet av mineraler og nitrat i fôret. Utsjalling av kløver fører til et lavere innhold av kalsium og magnesium, mens innholdet av nitrat vil stige med økende gjødsling med nitrogen. Lavt innhold av kalsium og magnesium og høyt innhold av nitrat er ugunstig ut fra et fôringsmessig synspunkt. En betydelig svingning i fôrets innhold både av disse og andre stoffer er imidlertid normalt, og medfører neppe uheldige konsekvenser. Det er først når innholdet blir særlig lavt, (Ca og Mg) eller særlig høyt ($\text{NO}_3\text{-N}$), at det kan ha betydning for dyrenes helsetilstand. I denne beretningen er det gitt en oversikt over virkningen av ulik gjødselstyrke, og i noen tilfelle også ulik alder på plantene ved høsting, på innholdet av nitrat. Det meste av grunnlagsmaterialet skriver seg fra forsøk på Sør-Østlandet, men det er også materiale fra Vestlandet, i samband med hovedoppgaver utført av studenter ved Norges landbrukshøgskole.

Første del av arbeidet er stilt sammen og bearbeidet av Bærug, mens materialet fra Øsaker, vedrørende nitrogengjødsling til ulike grasarter høs-

tet på utviklingstrinn fra beitestadiet til vanlig utviklingsstadium for høyslått, er bearbeidet av Torp.

Helseskader hos stôrfe på grunn av høyt nitratinnhold i fôret.

Plantene kan ta opp nitrogen i form av nitrat, ammonium og som enklere uorganiske forbindelser. Nitrat og ammonium er de helt dominerende former av nitrogenforbindelser i de handelsgjødselslag som brukes i vårt land. I husdyrgjødsel vil en stor del av nitrogenet være bundet i organiske forbindelser. Dette nitrogenet vil imidlertid gradvis bli omdannet til enklere uorganiske forbindelser før plantene tar det opp. Forutsatt rimelig tilgang på vann og luft, vil både nitrogen i husdyrgjødsel og ammonium tilført i handelsgjødsel relativt raskt bli omdannet (oksydert) til nitrat i jorda. Opptaket av nitrogen i plantene skjer derfor for en stor del i form av nitrat (NO_3^-).

Inne i plantene blir nitrattet omdannet (reduisert) til ammoniakk (NH_3), som sammen med enkle organiske forbindelser (ketosyrer) er utgangspunktet for dannelsen av aminosyrer og protein. Ved god vekst og godt tilpasset nitrogengjødsling vil nitrattet raskt bli redusert, og vi finner da lavt nitratinnhold i plantene. Ved sterkere overdosering med nitrogen, eller dersom veksten er hemmet, kan det skje en opphopning av nitrat i plantene.

Et høyt nitratinnhold i fôret kan føre til helseskader hos stôrfe og sau, ofte betegnet som nitratforgiftning. Nitrat vil i magesekken hos stôrfe og sau bli redusert til nitritt. Dette kan tas opp

i blodet, og fører der til at hemoglobinet omdannes til methemoglobin. Hemoglobinet transporterer oksygen rundt i kroppen. Det er funnet i undersøkelser i Nederland (Kemp et al. 1978), at dersom 50 prosent eller mer av hemoglobinet er omdannet til methemoglobin vil oksygentransporten være så sterkt nedsatt at dyrene blir sjuke og ofte dør. Symptomer i form av fargeforandringer på slimhinner kan oppetre om bare 20 prosent av hemoglobinet er omdannet.

Kemp et al. (1977) fant en meget sterk sammenheng mellom nitrittinnholdet i magesaft og methemoglobininnholdet i blodet. Beregnet ut fra opptaket av nitrat var konklusjonen at methemoglobininnholdet var uforandret så lenge nitratopptaket ikke var større enn ca. 1 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. 100 kg kroppsvekt pr. føring. Risikoen for nitratforgiftning økte sterkt om opptaket kom opp i 3,5 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. 100 kg.

Beregnet ut fra et fôropptak på 1 kg grastørrstoff pr. 100 kg kroppsvekt pr. føring, vil det etter dette ikke foreligge noen risiko om nitratinnholdet er ca. 0,10 % $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoffet. Risikoen for nitratforgiftning vil under de samme forutsetninger være betydelig om innholdet overstiger 0,35 % $\text{NO}_3\text{-N}$. Denne tallverdien er også tidligere antydnet av Wright and Davison (1964), som skriver at grønnfôr med så høyt nitratinnhold bør blandes med andre, nitratfattige fôrmidler for å forebygge forgiftning.

