

## Kvælstofudvaskning fra jord dyrket med rajgræs nedbragt på forskellige tidspunkter

*Leaching of nitrogen from soil grown with rye grass incorporated at different times*

ARNE KYLLINGSBÆK

---

### Resumé

Kvælstofudvaskningen fra jord uden og med en rajgræsafgrøde blev undersøgt i karforsøg. Rajgræsafgrøden blev sået i august og nedbragt i jorden på forskellige tidspunkter i løbet af efteråret og det følgende forår.

Udbyttet var næsten konstant, 45-50 g tørstof pr. kar, fra første til sidste nedbringningstidspunkt om efteråret – henholdsvis 29. september og 8. december. Kvælstofindholdet var ca. 1,6 pct. i tørstoffet.

Fra ubevokset jord målt en udvaskning på 1,1 g  $\text{NO}_3^-$ -N pr. kar i perioden fra først i oktober til april næste forår. I samme periode fandtes en ud-

vaskning på 0,06 og 0,01 g  $\text{NO}_3^-$ -N pr. kar efter dyrkning med rajgræs nedbragt henholdsvis 29. september og 13. oktober. Ved alle senere nedbringningstidspunkter var udvaskningen mindre end 0,01 g  $\text{NO}_3^-$ -N pr. kar. Resultaterne viser, at rajgræsafgrøden stort set har været i stand til at tømme jorden for  $\text{NO}_3^-$ -N og endvidere, at der ikke er sket nogen nævneværdig nettofrigørelse af kvælstof ved mikrobiologisk omsætning af rajgræsset i jorden, selv ikke efter de relativt tidlige nedbringningstidspunkter. Hovedårsagen hertil må formentlig søges i, at kvælstofindholdet i det nedbragte plantemateriale var lavt med deraf følgende højt C/N-forhold.

**Nøgleord:** Kvælstofudvaskning, efterafgrøde, rajgræs, karforsøg.

### Summary

In a pot experiment a catch crop of rye grass was incorporated in the soil at different times during the autumn and early spring. The surface of the pots was 950 cm<sup>2</sup> and the volume was 30 litres. The aim of the experiment was to examine the relationship between the time of incorporation of the catch crop and the leaching of nitrogen from the soil.

The yields of rye grass were almost constant during the autumn and the following spring, about 45–50 g of dry matter per pot. The content of nitrogen in dry matter was 1.6 per cent.

From the beginning of October to April the following spring 1.1 g of nitrate nitrogen was leached from pots without catch crops. From pots where a catch crop was grown and incorporated in the soil

29 September and 13 October 0.06 and 0.01 g of nitrate nitrogen were leached respectively.

At all later incorporations (four times in the autumn and twice in April) the leaching was less than 0.01 g  $\text{NO}_3^-$ -N per pot.

Since almost no leaching of nitrogen was found from pots where a catch crop was grown even when the crop was incorporated in the soil as

early as the beginning of October no marked net mineralization seems to have occurred.

A reasonable explanation could be that the content of nitrogen was low, 1.6 per cent N in dry matter, which means that the C/N ratio was too high for a considerable net mineralization of nitrogen. Only a small residual effect of the catch crop was found on a following crop of barley.

**Key words:** Nitrogen, leaching, catch crop, rye grass, pot experiment.

## Indledning

Efterafgrøder nedpløjes oftest om efteråret bl.a. af arbejdsmæssige grunde og for at undgå, at der opstår problemer med at skabe et godt såbed det kommende forår.

Indtil jordtemperaturen om efteråret falder til et niveau, hvor den mikrobiologiske aktivitet går i stå, vil der ske en nedbrydning af efterafgrøden. Dette kan medføre, at det organisk bundne kvælstof i efterafgrøden mineraliseres. Ved mineraliseringen omdannes det organisk bundne kvælstof først til ammonium, som derefter igen omdannes til nitrat. Da nitrat kun i ringe grad fastholdes i jorden, opstår der hermed en fare for, at det dannede nitrat udvaskes af rodzonen, hvorved effekten af efterafgrøden delvis går tabt.

