

# Økologisk grønsagssædskifte uden kvælstofimport

Kristian Thorup-Kristensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afd. for Prydplanter og Vegetabilsk Fødevarer

<http://www.agrsci.dk/pvf/Gronsager/ktk/index.shtml>

Ved Danmarks JordbrugsForskning i Årslev har vi i 1996 oprettet et økologisk grønsagssædskifte. Et af målene har været at oprette et planteavlssædskifte som var selvforsynende med kvælstof (N). Selvforsyningen opnår vi ved at udnytte grøngødning og efterafgrøder intensivt. Grøngødning med bælplanter skaffer N til systemet ved den biologiske N fiksering, og efterafgrøder bruges til at reducere udvaskningstab.

Sædskiftet er et 6-marks skifte, der er målrettet til grønsagsproduktion. Der er grønsagsafgrøder i tre af markerne, korn i to og kløvergræs som grøngødning i én mark. Af de 3 marker med grønsager er de to delt op så der dyrkes ialt 5 grønsagsafgrøder, hvidkål, porre, løg, gulerødder og ærter (figur 1).

Sædskiftet er opbygget bl.a. udfra resultater fra forsøg med grøngødning og efterafgrøder i økologisk grønsagsdyrkning som vi havde gennemført inden vi startede sædskiftet.

Resultaterne fra de første 6 år med sædskiftet viser at strategien har virket, og dokumenterer at det er muligt at opnå et højt udbytniveau også uden at være afhængig af indkøb af N holdig gødning.

## Udvikling af økologisk planteproduktion

Et af målene med sædskiftet er, at være med til at udvikle økologisk grønsagsproduktion. Som det er nu, er produktionen af økologiske grønsager, korn og andre salgafgrøder begrænset af den store afhængighed af husdyrgødning. En kraftig udvidelse af produktionen af økologiske salgafgrøder kræver, at den kan ske på bedrifter med færre eller evt. slet ingen husdyr, og det kræver effektiv brug af grøngødning og efterafgrøder.

I sædskiftet arbejder vi med afgrøder med meget forskellige behov for næringsstoffer. Der dyrkes grønsager med et meget stort næringsstoffebehov, f.eks. kål og porrer der i konventionel dyrkning ofte gødes med mindst 250 kg N/ha, og der dyrkes grønsager med et lavere N behov, f.eks. løg og gulerod, og konservesærter som slet ikke har behov for N gødning.

## Sædskiftet

Formålet med sædskiftet er først og fremmest at arbejde med forbedret N forsyning til afgrøderne og reduceret N udvaskning, men der ligger selvfølgelig mange andre overvejelser bag sædskiftet, f.eks. om andre næringsstoffer, om ukrudt, sygdomme og skadedyr.

Resultaterne der præsenteres i artiklen er fra årene 1997 til 2001, resultaterne fra 1996 er udeladt da udbytter og andre resultater fra dette år jo endnu ikke byggede på sædskiftes virkninger. I det følgende beskrives de enkelte afgrøder i sædskiftet.

Tabel 1. Udbytte og af afgrøderne i sædskiftet, og nitratindholdet i grønsagsprodukterne (gennemsnit for 1997 til 2000).

	Udbytte (t/ha)	Salgbart udbytte (t/ha)	Nitratindhold i produktet (ppm)
<b>Mark 1, Kløvergræs grøngødning</b>	-	-	-
<b>Mark 2, Kvælstofkrævende grønsager, hvidkål og porre</b>			
Hvidkål	74	63	323
Porre	44	38	759
<b>Mark 3, Byg med undersået kløvergræs</b>			

Byg	3,5	3,5	-
<b>Mark 4, Mindre N krævende grønsager, gulerod og løg</b>			
Gulerod	103	64	62
Løg	44	42	118
<b>Mark 5, Konservesærter, med olieræddike efterafgrøde</b>			
Ærter	4,0	4,0	1
<b>Mark 6, Byg med undersået kløvergræs</b>			
Byg	5,3	5,3	-

### Mark 1: Kløvergræs som helårsgrøngødning

Helårsgrøngødning indgår i sædskiftet fordi den kan give en meget stor kvælstofvirkning. I sædskiftet skal kløvergræsmarken forsyne de meget krævende afgrøder som kål og porrer året efter, men også bidrage til N forsyningen af byg og derefter gulerødder og løg i de to følgende år. Kvælstof frigives hurtigt efter nedpløjning af grøngødning, og for tidlig nedmuldning i efteråret kan føre til nedvaskning og stort udvaskningstab. En vis nedvaskning kan accepteres hvis der året efter skal dyrkes afgrøder med dybt rodsystem, som er istand til at trænge dybt ned i jorden og hente nedvasket N op igen. Da porrer og kål har meget forskellig rodtybde, nedmuldes kløvergræsmarken på ikke på samme tid forud for disse to grønsagsarter. Forud for kål, som har et meget dybt rodsystem nedmulder vi grøngødningen i november. Det giver god tid til N frigivelse, men betyder også en vis nedvaskning af N til dybere jordlag. Med en rodtybde på over 2 meter, kan kål dog optage langt det meste af det nedvaskede N igen. Porrer har derimod kun en rodtybde på ca. 50 cm, så forud for porrerne nedmuldes kløvergræsset først omkring 1. april. På den måde undgår vi at N når at vaske ned til under porrerens rodtybde.