Både innholdet av nitrat, mengden av grovfôr som konsumeres, hastigheten av fôropptaket og tilleggsfôret har betydning for forgiftningsfaren. I Nederland er angrepene særlig kommet etter føring med rotvekster og raps, men har også vært ganske vanlige etter føring med nitratrikt høy eller grasensilasje. Angrep har også forekommet etter føring med friskt gras. Det er derimot

sjelden funnet nitratforgiftning hos storfe på beite.

Siden gras utgjør en så stor del av fôret til storfe her i landet, vil innholdet av nitrat være av betydelig interesse. Analyser av nitrat har derfor gått inn som en del av analyseprogrammet i flere forsøksprosjekter i seinere tid. Gjødsmengdene som er prøvd i disse forsøkene ligger på samme nivå, og delvis høyere enn det som anbefales som økonomisk riktig gjødsling. Høstetiden har også vært tilpasset dagens situasjon, da mye av graset blir høstet omkring begynnende skyting av timotei/engsvingel. I enkelte forsøk har høstingen foregått så tidlig at det tilsvarende beitestadiet.

Stigende mengder nitrogen eller husdyrgjødsel til et blandet grasbestand.

Forsøk på Sør-Østlandet i 1968—75 (Bærug, 1977) viste en klar sammenheng mellom mengden av nitrogengjødning og innholdet av $\text{NO}_3\text{-N}$ i gras.

Ved tilnærmet samme nitrogenmengde (10 kg) var nitratinnholdet høyere ved andre og tredje enn ved første høsting. Dette kan skyldes at ikke all nitrogen fra første gjødsling var brukt opp. Tallene i tabell 1 er middel for 37 felter. Følgende oversikt viser maksimalt nitratinnhold ved de ulike gjødslingsalternativer, og prosentandel av prøvene som hadde nitratinnhold under 0,10 prosent.

Tabellene 1 og 2 viser at det særlig er ved økning fra gjødslingsalternativ 2 til 3, tilsvarende økning fra 24 til 36 kg N pr. dekar årlig, at innholdet av nitrat i plantene har økt ut over 0,10 prosent. Materialet omfatter i alt 400 grasprøver, og timotei og engsvingel var de mest vanlige grasarter. Det er imidlertid ikke skilt mellom grasartene i dette materiale.

I et forsøk i Fræna, Møre og Roms-

Tabell 1. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i grasørrstoff.

Høsting	1.			2.			3.		
N, kg pr. dekar	5	10	15	3,5	7	10,5	3,5	7	10,5
$\text{NO}_3\text{-N}$ %	0,04	0,07	0,13	0,05	0,08	0,15	0,04	0,07	0,14

Tabell 2. Maksimale nitratinnhold ved ulike gjødsling.

Gjødslingsalternativ	Kg N pr. gjødsling	Maksimum % $\text{NO}_3\text{-N}$	Prosent av prøvene med $\text{NO}_3\text{-N}$ under 0,10 %
1.	5 + 3,5 + 3,5	0,17	80
2.	10 + 7 + 7	0,33	80
3.	15 + 10,5 + 10,5	0,47	40

dal, fant Syltebø (1978) følgende tall for nitratinnholdet i graseng, sammenlagt vesentlig av timotei, engrapp og engsvingel. Høsting på silostadiet.

Tabell 3. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i grasørrstoff.

Høsting	Nitrogen-gjødsling, kg N/dekar	% $\text{NO}_3\text{-N}$	
		Middel	Variasjon
1.	5	0,01	0,01—0,02
	10	0,05	0,02—0,14
	15	0,10	0,06—0,16
2.	3,5	0,01	0,01—0,02
	7	0,06	0,02—0,11
	10,5	0,16	0,11—0,21

Tallene viser samme trend som forsøksserien på Østlandet, men innholdet ligger heller litt lavere i Frøna-forsøket. Feltet var her plassert på moldjord.

I en annen undersøkelse på Vestlandet bestemte Øpstad (1978) blant annet innholdet av nitrat i 57 planteprøver, tatt ut omkring skytingsstadiet for gras. Prøvene var tatt ut på ialt 42 steder med til dels store ulikheter i gjødselstyrke. Gruppering etter mengden av lettloelig nitrogen som ble tilført i husdyrgjødsel + handelsgjødsel ga følgende resultater. (Tabell 4).

