

Økologiske sædskifter til produktion af korn

*M. Askegaard, J.E. Olesen, I.A. Rasmussen, E. Driessen,
E. Nielsen, H.C. Thomsen, H. Bak og J.F. Lindberg.*

Hvordan kan sædskiftet indrettes så den økologiske kornproduktion øges uden at bæredygtigheden mindskes? Dette centrale spørgsmål belyses med resultater fra et økologisk sædskifteforsøg, der i 1996/97 blev anlagt på tre lokaliteter i Danmark (boks 1). Da forsyningen med kvælstof (N) kan være meget kritisk i økologisk kornproduktion, blev forsøget designet med fokus på dyrkningsmæssige faktorer, der har indflydelse på N-forsyningen.

Tre faktorer blev undersøgt:

- 1) Betydning af andel af N-fikserende afgrøder i sædskiftet
- 2) Betydning af efterafgrøder
- 3) Betydning af tilførsel af husdyrgødning.

Der blev målt udbytter, udvaskning af næringsstoffer samt forekomst af ukrudt.

Forsøget demonstrerer vigtigheden af at undersøge dyrkningsfaktorer i en sædskiftemæssig helhed.

For eksempel har tilførsel af husdyrgødning ikke kun effekt i den afgrøde, hvor den tilføres, efterfølgende afgrøder kan også blive påvirkede. Flere af disse langsigtede effekter er knyttet til kløvergræsmarker og N-fikserende efterafgrøder, som er væsentlige elementer i økologiske sædskifter.

Lokaliteter, forsøgsdesign og dyrkning vises i boks 1, 2 og 3.

Boks 1

Lokaliteterne

Jordtyperne på de tre forsøgssteder varierer fra grovsand (JB1) på Jyndevad over lerblandet sandjord (JB4) på Foulum til sandblandet lerjord (JB6) på Flakkebjerg. I grove træk repræsenterer hver af de tre jordtyper en fjerdedel af det danske landbrugsareal. Ved Holeby på Lolland blev også anlagt et sædskifteforsøg. Forsøget medtages dog ikke her, da det var uden gentagelser og med kun en kombination af behandlinger.

Nedbørmængden er størst på Jyndevad og mindst på Flakkebjerg. Forskellen i nedbørmængde bevirker, at nedbøroverskuddet (nedbør minus fordampning) varierer fra over 400 mm på Jyndevad til under 100 mm på Flakkebjerg. Dette, samt en mindre effektiv roddebyde på grovsandede jorde, indebærer langt større risiko for udvaskning af næringsstoffer på Jyndevad end på de øvrige lokaliteter.

Lokalitet	Jyndevad	Foulum	Flakkebjerg
Landsdel	Sønderjylland	Midtjylland	Vestsjælland
Jordtype	Grovsand	Lerblandet sandjord	Sandblandet lerjord
JB-nr	1	4	6
Ler, %	5	9	16
Normalnedbør, mm	964	704	626
Normaltemperatur, °C	7,9	7,3	7,8
Såning af vårbyg*	30. marts	9. april	16. april
Modning i vårbyg*	21. juli	2. august	31. juli

* Gennemsnit i forsøget

Boks 2

Forsøgsdesign

Sædskefterne (S1, S2 og S4) i tabellen repræsenterer systemer med forskellige andele af N-fikserende afgrøder (bælgplanter). Andelen af N-fikserende afgrøder falder fra S1 til S4. I S1, hvor vårsæd efterfølger kløvergræs, ligger kløvergræsset ½ år længere end i S2, hvor kløvergræsset efterårspløjes forud for vintersæd. Kun S2 gennemføres på alle lokaliteter.

Sædskefterne findes i fire versioner: "uden efterafgrøder" (UE) og "med efterafgrøder" (ME) i kombination med "uden gødning" (UG) og "med gødning" (MG). Hver kombination, UE/UG, ME/UG, UE/MG og ME/MG, findes i to gentagelser. Sædskefte S3 omtales ikke, da det kun blev gennemført i én version.