At risikoen er til stede fremgår af undersøgelser med efterafgrøder af gul sennep (6), som blev nedpløjet i november. I perioden indtil april det følgende forår fandtes således en betydelig stigning i jordens indhold af nitratkvælstof.

Ligeledes viser resultater fra forskellige undersøgelser (1, 2, 15), at ompløjning af græsmarker kan medføre en forholdsvis stor kvælstofudvaskning.

I hvor stort et omfang, der sker en nedbrydning af en efterafgrøde om efteråret, vil bl.a. være afhængig af nedbringningstidspunktet, herunder hvor hurtigt jordtemperaturen falder til et niveau, hvor den mikrobiologiske aktivitet i jorden er lille.

I lysimeterforsøg (11) fandtes således en betydelig større kvælstofudvaskning fra hvede efter græs nedbragt sidst i august end fra udyrket jord efter græs nedbragt omkring 1. december. Tilsvarende betydning af nedpløjningstidspunkt for græsmarker er fundet i markforsøg (4).

Formålet med nærværende arbejde var at undersøge det tidsmæssige forløb af kvælstofudvask-

ningen fra en jord dyrket med en efterafgrøde af rajgræs nedbragt på forskellige tidspunkter om efteråret og det følgende forår. Undersøgelsen blev gennemført som karforsøg, hvor nitrat- og ammoniumindholdet i afdræningsvandet blev målt løbende i forsøgsperioden. Det følgende år målt eftervirkningen i vårbyg.

## Materiale og metoder

Der blev anvendt en grov lerblandet sandjord JB 3 fra Trollesminde ved Hillerød, pH 6,5, forfrugt vårraps. Jorden blev blandet grundigt og grundgødet med fosfor, kalium og mikronæringsstoffer samt 0,25 g N pr. kar i  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

Forsøget blev anlagt 1. august 1986 i firkantede kar med et areal på ca. 950  $\text{cm}^2$  og et rumfang på ca. 30 liter. Forsøget omfattede 9 led af 3 fælleskar. Karrene i led 1 var ubevoksede, medens karrene i de øvrige 8 led blev tilsået med alm. rajgræs (Sisu).

I perioden 1. august til 1. oktober blev karrene vejet dagligt og tilførtes vand svarende til 70 pct. af jordens markkapacitet. Den 29. september blev karrene anbragt i en udgravning, således at jorden i karret var i niveau med jorden uden for karret. I perioden 1. oktober til 20. december var karrene overdækket og tilførtes en vandmængde pr. uge svarende til gennemsnitsnedbøren for Sydvestjylland beregnet over en 15-års periode. Fra den 20. december indtil næste forår henstod karrene udsat for den naturlige nedbør.

Til hver af datoerne 29. september, 13. oktober, 27. oktober, 10 november, 24. november og 8. december 1986 samt 2. april og 10. april 1987 blev afgrøden nedbragt i tre bevoksede kar (led 2-9).

Før nedbringningen høstedes og findeltes plantematerialet (ca. 3 cm), hvorefter der blev udtaget prøver til bestemmelse af tørstofudbytte og

kvælstofindhold. Det findelte plantemateriale blev blandet med de øverste 10 cm af jordlaget i karret. Yderligere 5 cm af jordlaget fjernedes, hvorefter jorden iblandet plantemateriale blev placeret i karret. Til slut dækkedes med ovennævnte 5 cm jordlag.

Afdræningen fra det enkelte kar blev opsamlet og målt ugevis dog undtaget perioder, hvor det ikke var muligt på grund af frost. Nitrat og ammoniumindhold i drænvand blev bestemt ved flow injektion, Tecator Fia Star 5020 Analyser.

Indhold af totalkvælstof i plantematerialet blev bestemt ved hjælp af en Kjeldahlmetode med anvendelse af salisylsvovlsyre og en kobber-selen katalysator under destruktionen.

Jordtemperaturen i 15 cm's dybde og lufttemperaturen målt løbende gennem hele forsøgsperioden.

Det følgende forår, sidst i april 1987, blandedes jorden fra de tre fælleskar for hvert forsøgsled. Karrene blev tilført 0,25 g N pr. kar og tilsåedes med byg d. 1. maj. Vækstperioden igennem blev karrene vejet dagligt og tilført vand svarende til 80 pct. af markkapaciteten.