Tabell 4. Innholdet av $\text{NO}_3\text{-N}$ i grasørrstoff ved stigende mengder husdyrgjødsel + handelsgjødsel.

Kg N pr. dekar $\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$	Antall prøver	% $\text{NO}_3\text{-N}$
Under 15	7	0,12
15—25	12	0,13
Over 25	23	0,16

Sammenhengen mellom gjødselstyrken og nitratinnhold var også her tydelig. Innholdet av nitrat var relativt høyt, særlig ved sterkeste gjødsling. Høyeste registrerte verdi var 0,40 % $\text{NO}_3\text{-N}$. Alle prøver ble tatt ut omkring tidspunktet for 1. siloslått. Det går fram av undersøkelsene at ganske mange tilfører husdyrgjødsel både om våren og etter 1. slått. I slike tilfelle er det fare for enda høyere innhold av nitrat ved 2. slått, særlig om det brukes tilskudd av handelsgjødsel ved siden av husdyrgjødsel.

Stigende mengder nitrogen eller handelsgjødsel til ulike grasarter.

I Øpstads undersøkelse er enkelte grasarter i noen tilfelle skilt ut, og analysert for seg. Tabell 5 viser resultatene for en del grasarter høstet på ulike steder, og med varierende gjødselmengder. Resultatene gir en pekepinn om nitratinnhold som kan finnes

i ulike grasarter, men er usikre når det gjelder rangering av grasartene etter nitratinnholdet.

Tabell 5. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff av ulike grasarter.

Art	Antall prøver	% $\text{NO}_3\text{-N}$
Engrevhale	2	0,07
Timotei	5	0,08
Markrapp	13	0,15
Strandrør	8	0,17
Hundegras	5	0,19
Engsvingel	5	0,19

På en del felter er det gjort parvise sammenligninger av grasarter. Resultatene vil da gi en god sammenligning av artenes evne til å samle nitrat.

Forskjellen mellom timotei og engsvingel var her svært stor. Resultatene for strandrør kan ikke direkte sammenlignes med tallene for de mest brukte enggras, men det synes som om strandrør ligger nærmere engsvingel og hundegras enn timotei, med hensyn til nitratinnhold.

En mer nøyaktig sammenligning av

Art	Markrapp	Strandrør	Timotei	Engsvingel
Antall prøver	5	5	4	4
% $\text{NO}_3\text{-N}$	0,14	0,17	0,09	0,23

nitratinnholdet i ulike grasarter ble foretatt av Stubhaug (1977). Artene ble

høstet samtidig, men var da på noe ulikt utviklingsstrinn.

Tabell 6. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff av ulike grasarter.

Art	Utviklingsstrinn i forhold til begynnende skyting	Kg N/dekar			Middel
		10	15	20	
Rødsvingel	2 dager etter	0,01	0,02	0,09	0,04
Engrapp	5 dager etter	0,02	0,03	0,16	0,07
Timotei	1 uke før	0,02	0,05	0,14	0,07
Hundegras	2 dager etter	0,02	0,07	0,18	0,09
Engsvingel	Ved begynnende skyting	0,02	0,08	0,24	0,11
Middel		0,02	0,05	0,16	0,08

Engsvingel og hundegras hadde også i dette forsøket høyere nitratinnhold enn timotei. Det var imidlertid ingen artsforskjeller ved svakeste gjødsling. Det var svært tørt i 1976 da forsøket ble gjennomført, og derfor trolig ikke full effekt av tilført gjødsel. Andre slått var sterkt tørkeskadet, og resultatene fra denne er derfor ikke tatt med. Det kan imidlertid nevnes at nitratinnholdet da var høyst for hundegras, men ellers lå på et lavt nivå for de andre artene.

Ulike slåttetider og nitrogengjødsling til forskjellige grasarter.

På Øsaker forsøksgard i Østfold ble det i årene 1970—72 utført et slåtte-

tids- og gjødslingsforsøk med 4 grasarter i reinbestand og en frøblanding. Hans Stabbetorp har anlagt og vært ansvarlig for gjennomføring av forsøket. Følgende arter var med i forsøket:

Timotei (Forus).

Bladfaks (Canadisk).

Engsvingel (Løken).

Hundegras (Dansk).

45—45—10 (45 % Forus tim., 45 % Løken engsv., 10 % rødkløver).