I tabellen er angivet de afgrøder i sædskefterne, hvor der etableres efterafgrøder (ME) og hvor der anvendes gødning (MG). Efterafgrøderne i S1 og S2 er overvejende sildig alm. rajgræs og fra 2001 en blanding af sildig alm. rajgræs og cikorie, og i S4 overvejende hvidkløver/rødkløver og sildig alm. rajgræs. Efterafgrøderne sås som udlæg i korn og bælgssæd om foråret. I behandlingerne med gødning tilføres gylle til kornafgrøderne i en mængde svarende til 40% af kornets samlede N-behov ifølge normtal fra Plantedirektoratet. Gyllens fordeling til afgrøderne, angivet som ammonium-N, er vist i tabellen.

	Sædskefte 1			Sædskefte 2			Sædskefte 4		
	S1	ME	MG	S2	ME	MG	S4	ME	MG
Rotation 1 1997-2000	Vårbyg:udlæg		50	Vårbyg:udlæg		50	Havre	●	40
	Kløvergræs			Kløvergræs			Vinterhvede	●	70
	Vårhvede	●	50	Vinterhvede	●	50	Vintersæd	●	70
	Lupin	●		Ært/byg	●		Ært/byg	●	
Rotation 2 2001-2004	Vårbyg:udlæg		50	Vårbyg:udlæg		50	Vinterhvede	●	50
	Kløvergræs			Kløvergræs			Havre	●	50
	Havre	●	30	Vintersæd	●	50	Vårbyg	●	50
	Ært/byg	●		Lupin/byg	●		Lupin/byg*		
Lokaliteter	Jyndevad			Jyndevad					
				Foulum			Foulum		
				Flakkebjerg			Flakkebjerg		

● : Efterafgrøder i "ME"-sædskefter
 30-70: kg ammonium-N/ha i sædskefter med gødning
 * : Ren lupin på Foulum

Boks 3

Den praktiske dyrkning

På Jyndeved og Foulum blev der forårsplojet forud for vårsæden. Lerjorden på Flakkebjerg blev plojet sidst på efteråret. Al gylle blev udbragt om foråret, enten udlagt med slæbeslanger eller, fra 2001, nedfældet i såbedet til vårsæden. Alle afgrøder blev høstet ved modenhed, og den snittede halm efterladt på marken. På Jyndeved blev afgrøderne vandet.

I sædskifterne uden efterafgrøde blev frøukrudt bekæmpet ved hjælp af ukrudtsharvning, evt. suppleret med radrensning, hvor afgrøden var sået på større rækkeafstand. På Jyndeved, og siden 2001 på Foulum, blev efterafgrøder og udlæg sået senere end vårsæden for at give mulighed for mekanisk ukrudtsbekæmpelse om foråret i sædskifterne med efterafgrøde. I vintersæd blev ukrudt i sædskifterne med efterafgrøde bekæmpet om foråret før såning af udlæg, dog ikke i S4 i 1. rotation (se nedenfor). I sædskifterne uden efterafgrøde blev der udført stubharvninger efter korn eller bælgssæd, afhængig af behovet for bekæmpelse af rodukudt.

Kløvergræsmarkerne, der alene fungerede som grøngødning, blev afslået 2-5 gange i løbet af vækstsæsonen, og det afklippede plantemateriale blev efterladt på marken. I kløvergræsmarkerne på Jyndeved indførtes "minisommerbrak" fra 2000 for at bekæmpe kvik: Kløvergræs blev skrælplojet i juni og efterfulgt af ugentlige harvninger eller fræsninger i 4-6 uger. Herefter blev der sået en efterafgrøde som blev plojet ned før den efterfølgende vårsæd. Det samme var tilfældet før vintersæd fra 2002.

Vintersæd blev sået omkring 1. oktober. På Jyndeved blev rug i 2000 dog sået midt i august, i 2001 først i september og de følgende år sidst i oktober. På Foulum blev vinterhvede i 2000 og 2001 sået først i september. I S4 blev vintersæd i 1. rotation dyrket i et tæppe af hvidkløver. Såning af vintersæd i dette system skete på dobbelt rækkeafstand i opfræsede bånd, og hvidkløver og ukrudt blev efterfølgende kontrolleret ved hjælp af børsterensning. Fra 2. rotation skete al etablering af vintersæden på plojet jord.