### Mark 2: Kvælstofkrævende grønsagsarter

Hvidkål og porre er begge meget N krævende grønsagsarter der i konventionel dyrkning ofte gødes med 250 til 300 kg N/ha, men bortset fra det, er det to meget forskellige afgrøder. En række forsøg har direkte eller indirekte vist at kålarter normalt har en dyb rodvækst, mens afgrøder som porre og løg har en langt mere overfladisk rodvækst (Burns, 1980; Greenwood et al., 1982; Smit et al., 1996, Thorup-Kristensen and Sørensen, 1999; Thorup-Kristensen, 2001b). Målinger i sædskiftet viser at porre har en rodtybde på ca. 50 cm, mens hvidkål med lang vækstsæson har en rodtybde på over 200 cm.

Hvidkålene og porrerne har i perioden givet totaludbytter på henholdsvis 74 og 44 t/ha, med total N optagelse på 191 og 210 kg N/ha. Det er især for porrerne meget tilfredsstillende og tæt på hvad vi ville forvente at høste i en konventionel porremark. Høsten af hvidkål og porrer sker så sent på året, at der ikke kan etableres efterafgrøder efter høst. I kålmarken lader vi kålstubben stå efter høst. Kålstubben gror videre, og danner en efterafgrøde. Resultaterne viser at denne kålstub-efterafgrøde tømmer jorden effektivt for N i efteråret og frigiver en betydelig mængde N til næste års afgrøde (tabel 2). Efter porrer, som normalt efterlader meget kvælstof i jorden, har vi ikke nogen effektiv mulighed for at forhindre udvaskning af N som det også fremgår af tabel 2, men vi arbejder bl.a. med at udså cikorie som efterafgrøde ca. 2 måneder efter udplantning af porrerne.

### Mark 3: Byg med undersået kløvergræs

Selvom der ikke er optimal N forsyning til denne bygmark, er der dog en betydelig eftervirkning fra grønsagerne året før og en 2. års eftervirkning af grøngødningen to år tidligere, så det går ikke helt galt. Bygudbyttet har således ligget på omkring 3.5 t/ha i denne mark. Udbyttet i byggen er ca. 1.0 t/ha højere hvor forfrugten er kål end hvor den er porre

(ikke vist), hvilket bl.a. kan hænge sammen med den større tilgængelighed af N efter kålen (tabel 2).

Den undersøede kløvergræs (blanding af græs, hvidkløver, sneglebælg og kællingetand) skal kun gro i efteråret, og som grøngødning forsyne næste års grønsagsafgrøder med kvælstof. Resultater fra tidligere forsøg tyder på, at efterafgrøder af kløver undersøet i korn kan have en betydelig N effekt (f.eks. Schröder et al., 1997). Det kan være en fordel at byggen ikke er alt for velforsynet med kvælstof, for det betyder at der er ideelle etableringsbetingelser til de undersøede bælgplanter. Mængden af  $N_{\min}$  i marken næste år, og resultaterne af løg- og gulerodsafgrøderne året efter viser da også, at det lykkes ikke blot at høste en acceptabel bygafgrøde i "Mark 3", men også at opnå en stor eftervirkning til næste års afgrøde.

Tabel 2. N optagelse af afgrøderne i sædskiftet,  $N_{\min}$  målt til 100 cm dybde efter afgrøderne, dels i november samme efterår, og dels i maj året efter samt  $N_{\min}$  målt i pløjelaget (0-25 cm dybde) i maj året efter.  $N_{\min}$  værdierne fra november viser effekten af afgrøderne og efterafgrøderne på risikoen for N udvaskning i den følgende vintersæson, mens  $N_{\min}$  i maj viser deres effekt på N forsyningen til næste års afgrøder.  $N_{\min}$  i maj i "Mark 1" er altså virkningen af grøngødningen på N forsyningen til kål og porreafrøderne i "Mark 2".