Slåttetidene var omtrent de samme i alle tre årene, og går fram av oppstillingen nedenfor.

På ledd I ble det tatt 5 høstinger og på III 4 høstinger i 1970. Tidspunktet for høsting ved 1. slått ble forsøkt fordelt med en ukes mellomrom mel-

Utviklings- trinn ved 1. slått	Høste- tids- ledd	1. slått	2. slått	3. slått	4. slått	
Beitestadium	I	24/5	22/6	30/7	24/9	(25/8 og 7/10 i 1970)
Beite/silo	II	31/5	10/7	9/8	21/9	
Silostadium	III	7/6	23/7	24/9		(25/8 og 7/10 i 1970)
Silo/høy	IV	15/6	27/7	21/9		
Høystadium	V	22/6	28/7	21/9		

lom leddene I—V. For ledd I var tidspunktet for 1. slått beitestadiet, mens ledd III ble høstet på silostadiet og ledd V på høystadiet. Leddene II og IV ble høstet i tidsrommene mellom de nevnte hovedstadier. Alle senere høstinger ble utført når graset var på beite- eller silostadiet.

I gjødslingsplanen inngikk 3 gjødselmengder. Fordelingen går fram av oppstillingen nedenfor.

For å oppnå like store gjødselmengder (18, 28 og 38 kg N pr. dekar) på årsbasis, ble det etter hver høsting noe forskjellig gjødselmengde for I og II

Gjødslingsledd	Kg N pr. dekar		
	a	b	c
Våren	6	12	18
Etter 1., 2. og 3. slått (Ledd I og II)	4	5 $\frac{1}{3}$	6 $\frac{2}{3}$
Etter 1., 2. slått (Ledd III, IV og V)	6	8	10
Sum pr. år	18	28	38

sammenlignet med III, IV og V, på grunn av ulikt antall høstinger.

Det ble brukt en forsøksplan med gjødsling på storrutene og slåttetider på smårutene. Grasartene lå på hver sine blokker, men forholdene på feltet var så jamne at en neppe gjør store feil ved å sammenligne artene.

Det er i de følgende drøftinger bare tatt med en del av de viktigste resultater for nitratanalyser av plantene.

Resultater

Ved nitratanalyser av graset fra feltet på Øsaker viste det seg at det var en klar økning i nitratinnholdet med stigende nitrogen gjødsling. Ledd III viste følgende verdier for NO₃-N, i middel for 3 forsøksår.

Økningen i nitratinnhold varierte noe mellom grasartene. Timotei viste minst

Tabell 7. Prosent NO₃-N i tørrstoff ved økende N-gjødsling. Middell for 3 år med 3 høstinger årlig (Ledd III).

Kg N pr. dekar og år	18	28	38
Timotei	0,03	0,04	0,11
Bladfaks	0,05	0,10	0,22
Engsvingel	0,03	0,08	0,17
Hundegras	0,03	0,07	0,15
45—45—10	0,06	0,18	0,32
Middell	0,04	0,09	0,19

økning i innhold av NO₃-N, mens blandingsenga samt bladfaks hadde sterkest økning i nitratinnhold ved stigende gjødselmengde. Engsvingel og hundegras lå i en mellomstilling.

Nitrogenmengdene var om våren like store for alle høsteledd (I—V), det er derfor mulig å undersøke hvilken betydning utviklingsstadiet (alderen) har for nitratinnholdet i plantene. I tabell

8 er nitratinnholdet ved 1. slått for de ulike grasartene ført opp på beitestadiet, silostadiet og høystadiet. Verdiene er middel for tre forsøksår.

I middel for grasartene var det tilnærmet lik stigning i nitratinnholdet

på beite- og silostadiet ved økt gjødsling. Gras som ble høstet på stadiet for høyslått hadde lavere innhold og svakere økning i nitratinnholdet. Ved høsting på beitestadiet hadde timotei og bladfaks de laveste $\text{NO}_3\text{-N}$ verdiene,

Tabell 8. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff ved økende N-gjødsling, 1. slått. Middell for 3 år.