Bygafgrøden blev høstet ved modenhed og tørstofudbytte af kerne og halm målt. Kvælstofindholdet i kerne og halm blev bestemt ved hjælp af en kjeldahlmetode.

## Resultater

Efter fremspiringen ca. 5 dage efter såningen voksede rajgræsset hurtigt til og viste ingen iøjnefaldende tegn på kvælstofmangel. I begyndelsen af

oktober begyndte de ældste blade at få gule spider. Gulfarvning af bladene tiltog med tiden, og efterhånden visnede de ældste blade. Ved nedbringningen af afgrøden i april 1987 bestod hovedparten af afgrøden af visne blade.

Resultaterne fra bestemmelse af tørstofudbytte, indhold af totalkvælstof og kvælstofoptagelsen ved de respektive nedbringningstidspunkter er vist i tabel 1.

Af tabellen fremgår, at tørstofudbyttet steg fra første nedbringningstidspunkt d. 29. september til andet nedbringningstidspunkt d. 13. oktober og var derefter næsten konstant indtil sidste nedbringning i 1986 d. 8. december. I løbet af vinteren var der øjensynligt sket et tab, idet det høstede tørstofudbytte i april ses at være mindre end udbyttet det forudgående efterår; som nævnt ovenfor bestod hovedparten af plantematerialet af visne blade.

Kvælstofkoncentrationen ses at variere modsat af tørstofudbyttet og er som helhed lav i forhold til indholdet i moderat- og velgødet græs.

Med hensyn til kvælstofoptagelsen var der en tendens til, at optagelsen var lidt større ved sidste nedbringningstidspunkt den 10. april 1987 end ved de øvrige nedbringningstidspunkter.

Lufttemperaturen og jordtemperaturen i 15 cm's dybde forsøgsperioden igennem fremgår af fig. 1. Det ses, at lufttemperaturen var ret høj helt hen til midt i december, og at mere vedvarende frost først begyndte omkring nytår. Dette afspejles da også i jordtemperaturen, som først faldt til under 3–4°C i midten af december.

**Table 1.** Tørstofudbytte og kvælstofindhold i rajgræs på forskellige tidspunkter i efteråret 1986 og tidligt forår 1987. *Dry matter and content of nitrogen in rye grass at different times during the autumn 1986 and early spring 1987.*

Dato	Tørstof g pr. kar <sup>1)</sup>	Kvælstofindhold pct. N i tørstof	Kvælstofoptagelse g N pr. kar <sup>1)</sup>
Date	Dry matter g per pot	% N in dry matter	Content of N in dry matter g per pot
29/ 9	43,9	1,78	0,78
13/10	50,8	1,65	0,84
27/10	52,3	1,62	0,85
10/11	48,6	1,65	0,80
24/11	50,0	1,63	0,81
8/12	51,0	1,75	0,89
2/ 4-87	41,8	2,10	0,88
10/ 4-87	45,0	2,31	1,04
LSD	3,7		0,09

<sup>1)</sup> Ved multiplikation med 100 svarer tallene omtrent til kg/ha.

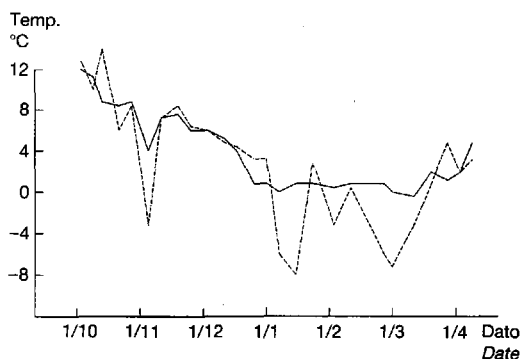


Fig. 1. Lufttemperatur: - - - og jordtemperatur: — fra efteråret 1986 til foråret 1987. Gns. for perioder a 7–10 dage.

Air temperature: - - - and soil temperature: — from the autumn 1986 until the spring 1987. Average for periods of 7–10 days.