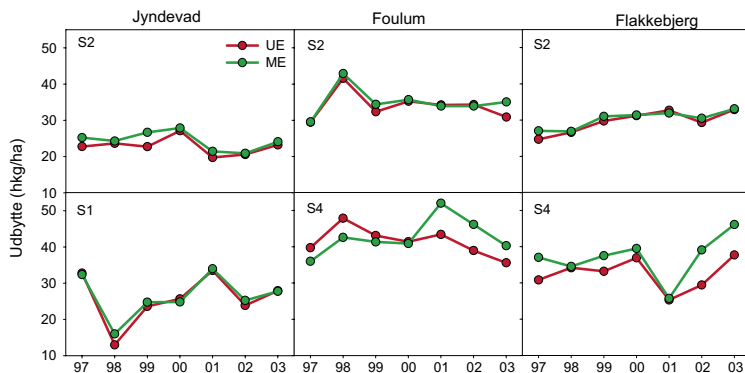
Udbytter**Sædskifteudbytter**

Sædskifteudbytterne er beregnet som gennemsnit af hele sædskiftet, hvor udbyttet i kløvergræs er sat til nul, da hele produktionen forbliver i marken. Første og anden rotation omfatter henholdsvis årene 1997-2000 og årene 2001-2003. De største forskelle i sædskif-

teudbytter blev fundet mellem lokaliteterne, med de højeste udbytter på Foulum og de laveste på Jyndeved (figur 1). Der var som gennemsnit kun små forskelle i sædskifteudbyttet mellem S1 og S2 på Jyndeved. Udsvingene mellem år kan primært tillægges variation i udbytter i bælgssæden. Især var udbyttet i lupin meget svingen-

de, bl.a. som følge af angreb af gråskimmel. I 1998 blev der i S1 dyrket gul lupin, som modnede meget sent og gav et meget lavt udbytte.

Sædskifteudbytterne var i gennemsnit ca. 10% større i S4 end S2 i såvel 1. som 2. rotation. Det forøgede input af N, der kom fra kløvergræsset i S2, kunne



Figur 1. Gennemsnitligt årligt udbytte (hkg/ha, 15% vand) af korn og bælgssæd i sædskifterne med (ME) og uden efterafgrøder (UE). Udbytterne er beregnet som gennemsnit af gødningsbehandlinger og sædskifte, hvor udbyttet i kløvergræsset er sat til nul.

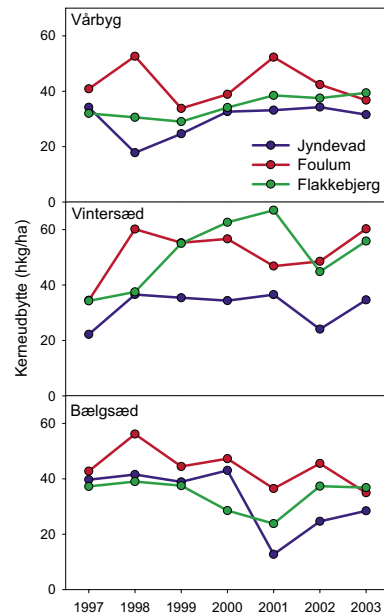
således ikke kompensere for udbyttetabet ved at undlade produktion af salgsafgrøder på 25% af arealet. De forholdsvis lave udbytter på Flakkebjerg skyldes en lav jordfrugtbarhed som følge af ensidig korndyrkning før forsøgets start i 1997. Det stigende udbyttensiveau i S2 på Flakkebjerg bekræfter den gunstige effekt af kløvergræsmarkerne på jordfrugtbarheden (figur 1). Det lave udbytte i S4 på Flakkebjerg i 2001 var forårsaget af misvækst i havre som følge af sen såning og en tør vækstsæson. Generelt tyder resultaterne på større stabilitet i udbytterne i S2 end i S4 på Foulum og Flakkebjerg.

Udbytter af enkeltafgrøder

Tabel 1 viser gennemsnitlige afgrødeudbytter pr. lokalitet, rotation, sædskifte og behandling. Startåret 1997 er ikke medtaget, da forfrugts-

effekten af efterafgrøderne først optrådte i 1998.