Utviklingstrinn Kg N pr. dekar om våren	Beitestadium (I)			Silostadium (III)			Høystadium (V)		
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
Timotei	0,03	0,07	0,18	0,03	0,06	0,16	0,02	0,05	0,08
Bladfaks	0,04	0,09	0,17	0,04	0,09	0,21	0,04	0,06	0,10
Engsvingel	0,03	0,12	0,23	0,03	0,08	0,21	0,02	0,04	0,11
Hundegras	0,06	0,15	0,27	0,04	0,13	0,26	0,04	0,07	0,18
45—45—10	0,05	0,11	0,20	0,06	0,15	0,29	0,03	0,08	0,20
Middel	0,04	0,11	0,21	0,04	0,10	0,23	0,03	0,06	0,13

mens engsvingel og særlig hundegras hadde relativt høye verdier. Blandingsenga lå her i en mellomstilling. På silostadiet var fortsatt innholdet av $\text{NO}_3\text{-N}$ lavest for timotei på alle gjødseltrinn. Hundegras og blandingseng hadde relativt høye verdier. På høystadiet var det små forskjeller mellom timotei, bladfaks og engsvingel. Heller ikke hundegraset og blandingsenga skilte seg særlig fra de andre på de to laveste gjødseltrinnene, men ved gjødsling med 18 kg N pr. dekar om

våren var fortsatt innholdet av $\text{NO}_3\text{-N}$ noe høyere for hundegras og blandingseng.

Tallene i tabell 8 viser ellers klart at økning av nitrogenmengden fra 6 til 12 kg gir en vesentlig mindre stigning i nitratinnholdet enn økning fra 12 til 18 kg.

Innholdet av nitrat varierte til dels sterkt mellom forsøksårene. Tallene i tabell 9 er framkommet ved beregning av gjennomsnittet for alle høstinger ved midlere gjødselmengde (28 kg N).

Tabell 9. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff ved midlere nitrogen gjødsling (28 kg N). Middell for alle høstinger.

År	1970	1971	1972
Timotei	0,08	0,04	0,06
Bladfaks	0,28	0,07	0,04
Engsvingel	0,13	0,06	0,02
Hundegras	0,11	0,06	0,03
45—45—10	0,16		
Middel	0,15	0,06	0,04

Innholdet av $\text{NO}_3\text{-N}$ var mye høyere i første forsøksår (1970) enn i de to påfølgende år. Bladfaks hadde særlig høyt innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$ i 1970, mens det hos timotei var lave verdier. Blandingseng, engsvingel og hundegras hadde verdier på midlere nivå. I andre

engåret (1971) var forskjellene ubetydelige, og alle grasartene hadde lavt nitratinnhold. Timoteien hadde fortsatt det laveste innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$. I 1972 hadde timoteien en liten økning i innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$, mens de andre grasartene lå svært lavt. De store forskjell-

lene mellom første engåret og de to siste kan for en del komme av at plantene i 1970 under etableringen ikke greide å nytte ut de store mengder nitrogen som var tilgjengelig fra våren av. De fikk derfor særlig sterk nitrogentilgang seinere i vekstperioden. I de påfølgende årene var plantene etablert og kunne stort sett omdanne det nitrat som ble tatt opp av plantene. Det var således ikke faretruende høye verdier av $\text{NO}_3\text{-N}$ i 1971 og 1972, og det er derfor ikke tatt med flere analysetall fra disse årene.

De klimatiske forholdene varierte også fra år til år i forsøksperioden,

og har utvilsomt hatt innvirkning på nitratinnholdet i plantene. Forsommeren 1970 var varm og tørr, og dette førte til små avlinger ved første slått. I 1971 kom det bra med regn første delen av veksttiden, mens det var tørt på ettersommeren. Året 1972 hadde mye regn gjennom hele vekstsesongen, og avlingene ble meget store.

Ved svakeste gjødsling i 1970 var det ikke urovekkende høye verdier av $\text{NO}_3\text{-N}$ hos noen av grasartene, men på mellomste og største N-trinn forekom enkelte svært høye verdier, noe som framgår av tabell 10 og tabell 11.

Tabell 10. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff ved midlere nitrogen gjødsling (28 kg N) 1970.