Udvaskningen af nitratkvælstof igennem forsøgsperioden fremgår af tabel 2, hvor udvaskningen i forskellige perioder og totaludvaskningen er vist. Det ses, at udvaskningen var betydelig større fra den ubevoksede jord end fra jorden dyrket med rajgræs nedbragt den 29. september og 13. oktober. Resultaterne fra alle senere nedbring-

**Tabel 2.** Udvaskning af nitratkvælstof fra jord dyrket med rajgræs nedbragt i jorden på forskellige tidspunkter i efteråret 1986.

Leaching of nitrate from soil grown with rye grass incorporated in the soil at different times in the autumn 1986.

Udvaskningsperiode	Udvasket nitratkvælstof, g N pr. kar Leached nitrate nitrogen, g per pot:		
	Dato for nedbringning Date for incorporation		
Period of leaching	ubevokset without a catch crop	29/9	13/10
29/ 9–12/10	0,28	0	0
13/10–26/10	0,40	<0,01	0
27/10– 9/11	0,15	0,01	0
10/11–23/11	0,09	0,01	<0,01
24/11– 7/12	0,05	0,01	<0,01
8/12–21/12	0,04	<0,01	<0,01
22/12– 8/ 1	0,04	0,01	<0,01
9/ 2–12/ 4	0,06	0,02	<0,01
Total	1,11	0,06	0,01

ningstidspunkter er ikke vist, idet der kun fandtes spor af nitratkvælstof i afdræningen, ligesom den samlede totale udvaskning i alle tilfælde var mindre end 0,01 g N pr. kar.

For den ubevoksede jord ses, at udvaskningen var størst i begyndelsen.

Udvaskningen af ammoniumkvælstof blev også målt, men indholdet var meget lavt, og i alle tilfælde var totaludvaskningen mindre end 0,01 g ammoniumkvælstof pr. kar svarende til 1 kg pr. ha.

Tørstofudbyttet i den efterfølgende bygafrøde var af størrelsesordenen 65–70 g pr. kar for kerne og 60 g pr. kar for halm. Der var tendens til en lille positiv eftervirkning af efterafgrøden, men effekten var ikke signifikant.

Kvælstofoptagelsen i kerne plus halm varierede fra 1,1–1,2 g N pr. kar for leddene med en efterafgrøde og var signifikant lidt større end for leddet uden efterafgrøde, hvor kvælstofoptagelsen var 1,0 g N pr. kar.

## Diskussion

Den opnåede tørstofproduktion og kvælstofoptagelse var noget større end hvad, der normalt opnås under markforhold om efteråret. Dette skyldes antagelig, at blanding og dermed luftning af jorden har medført en forholdsvis stor mineralisering af organisk bundet kvælstof i jorden. Ligeledes har afgrøden hele perioden været velforsynet med vand. Tilsvarende udbytte og kvælstofoptagelse om efteråret som de her fundne er dog opnået under markforhold ved vanding og kvælstofgødskning (9).

Når tørstofudbyttet ikke er steget fra begyndelsen af oktober til d. 8. december, hvor den sidste nedbringning af efterafgrøden i 1986 fandt sted, skyldes dette formentlig ikke alene lav temperatur, idet denne var ret høj i det mindste en del af perioden, som det fremgår af fig. 1. Årsagen skal formentlig snarere søges i mangel på kvælstof, idet kvælstofindholdet som tidligere nævnt er ret lavt, ca. 1,6 pct. N.

Stigningen i N-indholdet i græsset nedbragt i april 1987 hænger formentlig sammen med faldet i tørstofudbyttet, men kan også i nogen grad tillægges en begyndende vækst, især i afgrøden nedbragt d. 10. april.

Bortset fra N-optagelsen i græsset nedbragt d. 10. april, var optagelsen af størrelsesordenen 0,8–0,9 g N pr. kar. Mængden af kvælstof nedbragt

ved de respektive nedbringningstider har således været af samme størrelsesorden, når der ses bort fra d. 10. april 1987, hvor den nedbragte N-mængde var lidt større. Dette betyder imidlertid ikke, at det nedbragte kvælstof også var af samme natur, idet indholdet af de forskellige kvælstofforbindelser i planter formentlig ændres med ændringen i plantens fysiologiske alder.