Kerneudbytterne for enkeltafgrøderne i S2 var lavest på Jyndeved, især i vintersæden (figur 2). De højeste udbytter i vårbyg og bælgssæd blev opnået på Foulum. Der var tendens til lavere udbytter i bælgssæd i 2. rotation, hvor der blev dyrket lupin/byg, end i 1. rotation, hvor der blev dyrket ært/byg. Dette skyldtes bl.a. problemer med gråskimmel i lupin. Et højt udbytte i vinterhvede kræver god N-forsyning og i S2 udgjorde kløvergræsset, der blev pløjet ned forud for hveden, hovedkilden. Det lave udbytte i vinterhveden i S2 på lokaliteterne i 1997 skyldtes, at der ikke var kløvergræs som forfrugt til vinterhveden ved forsøgets start. På Flakkebjerg var kløvergræsset meget dårligt udviklet i 1997, så her var udbyttet af vinterhvede også



Figur 2. Årlige udbytter (hkg/ha, 15% vand) af afgrøderne i S2 på de enkelte lokaliteter. Gennemsnit af alle behandlinger.

lavt i 1998. Udbytterne i vinterhvede i S2 var stigende fra 1998 til 2001 på Flakkebjerg. Faldet i udbyttet i 2002 skyldtes sandsynligvis et fald i kløverprocent i det nedpløjede kløvergræs i forhold til de øvrige år. På Jyndeved lå det gennemsnitlige årlige udbytte i vinterhvede og rug på et konstant lavt niveau på ca. 35 hkg/ha. Det lave udbytte hænger sammen med et betydeligt N-tab som følge af udvaskning om vinteren. Faldet i udbytte i 2002 skyldtes et kraftigt angreb af knækkedods sygdom.

I S4 blev vinterhvede dyrket med enten havre (1998-2000) eller bælgssæd (2001-2003) som forfrugt. Ved sammenlig-

Tabel 1. Gennemsnitlige udbytter af korn- og bælg-sædsafgrøder (hkg/ha med 15% vand).

Sædskifte	Rotation	Afgrøde	Jyndeved				Foulum				Flakkebjerg			
			UE	UE	ME	ME	UE	UE	ME	ME	UE	UE	ME	ME
			UG	MG	UG	MG	UG	MG	UG	MG	UG	MG	UG	MG
S1	1998-2000	Vårbyg	22	30	30	38								
		Vårhvede	30	38	30	36								
		Lupin	21	25	21	20								
	2001-2003	Vårbyg	15	39	23	40								
		Havre	40	51	43	48								
		Ært/byg	40	42	37	40								
S2	1998-2000	Vårbyg	16	26	23	35	32	46	37	52	24	36	27	39
		Vinterhvede	33	39	30	40	49	65	51	64	50	52	50	54
		Ært/byg	42	40	37	46	49	50	50	47	34	38	33	35
	2001-2003	Vårbyg	25	36	25	46	34	50	41	50	31	42	36	45
		Vintersæd ¹	27	37	26	38	47	59	49	53	55	61	49	58
		Lupin/byg	22	23	19	24	36	38	41	41	32	30	33	34
S4	1998-2000	Havre					45	58	48	58	31	40	36	44
		Vinterhvede					28	52	26	41	29	45	26	46
		Vintersæd ²					24	52	16	20	29	42	22	37
		Ært/byg					49	42	50	51	29	32	43	43
	2001-2003	Vinterhvede ³					35	49	36	55	25	39	32	46
		Havre					40	58	57	63	22	41	34	37
		Vårbyg					28	41	44	50	20	39	38	43
		Lupin/byg ⁴					30	33	33	30	27	32	32	34

¹Rug på Jyndeved. ²Vinterhvede på Foulum og Flakkebjerg. ³Vinterhvede, dog triticale i 1999 og 2000 på Foulum.

⁴Rug i 2001 på Foulum. ⁴Ren lupin på Foulum.

ning af behandlingerne uden efterafgrøde på Foulum gav vinterhvede efter havre (S4) cirka 17 hkg/ha mindre, og vinterhvede efter lupin (S4) cirka 11 hkg/ha mindre i forhold til vinterhveden efter kløvergræs (S2). På Foulum var der altså et stigende udbytte i vinterhveden ved at gå fra havre over lupin til kløvergræs som forfrugt. På Flakkebjerg var der stigende udbytte i rækkefølgen lupin/byg (-26 hkg/ha), havre

(-14 hkg/ha) og kløvergræs. De anderledes forfrugtseffekter på Flakkebjerg skyldes delvis at kløvergræsset i S2 over tid har opbygget en større jordfrugtbarhed, som i sig selv øger udbytteforskellen mellem S2 og S4.

I praktisk økologisk jordbrug lå de gennemsnitlige udbytter af korn i perioden 1999-2001 på 41 hkg/ha på lerjord og 33 hkg/ha på sandjord. Der blev i

forsøget i S2 opnået gennemsnitlige udbytter i de gødede behandlinger, som ligger 10-30% over dette niveau.