	Høstetids- ledd	1.	2.	Høsting 3.	4.	5.
Timotei	I	0,06	0,06	0,23	0,18	0,04
	II	0,05		0,14	0,04	
	III	0,04		0,06	0,03	
	IV	0,05		0,04		
	V	0,06	0,15	0,08		
Bladfaks	I	0,09	0,11	0,54	0,45	0,05
	II	0,11	0,18	0,64	0,22	
	III	0,16	0,37	0,27	0,05	
	IV	0,09	0,50	0,22		
	V	0,08	0,57	0,42		
Engsvingel	I	0,06	0,05	0,17	0,18	0,02
	II	0,10	0,15	0,30	0,08	
	III	0,09	0,24	0,19	0,03	
	IV	0,04	0,29	0,07		
	V	0,05	0,22	0,08		
Hundegras	I	0,20	0,19	0,13	0,08	0,02
	II	0,29	0,09	0,08	0,05	
	III	0,25	0,08	0,09	0,02	
	IV	0,14	0,09	0,07		
	V	0,13	0,13	0,05		
45—45—10	I	0,11	0,10	0,21	0,11	0,03
	II	0,16	0,24	0,21	0,26	
	III	0,15	0,34	0,19	0,03	
	IV	0,14	0,26	0,10		
	V	0,08	0,23	0,08		

Det viste seg at timoteien i 1970 hadde forholdsvis beskjedent innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$, når den ble gjødslet med

28 kg N totalt for året. En betydelig økning av nitratinnholdet ble imidlertid funnet på ledd I ved høsting mel-

lom 25. juli og 25. august. For bladfaks var det generelt høyere verdier, men også her ble det funnet en markert topp. De til dels meget høye verdiene var konsentrert om ledd som ble høstet i tidsrommet 20. juli til 20. september. Engsvingel hadde størst innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$ i samme tidsrom som bladfaks, selv om verdiene lå vesentlig lavere. Blandingsenga fulgte samme mønster som engsvingelen. Hundegraset skilte seg ut fra de andre ved at den hadde det høyeste nitratinhold ved første høsting og ingen markert topp på ettersommeren.

Ved å øke gjødselmengden fra 28 kg N til 38 kg N pr. dekar på årsbasis ble det gjennomgående vesentlig høyere nitratinhold.

Ved sterkeste gjødsling hadde timoteien fortsatt en topp i nitratinhold på ettersommeren, og tidsrommet var

noe forlenget. De svært høye verdiene hos bladfaks ble funnet i samme høstetidsrom som ved midlere gjødsling. Også på dette gjødslingsnivå fulgte engsvingelen bladfaksens mønster, selv om verdiene var lavere. Hundegraset og blandingsenga hadde hele sommeren et ganske høyt innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$, bortsett fra ved siste høsting 7. oktober.

Plantenes høye nitratinhold på ettersommeren skyldes trolig i stor utstrekning nedbørsforholdene. Helt fram til 25. juni var det minimalt med nedbør, og gjødsla lå for en stor del ubrukt. Etter dette tidspunkt kom det jamt med nedbør, og ubrukt gjødsel i jorda ved første høsting kom andre, tredje og til dels fjerde høsting til gode. Hundegraset har tydeligvis greid å nytte gjødsla også i den tørre perioden på forsommeren, slik at det ikke har blitt opphoping av gjødsel mot ettersommeren. Dette forhold går også fram av

Tabell 11. Prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ i tørrstoff ved sterkeste nitrogen gjødsling (38 kg N) 1970.

	Høstetids- ledd	1.	2.	Høsting		
				3.	4.	5.
Timotei	I	0,11	0,06	0,34	0,23	0,12
	II	0,08		0,27	0,23	
	III	0,13		0,20	0,11	
	IV	0,10		0,16		
	V	0,10	0,18	0,16		
Bladfaks	I	0,10	0,16	0,83	0,75	0,14
	II	0,17	0,20	0,83	0,49	
	III	0,19	0,69	0,72	0,12	
	IV	0,11	0,72	0,34		
	V	0,11	0,84	0,55		
Engsvingel	I	0,07	0,08	0,48	0,42	0,06
	II	0,13	0,23	0,46	0,21	
	III	0,17	0,45	0,36	0,07	
	IV	0,07	0,40	0,30		
	V	0,06	0,65	0,29		
Hundegras	I	0,29	0,24	0,32	0,45	0,04
	II	0,32	0,20	0,32	0,14	
	III	0,38	0,25	0,31	0,05	
	IV	0,28	0,34	0,16		
	V	0,28	0,35	0,15		
45—45—10	I	0,20	0,14	0,58	0,42	0,08
	II	0,23	0,24	0,68	0,32	
	III	0,29	0,43	0,44	0,10	
	IV	0,18	0,26	0,11		
	V	0,20	0,50	0,24		

avlingstall fra forsøket (Stabbetorp 1974).