Ifølge temperaturforløbet i jorden (fig. 1) må det forventes, at nedbrydningen af organisk stof i jorden, herunder det nedbragte rajgræs og rod-massen, i det mindste er fortsat til midten af december og begyndt igen i april det følgende forår.

Den meget lille udvaskning af kvælstof fra jorden dyrket med rajgræs viser, at rajgræsset har været i stand til at optage det tilførte (0,25 g N pr. kar) og det fra jorden mineraliserede kvælstof. Den lille udvaskning viser også, at afgrøden selv efter nedbringningen allerede først i oktober ikke blev omsat i en grad, som medførte en nævneværdig nettofrigørelse af kvælstof fra den nedbragte afgrøde. Dette til trods for, at jordtemperaturen som nævnt overfor har været tilstrækkelig høj for mikrobiel aktivitet helt indtil midt i december.

Årsagen til, at der tilsyneladende ikke skete nogen nettofrigørelse af kvælstof efter nedbringningen af rajgræsset, skal uden tvivl søges i afgrødens forholdsvis lave kvælstofindhold, ca. 1,6 pct. i tørstoffet, se tabel 1. Det lave kvælstofindhold bevirker, at forholdet mellem kulstof og kvælstof, C/N-forholdet, i afgrøden har været forholdsvis højt – skønsmæssigt over 20 – idet kulstofindholdet i plantetørstof er af størrelsesordenen 40–45 pct. Undersøgelser (5, 8) har således vist, at C/N-forholdet i plantematerialet har betydning for, hvor hurtigt der sker en nettomineralisering af kvælstof efter nedbringning.

Den forholdsvis lille positive effekt af efterafgrøden på tørstofudbyttet og kvælstofoptagelsen i den efterfølgende bygafrøde viser, at der øjensynligt heller ikke i løbet af sommeren er sket en væsentlig større nettomineralisering, hvor der var nedbragt rajgræs end, hvor jorden det forudgående efterår var ubevokset. Dette til trods for, at der fra den ubevoksede jord var udvasket ca. 1 g N pr. kar, hvorimod der fra karrene med en rajgræsafgrøde ikke er sket nævneværdige tab af kvælstof ved udvaskning, se tabel 2.

At der ikke nødvendigvis findes nogen stor positiv eftervirkning af en efterafgrøde det første år, er i overensstemmelse med resultater fra markforsøg med byg efter italiensk rajgræs tilført stigende mængder kvælstof det foregående efterår (7, 10).

I sidstnævnte undersøgelser (10) var eftervirkningen i den efterfølgende bygafrøde negativ det første år, hvor der ikke var tilført kvælstof til rajgræsset om efteråret. Tilførtes 40 kg kvælstof pr. ha til rajgræsset, var eftervirkningen den samme som uden en efterafgrøde, og tilførtes 80 kg kvælstof pr. ha, fandtes en positiv eftervirkning. Eftervirkningen 2. år var positiv både med og uden tilførsel af kvælstof til rajgræsset, men størst hvor der var tilført kvælstof.

Årsagen til, at der det første år var en negativ effekt af efterafgrøden, når denne ikke blev tilført kvælstof, skal formentlig søges i, at det nedpløjede græs har haft et så lavt kvælstofindhold, at der det første år ikke er sket nogen nettofrigørelse af kvælstof fra efterafgrøden, som bygafrøden har kunnet udnytte. Den positive effekt det andet år, uanset om rajgræsset var tilført kvælstof eller ej, skyldes antagelig, at omsætningen nu var så fremskreden, at der skete en nettofrigørelse af kvælstof.

Det skal påpeges, at forholdene kan være væsentlig anderledes ved ompløjning af en græsmark, især ved ompløjning af en flerårig græsmark (12, 13, 14). I en græsmark sker der således med tiden en forøgelse af forskellige mere eller mindre letomsættelige fraktioner af organisk stof, som hurtigt omsættes efter en ompløjning (3, 12) og derved kan give anledning til en stor kvælstofudvaskning.

## Konklusion

Rajgræsafgrøden var i stand til at optage en forholdsvis stor mængde kvælstof frigjort ved mineralisering i løbet af efteråret.