	<b>N optagelse (kg N/ha)</b>	<b><math>N_{\min}</math>, november (kg N/ha)</b>	<b><math>N_{\min}</math>, maj (kg N/ha)</b>	<b><math>N_{\min}</math>, maj, 0-25 cm (kg N/ha)</b>
<b>Mark 1, Kløvergræs grøngødning</b>	-	35	156	91
<b>Mark 2, Kvælstofkrævende grønsager, hvidkål og porre</b>				
Hvidkål	191	28	84	44
Porre	210	84	66	30
<b>Mark 3, Byg med undersøet kløvergræs</b>				
Byg	63	30	135	90
<b>Mark 4, Mindre N krævende grønsager, gulerod og løg</b>				
Gulerod	186	52	56	27
Løg	122	121	62	27
<b>Mark 5, Konservesærter, med olieræddike efterafgrøde</b>				
Ærter	101	18	86	37
<b>Mark 6, Byg med undersøet kløvergræs</b>				
Byg	107	26	19	12

#### **Mark 4: Mindre kvælstofkrævende grønsager**

Løg og gulerødder har et noget mindre N behov en kål og porrer. Selv om gulerødder også har væsentligt dybere rodvækst end løg (Thorup-Kristensen, 2001b) så er forskellen ikke så voldsom som imellem kål og porrer.

Virkningen af en efterafgrøde af undersøet kløvergræs må forventes at være stor nok til at sikre et rimeligt udbytte af afgrøder som løg eller gulerødder, og det viser udbytterne i sædskiftet også. Gulerødder og løg har givet udbytter på henholdsvis 103 og 44 t/ha, med total N optagelse på 186 og 122 kg N/ha. For gulerødderne er det faktisk på højde med hvad vi ville forvente i en konventionelt dyrket mark.

Udbytte, N optagelse og mængden af  $N_{\min}$  der findes i jorden i november viser at vi opnår en stor eftervirkning af kløvergræs efterafgrøden i "Mark 3". For begge afgrøder er summen af N optagelse og  $N_{\min}$  i marken i november er ca. 240 kg N/ha (tabel 2), og dermed på samme niveau som for hvidkål og porre hvor forfrugten var en helårsgrøngødning. Disse resultater bekræfter at en efterafgrøde af kløvergræs udlagt i byg kan give en stor N eftervirkning. Forud for afgrøder som løg og gulerod ville en helårsgrøngødning sandsynligvis vil føre til overgødskning med risiko for øget nitratindhold i produkterne og højere N udvaskning end vi ser i sædskiftet.

### **Mark 5: Konservesærter med olieræddike efterafgrøde**

Mængden af kvælstof i jorden om foråret på denne plads i sædskiftet er generelt lav (tabel 2) og noget varierende fra år til år.  $N_{\min}$  om foråret afhænger meget af vinternebdøren, der afgør hvor meget af det N løg og gulerødder efterlod i jorden i efteråret der er blevet udvasket i løbet af vinteren.  $N_{\min}$  er ikke blot varierende, det er også uheldigt fordelt i jordprofilen, så kun en lille andel findes i de øverste 25 cm af jorden. Det meste af det  $N_{\min}$  der findes tilbage i jorden er i løbet af vinteren vasket ned til større dybde.

Vi mente derfor fra starten, at ærterne, der ikke er afhængige af N forsyning fra jorden, passede godt på denne plads i sædskiftet. Dyrkningsresultaterne har dog været noget svingende og udbyttet kun på ca. 4 t/ha i gennemsnit, muligvis på grund af problemer med at sikre en tilstrækkeligt god jordstruktur til ærterne efter løg og gulerødder.

Ærterne høstes allerede omkring midten af juli, så det er muligt at etablere en meget effektiv efterafgrøde efter høst. Vi dyrker her olieræddike som har vist sig at have en meget dyb rodvækst på mindst 150 cm (Thorup-Kristensen, 2001a). Med en så dyb rodvækst kan olieræddiken ikke blot optage det N der efterlades af ærterne, men den kan også nå dybt ned i jorden og optage en del af det N der i løbet af den foregående vinter er vasket ned i dybere jordlag hvor ærterne kan nå det. På den måde kan efterafgrøden opfange noget af det N der blev efterladt af løg og gulerødder året før, selvom de to afgrøder høstes så sent at det ikke er muligt at etablere en efterafgrøde efter de er høstet.

Den tidlige høst af ærterne vil også gøre det muligt at dyrke en effektiv efterafgrøde af f.eks. vintervikke, og dermed opnå større tilførsel af N til sædskiftet. Resultater af forsøg i sædskiftet viser dog at når der er så meget N i jorden som efter ærterne, så kan vintervikke hverken optage mere N i efteråret end olieræddike, eller opnå helt så stor en eftervirkning som olieræddike. Dyrkning af vintervikke vil altså nok tilføre mere N til sædskiftet, men ikke forbedre dyrkningsresultatet. Til gengæld er den ikke så effektiv til at udtømme jorden for  $N_{\min}$  i efteråret, og der vil ske en væsentlig større udvaskning af N fra jorden end hvis der dyrkes olieræddike.