Ved å sammenligne tallene for første høsting i tabellene 10 og 11, ser vi at en gjennomgående har fått stigende verdier for $\text{NO}_3\text{-N}$ fra høsting på beitestadiet (I) fram til høsting på silostadiet (III), mens tallene avtar igjen fram til høsting på høystadiet (V). Denne tendensen skyldes nok også i stor grad nedbørsforholdene i månedene mai og juni.

SAMMENDRAG

Det er i dette arbeidet stilt sammen en del resultater som belyser virkningen av gjødsling og høstetid på nitratinnholdet i gras. Resultatene skriver seg fra undersøkelser og forsøk de siste 10 år, de fleste fra Sør-Østlandet, men det er også en del data fra andre landsdeler.

Resultatene viser at ved høsting på silostadiet har innholdet i grastørrstoff ved 1. slått gjennomgående ligget under 0,10 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ ved gjødsling med 10 kg nitrogen pr. dekar. Ved tilførsel av 24 kg nitrogen pr. sesong, med fordeling 10+7+7 på tre gjødslinger, har også nitratinnholdet i de aller fleste prøvene vært lavere enn 0,10 prosent ved alle høstinger.

Gjødsling med 15 kg nitrogen om våren, fulgt av 10 kg ved seinere gjødslinger har gitt midlere nitratinnhold omkring 0,15 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$, men med betydelig høyere maksimumsverdier.

Ved en kombinasjon av husdyrgjødsel og handelsgjødsel har innholdet i middel ligget omkring 0,15 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$, etter en samlet tilførsel av ca. 25 kg lettloselig nitrogen pr. sesong.

Innholdet av nitrat i gras kan bli svært høyt, når det etter lengre tørke følger en periode med god vannforsyning. Ved en tilførsel av ca. 25 kg nitrogen pr. sesong er det under slike forhold i mange prøver funnet 0,3—0,5 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$. Ved gjødsling med 35—40 kg nitrogen årlig kan innhold i gras på 0,6—0,8 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$ forekomme. Dette gjelder gras høstet på beite eller siloslåttstadiet. Ved høyslått er det sjelden funnet innhold over 0,2 prosent $\text{NO}_3\text{-N}$.

De vanligste enggrasarter viser betydelige ulikheter med hensyn til nitratinnhold. Timotei har hatt klart lavere innhold enn engsvingel, hundegras og blad-

faks. De absolutt høyeste verdiene er funnet i bladfaks. Denne grasarten har også hatt de største svingninger i nitratinnhold. Hundegras synes å ha større evne enn de andre grasartene til å ta opp nitrogen under tørkeforhold. Den har hatt vesentlig høyere nitratinnhold enn timotei, bladfaks og engsvingel i tørkeperioder, men mindre sterke svingninger og ikke så høyt maksimumsinnhold for hele vekstsesongen som bladfaks og engsvingel.

SUMMARY

The influence of fertilizer level and stage of development on the $\text{NO}_3\text{-N}$ content of grass has been investigated in several experiments during the period 1968—75. The levels of nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) applied varied from 35 to 180 kg per ha for each dressing, and from 120 to 380 kg for each season. The number of cuttings were 2—5 per season.

After application of 100 kg nitrogen in the spring the $\text{NO}_3\text{-N}$ content of grass dry matter at the first cutting (early heading) was below 0,10 per cent in most cases. When the nitrogen level was 150 kg per ha, the $\text{NO}_3\text{-N}$ content usually varied between 0,10 and 0,20 per cent.

A total amount of 240 kg nitrogen, applied in three dressings (100+70+70), resulted in $\text{NO}_3\text{-N}$ levels mostly below 0,10 per cent. Application of 360 kg nitrogen, applied in three dressings (150+105+105), resulted in $\text{NO}_3\text{-N}$ content usually between 0,10 and 0,20 per cent, but some values between 0,20 and 0,45 per cent were also recorded.

With regular and sufficient water supply the $\text{NO}_3\text{-N}$ content was usually low at the nitrogen levels tried in these experiments. A long dry period, followed by liberal water supply did, however, result in great variations in the $\text{NO}_3\text{-N}$ values. Most of the grass species had low $\text{NO}_3\text{-N}$ content during the dry period, followed by a marked increase when the water supply improved. The greatest variations in $\text{NO}_3\text{-N}$, and the highest maximum values (0,70—0,80 per cent) were found in *Bromus inermis*. High maximum values were also found in *Festuca pratensis*. The lowest content of $\text{NO}_3\text{-N}$ and least variation over the season had *Phleum pratense*.