Betydning af efterafgrøder

I S2 gav efterafgrøderne et merudbytte i 1. rotation på 0,6 til 1,8 hkg/ha i gennemsnit af alle afgrøder i sædskiftet (tabel 2). Efterafgrøden var her domineret af rajgræs, og det større merudbytte på Jyndeved hænger sammen med en større

Table 2. Merudbytte (hkg/ha) for anvendelse af efterafgrøder i 1. og 2. rotation (15% vand). Gennemsnit af begge gødningsniveauer.

Sædskifte	Rotation	Afgrøde	Jyndeved	Foulum	Flakkebjerg
S2	1. rotation (1998-2000)	Vårbyg	7,8	5,4	2,8
		Kløvergræs	-	-	-
		Vinterhvede	-1,1	0,3	1,3
		Ært/byg	0,4	-1,0	-1,8
		Gennemsnit	1,8	1,2	0,6
	2. rotation (2001-2003)	Vårbyg	5,4	3,1	4,0
		Kløvergræs	-	-	-
		Vintersæd	-0,3	-2,4	-4,4
		Lupin/byg	-1,3	3,5	1,2
		Gennemsnit	1,0	1,1	0,2
S4	1. rotation (1998-2000)	Havre		1,9	4,1
		Vinterhvede		-3,9	-0,8
		Vintersæd		-13,5	-6,2
		Ært/byg		4,6	12,6
		Gennemsnit		-2,7	2,4
	2. rotation (2001-2003)	Vintersæd		3,6	7,1
		Havre		11,5	4,0
		Vårbyg		12,4	11,1
		Lupin/byg ¹		-0,1	2,5
		Gennemsnit		6,8	6,2

¹Ren lupin på Foulum

risiko for N-udvaskning på denne lokalitet. Det gennemsnitlige merudbytte for efterafgrøde var en smule lavere i 2. rotation af S2, især som følge af den negative effekt i vintersæden på Foulum og Flakkebjerg. Årsagen til dette var sandsynligvis kløvergræssets stødpudeeffekt (se boks 4). Da stødpudeeffekten virker med flere års forsinkelse, var der store forskelle i udbytteeffekten af efterafgrøde i 1. og

2. rotation. Stødpudeeffekten bevirkede, at der på Flakkebjerg intet merudbytte var for efterafgrøder på sædskiftetiveau i 2. rotation af S2.

I S4 gav efterafgrøderne udbyttetab på Foulum og udbyttetigning på Flakkebjerg i 1. rotation (tabel 2). Her var efterafgrøden domineret af hvidkløver, hvilket gav betydelige merudbytter i havre og ært/byg, men mindre udbytter

i den samdyrkede vintersæd, især på Foulum. Samdyrknin-gen af hvidkløver og vintersæd lykkedes ikke som forventet. Nogle af årsagerne var svag etablering af kløverudlægget i havren, konkurrence fra hvidkløver eller ukrudts-rajgræs samt angreb af goldfodsyge. I 2. rotation blev alle afgrøder sået i pløjet jord og der blev benyttet en blanding af rajgræs, hvidkløver og rødkløver som efterafgrøde.

Boks 4

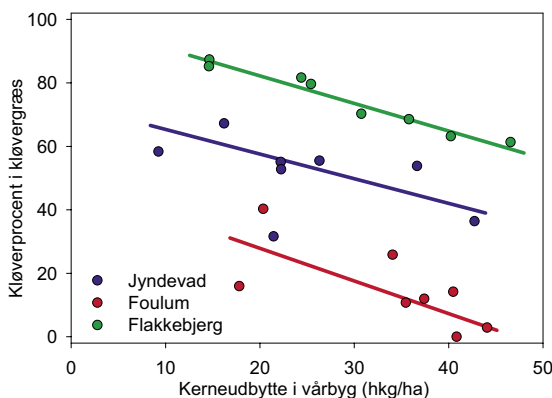
Stødpudeeffekten i sædskiftet

Kløvergræsset virker som en stødpude i sædskiftet som følge af kløverens følsomhed i konkurrencen med korn og græs. Denne konkurrence er stærkt påvirket af jordens N-indhold. Kløvergræsset etableres som udlæg i vårbyg, og en kraftig vårbyg vil have tendens til at trykke kløverudlægget og dermed reducere kløverprocenten (figur a). Der er en direkte sammenhæng mellem indholdet af kløver og dermed N-fikseringen i kløvergræsset og udbyttet i den efterfølgende afgrøde. Dette er illustreret i figur b, som på Foulum og Flakkebjerg viser god sammenhæng mellem kløverprocenten ved første afhugning i kløvergræsset og udbyttet i den efterfølgende hvede. På Jyndeved tabes en stor del af det fikserede N ved udvaskning om vinteren, og kløverprocenten har derfor kun lille effekt på udbyttet her.