Nedbringning af en rajgræsafgrøde med et ret lavt kvælstofindhold, ca. 1,6 pct. N i tørstoffet, fra først i oktober til først i december eller i april næste forår medførte ingen nævneværdig udvaskning af kvælstof sammenlignet med udvaskningen fra en ubevokset jord.

Risikoen for, at der om efteråret frigøres kvælstof fra en nedbragt efterafgrøde og dermed risiko for en udvaskning af kvælstof optaget af afgrøden, er antagelig mindre, hvis efterafgrøden har et lavt kvælstofindhold, end hvis afgrøden har et højt kvælstofindhold. Et lavt kvælstofindhold har formentlig størst betydning ved tidlig nedbringning af efterafgrøden om efteråret. Resultaterne fra nedbringning af en efterafgrøde af rajgræs kan ikke direkte overføres til ompløjning af flerårige græsmarker, hvor risikoen for kvælstofudvaskning er større.

Selv om undersøgelserne er gennemført som karforsøg, er der næppe tvivl om, at efterafgrøders kvælstofindhold også er af betydning for afgrødens omsætning under markforhold.

## Litteratur

1. Bergström, L. 1986. Distribution and temporal changes of mineral nitrogen in soils supporting annual and perennial crops. Swedish J. Agric. Res. 16, 105-112.
2. Bergström, L. 1987. Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in teledrained plots and lysimeters. J. Environ. Qual. 16, 11-18.
3. Darby, R. J., Hewitt, M. V., Penny, A., Johnston, A. E. & Mc Ewen, J. E. 1988. Rothamsted Exp. Sta. Report for 1987, part 1, 101-102.
4. Gustafson, A. 1987. Nitrate leaching from arable land in Sweden under four cropping systems. Swedish J. Agric. Res. 17, 169-177.
5. Gutser, R. & Vielsmeier, K. 1985. N-Umsatz von verschiedenem Pflanzenmateriel im Boden in Gefäß- und Feldversuchen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd., 148, 595-606.
6. Hvelplund, E. & Østergaard, H. 1980. Efterafgrøders kvælstofoptagelse i relation til gødskningsøkonomi og miljø. Landskontoret for Planteavl, 88 pp.
7. Jacobsen, A. & Bentholm, B. R. 1977. Grovfoderproduktion. Johs. Olesen (red.): Oversigt over landsforsøgene 1976, 141-143.
8. Janzen, H. H. & Kucey, R. M. N. 1988. C, N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. Plant and Soil 106, 35-41.
9. Jensen, H. E. 1980. Afgrødeproduktion og -kvalitet, lysenergi og vandudnyttelse, nitrogenbalance og -transport i relation til nitrogen og vandstatus. Eksperimentelle studier med *Lolium perenne*, 373 pp., Doktordisputats, Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole.
10. Jepsen, H. M. 1972. Mellemafgrødernes eftervirkning ved korndyrkning. Statens Planteavlsvforsøg. Bilag ved Statens Planteavlsmøde 1972.
11. Klausen, P. S. 1987. Nitratnedvaskning fra landbrugsjord ved gødskning med gylle og handelsgødning. Statens Planteavlsvforsøg, Grøn Viden, Landbrug Nr. 10.
12. Macdonald, A. J., Powlson, D. S., Poulton, P. R. & Jenkinson, D. S. 1989. Unused fertilizer nitrogen in arable soils – Its contribution to nitrate leaching. J. Sci. Food Agric. 46, 407-419.
13. Rodgers, G. A., Penny, A. & Hewitt, M. V. 1985. Effects of nitrification inhibitors on uptakes of mineralised nitrogen and on yields of winter cereals grown on sandy soil after ploughing old grassland. J. Sci. Food Agric. 36, 915-924.
14. Ryden, J. S., Ball, P. R. & Garwood, E. A. 1984. Nitrate leaching from grassland. Nature 311, 50-53.
15. Simmelsgaard, S. E. 1985. Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. III. Kvælstofkoncentration, -udvaskning og -balance. Tidsskr. Planteavl 89, 133-154.

Manuskript modtaget den 15. november 1989.