Dactylis glomerata accumulated much more $\text{NO}_3\text{-N}$ during a period of low

water supply than did the other grass species. Under variable water supply the uptake of nitrogen was therefore distributed over a longer period in this species.

When cut at the stage of early flowering (for hay), the $\text{NO}_3\text{-N}$ content in all grass species was seldom higher than 0,20 per cent, even at the highest nitrogen level.

LITTERATUR

Bærug, R., 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel til eng på Sør-Østlandet. II. Kjemiske analyser av avlingen. *Forskn.fors.landbr.* 28: 549—574.

Kemp, A., Geurink, J. H. Haalstra, R. T. and Malestein, J. 1977. Nitratgehalt von Grünfutter, Heu und Silage und Nitratvergiftung beim Rindvieh. *Das wirtschaftseigene Futter*, 23: 53—59.

Kemp, A. and Geurink, J. H. 1977. Grassland

farming and minerals in cattle. *Proc. Symposium on Present day Bovine Production*, Gembloux, Belgium.

Kemp, A., Geurink, J. H. Malestein, A. and van 't Klooster, A. Th. 1978. Grassland production and nitrate poisoning in cattle. *Proc. 7. General Meeting of the European Grassland Federation* 9.1—9.15.

Stabbetorp, H. 1974. Forskjellige slåttetider og N-gjødsling til forskjellige grasarter. *Aktuelt fra Landbruksdepartementets Opplysningstjeneste*, Nr. 2, 135—146.

Stubhaug, E. 1977. Verknaden av nitrogengjødning på innholdet av nitrogen, fosfor, kalium, kalsium og magnesium i fem ulike grasarter. *Hovedoppgave, NLH*, 73 s.

Syltebø, O. 1978. Gjødsling og kalking av eng i Fræna kommune. *Hovedoppgave, NLH*, 103 s.

Wright, M. J. and Davison, K. L. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Adv. Agron.*, 16: 197—247.

Øpstad, S. L. 1978. Gjødslingspraksis og innhold av planteneringsstoff i jord og avling på ein del gardsbruk i Fusa herad. *Hovedoppgave, NLH*, 95 s.

Virkningen av noen fysiske og kjemiske faktorer på ammonifikasjon og nitrifikasjon i jord

Av Ingvar Lyngstad, Institutt for jordkultur, NLH

Plantene tar opp nitrogen fra jorda hovedsakelig i uorganisk form, som nitrat og ammonium. På den annen side er mesteparten av det nitrogenet en finner i jorda eller som tilføres i planterester, i organisk form, og derfor i stor grad utilgjengelig for plantene. Frigjøringen av det organisk bundne nitrogenet er av vesentlig betydning for resirkulasjonen av dette næringsstoffet og derfor også for jordas fruktbarhet.

Omdannelsen fra organisk til uorganisk form betegnes gjerne som N-mineralisering, og er en prosess analog til frigjøringen av CO_2 fra karbonholdig materiale ved at næringsstoffene i begge tilfelle frigjøres i uorganisk form. Mineraliseringen resulterer i at en får ammonium og nitrat. Disse forbindelsene refererer seg til to helt forskjellige mikrobiologiske prosesser, nemlig ammonifikasjon, hvor organisk N frigjøres til ammonium, og nitrifikasjon, som omfatter oksydasjon av ammonium til nitrit og nitrat.

Mikrobiologiske prosesser påvirkes av en rekke faktorer i jorda. Ammonifikasjonen utføres av et stort antall heterotrofe mikroorganismer med til dels ulike krav til livsmiljø. Dette innebærer at det vil foregå N-mineralisering i jorda også under mer ekstreme forhold, men omfanget av N-frigjøringen vil i slike tilfelle bli betydelig mindre enn under mer optimale forhold.

Nitrifikasjonen utføres hovedsakelig av de autotrofe bakteriene *Nitrosomonas* og *Nitrobacter*. Disse organismene setter mer bestemte krav til livsmiljø enn den komplekse populasjon av heterotrofe organismer som deltar i nedbrytingen av N-holdig organisk materiale.

Oksygen- og vanninnhold

Ammonifikasjonen foregår både ved hjelp av aerobe og anaerobe organismer, og frigjøringen av N vil derfor fortsette om jorda blir vannmetta. En slik situasjon har en f.eks. ved dyrking av våtmarkris. Når jorda tørker ut, vil