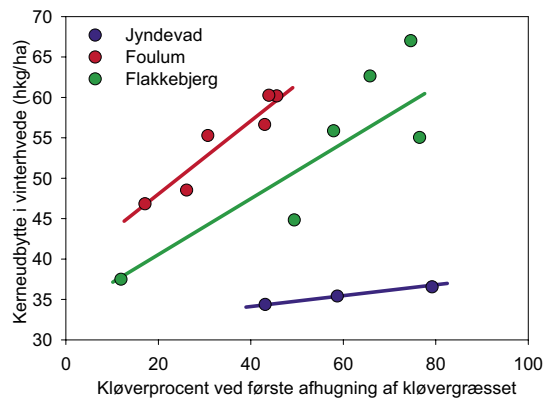
En gødet vårbyg eller en vårbyg, der efterfølger en veludviklet efterafgrøde, vil derfor give et dårligere udlæg af kløvergræs. På den anden side vil en stubbearbejdning om efteråret på sandjord forud for vårbyg med udlæg give en mindre konkurrencedygtig vårbyg og dermed et bedre kløvergræsudlæg.

Man kan sammenligne stødpudeeffekten med en vippe, hvor et højt udbytte i dæksæden til kløvergræs trykker kløveren og medfører et lavt udbytte i den efterfølgende kornafgrøde. Omvendt kan et lille udbytte i dæksæden medføre en veludviklet kløver og dermed et højt udbytte i en efterfølgende kornafgrøde.

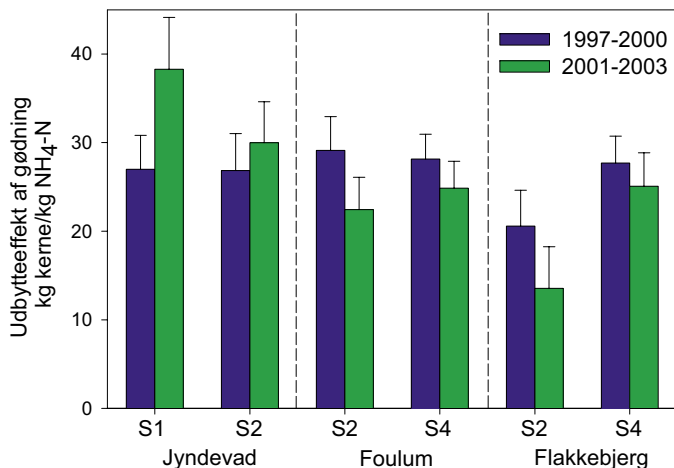
Også i sædskifter med kløver-efterafgrøder vil der være en stødpudeeffekt, hvor et højt udbytte i dæksæden vil mindske etableringen af kløveren og dermed reducere udbyttet i den efterfølgende afgrøde.



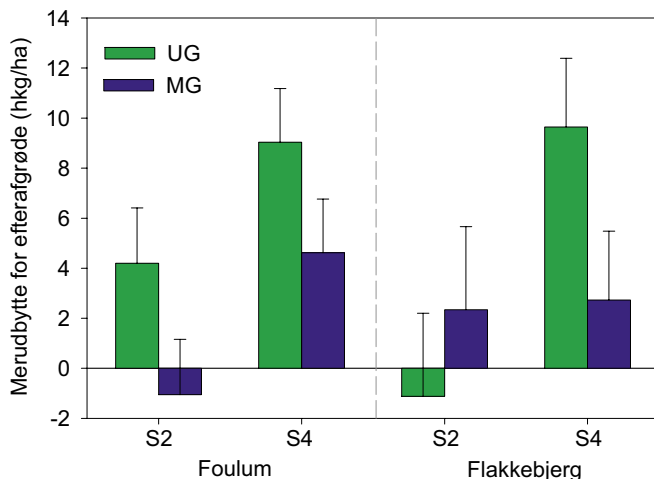
Figur a. Kløverprocent ved første afhugning af kløvergræs i 2000 afhængig af udbyttet i vårbyg i de enkelte parceller i det foregående år.