### **Mark 6: Byg med undersået kløvergræs**

Flere forsøg har vist, at en efterafgrøde af olieræddike, dyrket hvor der er meget kvælstof i jorden kan frigive så meget kvælstof, at der er rigeligt til f.eks. en bygafgrøde (Thorup-Kristensen, 1994). Bygudbyttet i denne mark har da også været 5.3 t/ha. Forsøg med forskellige efterafgrøder i denne mark viste at det er meget afgørende hvilken efterafgrøde man vælger, hvis der blev dyrket italiensk rajgræs i stedet for olieræddike var bygudbyttet f.eks. på under 4 t/ha.

### **Konklusion**

Selvom resultaterne viser at mange af strategierne i sædskiftet er lykkedes godt, så er afgrøderne naturligvis ikke alle optimalt forsynet med N. Alligevel er det lykkedes at opnå gode udbytter i en årrække uden at tilføre sædskiftet nogen gødning udefra. Dette opnår vi samtidig med at den intensive brug af efterafgrøder betyder at muligheden for N udvaskning holdes på et lavt niveau. Sædskiftets resultater bekræfter altså, at der kan dyrkes økologiske afgrøder med godt resultat uden at man er afhængig af en stor tilførsel af husdyrgødning.

De metoder vi har brugt til at få vores sædskifte til at lykkes kan også bruges i andre sædskifter. Vi bruger efterafgrøder intensivt, og vælger efterafgrøder der er tilpasset til den konkrete position i sædskiftet hvor de skal dyrkes. F.eks. dyrkes der efterafgrøder med bælplanter hvor der ellers kun er lidt N i jorden, mens vi dyrker olieræddike hvor der er meget N i jorden der skal opsamles.

Viden om rodtybder af både grønsagsafgrøder og efterafgrøder udnyttes til at opnå en højere

udnyttelse af N. Hvor der skal dyrkes grønsager der kun har et overfladisk rodsystem er det vigtigt med efterafgrøder der først nedmuldes i det tidlige forår, for på den måde sikres det at mest muligt af det N der frigives vil findes i de øvre jordlag som afgrøden kan udnytte (Thorup-Kristensen, 2001b; Willumsen og Thorup-Kristensen, 2001). Efterafgrøder med særlig dyb rodvækst bruges målrettet der hvor der tidligere er sket en nedvaskning af N, så N der stadig findes i de dybe jordlag kan optages af efterafgrøden og gøres tilgængeligt for den efterfølgende afgrøde.

De forskellige metoder, vi arbejder med, kan kombineres med andre afgrøder og sædskifter, og kan også bruges som supplement til husdyrgødning på de bedrifter der har adgang til det.

### **Litteratur**

- Burns I.G. (1980) Influence of the spatial distribution of nitrate on the uptake of N by plants: A review and a model for rooting depth. *J. Soil Sci.* 31: 155-173
- Greenwood D.J., Gerwitz A., Stone D.A. and Barnes A. (1982) Root development of vegetable crops. *Plant and Soil* 68: 75-96
- Smit A.L., Booij R. and Van der Werf A. (1996) The spatial and temporal rooting pattern of Brussels sprouts and leeks. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 57-72.
- Schröder J.J., Tenholte L., Janssen B.H. (1997) Non-overwintering cover crops - a significant source of N. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45:231-248
- Thorup-Kristensen, K. (1994) Effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, *Fertilizer Research*, 37: 227-234
- Thorup-Kristensen, K. (1999) An organic vegetable crop rotation aimed at self-sufficiency in nitrogen. In: Olesen, J.E., Eltun, R., Gooding, M.J., Jensen, E.S. & Köpke, U. (Eds) *Designing and testing crop rotations for organic farming*. DARCOF Report no. 1. p 133-140
- Thorup-Kristensen, K. (2001a) Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant and Soil*, 230: 185-195
- Thorup-Kristensen, K. (2001b) Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticulturae* 563: 201-206
- Thorup-Kristensen, K and Sørensen, J.N. (1999) Soil nitrogen depletion by vegetable crops with variable root growth, *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil Plant Sci.*, 49: 92-97
- Willumsen, J. and Thorup-Kristensen, K. (2001) Effects of green manure crops on soil mineral nitrogen available for organic production of onion and white cabbage in two contrasting years. *Biol. Agric. Hort.*, 18: 365-384