Figur b. Gennemsnitlige årlige udbytter i vinterhvede i S2 afhængig af kløverprocenten ved første afhugning af kløvergræsset.



Figur 3. Effekt af ammonium-N i husdyrgødningen på sædskifteudbyttet (hkg/ha, 15% vand) opgjort separat for 1. og 2. rotation. Gennemsnit af efterafgrødebehandlinger.



Figur 4. Gennemsnitligt merudbytte i korn og bælg (hkg/ha, 15% vand) for brug af efterafgrøde i 2. rotation i sædskifterne.

Dette gav store merudbytter i vårbyg, havre og vintersæd. Merudbytterne i vintersæden skyldtes 2.-3. års eftervirkning af efterafgrøden, da der ikke var efterafgrøde lige forud for vintersæden i S4 i 2. rotation.

Der var i nogle tilfælde et positivt merudbytte for efterafgrøder i bælg sæden, som blev samdyrket med vårbyg (tabel 2). I de år og på de steder, hvor bælg sæden ikke udviklede sig tilfredsstillende, f.eks. som følge af gråskimmel i lupinen,

kunne dette delvis kompenseres ved øget vækst i vårbyggen. Udbyttet i vårbyg er meget afhængig af N-forsyningen og vil blive favoriseret af efterafgrøder. Vårbyggen vil derfor kunne kompensere bedre for en svag bælg sædsafgrøde i sædskifter med efterafgrøde.

Betydning af gødning

Der var et sikkert merudbytte for tilførsel af gylle til kornafgrøderne på alle lokaliteter. Som gennemsnit af sædskifterne i 1. rotation lå udbyttestigningen på 27 kg kerne pr. kg ammonium-N tilført i gyllen (figur 3). Udbyttestigningen svarer til, hvad der i andre forsøg er fundet for tilførsel af N i handelsgødning. Der var kun små variationer mellem lokaliteterne i udbytteeffekten i 1. rotation, mens forskellene øgedes i 2. rotation. På Jyndeved steg udbytteeffekten af tilført gylle i 2. rotation, mens den faldt på Foulum og Flakkebjerg. Stigningen på Jyndeved kan være forårsaget af udpining i behandlingerne uden gødning og dermed større relativ effekt af gødningstilførsel. Faldet på Foulum og Flakkebjerg skyldes sandsynligvis, at gødsning giver et svagere kløverudlæg og dermed reducerer N-fikseringen i sædskifterne.

I 2. rotation af S4 var der på Foulum og Flakkebjerg et større merudbytte for dyrkning af efterafgrøder i behandlin-

gerne uden gødning end med gødning (figur 4). Dette kan tilskrives stødepudeeffekten af kløvefterafgrøden (boks 4). Det er derimod uklart, hvorfor der var en lignende effekt i S2 på Foulum, da der her ikke blev benyttet N-fikserende efterafgrøder.

Næringsstoffer

Næringsstofforsyningen

Der blev registreret visuelle symptomer på N-mangel i korn på alle lokaliteterne, kalium (K)-mangel i kløver og vårsæd på Jyndeved, begyndende K-mangel i vårsæd på Foulum samt i mindre omfang manganmangel i vårsæd på Foulum og Jyndeved.

Tabel 3. Reaktionstal (Rt), fosfortal (Pt), kalital (Kt) og magnesiumtal (Mgt) i pløjelaget i S2 med gødning.

Gennemsnit af efterafgrødebehandlinger.				
	Rt	Pt	Kt	Mgt
November 1996				
Jyndeved	6,2	5,1	4,8	2,9
Foulum	6,5	5,4	12,9	3,1
Flakkebjerg	7,5	3,1	9,9	3,0
Ændring november 2000				
Jyndeved	-0,1	-1,2	-1,1	-0,5
Foulum	-0,1	-1,7	-3,8	-0,3
Flakkebjerg	-0,3	-0,7	-1,7	-0,1

Negative næringsstofbalancer for fosfor (P), K og magnesium (Mg) medførte et fald i jordbundstallene i løbet af 1. rotation, selv i de sædskifter, hvor der blev tilført gylle (tabel 3). Det

betydelige fald i Kt på næsten 4 på Foulum skyldes, at afgrøderne fortrinsvis har udnyttet den let ombyttable K-pulje i jorden som følge af et højt udgangsniveau. På Jyndeved var kalitalene (Kt) lave ved forsøgets start, og de faldt yderligere efter omlægningen. I supplerende gødningsforsøg i 2000 og 2001 viste det sig at ært, i modsætning til korn, gav merudbytte for gødskning med K.

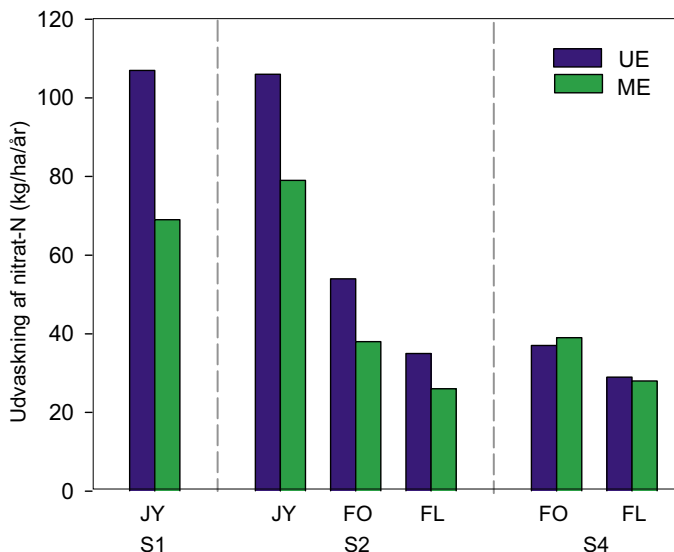
Endvidere forøgedes kløverandelen betydeligt i kløvergræsset ved K-tilførsel. Derfor blev der efterfølgende tilført K til bælgsåden og til vårbyg med kløvergræsudlæg i UG-behandlingerne på Jyndeved. Forsøg viste begyndende udbytte-reduktion på Jyndeved og Foulum som følge af mangel på svovl (S).

Udvaskning af N og K

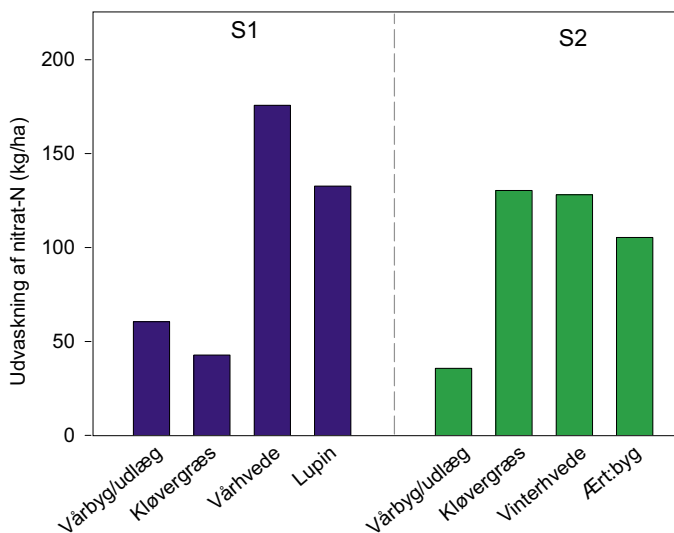
Udvaskningen fra sædskifterne blev målt ved hjælp af keramiske sugeceller installeret i 0,8 m dybde på Jyndeved og i 1 m dybde på de øvrige lokaliteter. Udvaskningssæsonen regnes som et år fra 1. april. De beregnede værdier for udvaskning stammer alene fra 1. rotation, mens koncentrationerne angives frem til 2003. Tilførsel af gylle til sædskifterne øgede ikke N-udvaskningen. Udvaskningen var størst på den grovsandede jord på Jyndeved og mindst på lerjorden på Flakkebjerg (figur

5). Brug af efterafgrøderne og dermed også undladelse af efterårsstubbearbejdning reducerede udvaskningen med 38 % på Jyndeved i både S1 og S2. På Foulum reducerede efterafgrøderne udvaskningen i S2 med 30% til samme niveau som i S4, hvor der ikke indgik kløvergræs. På Flakkebjerg var reduktionen 26%, hvilket dog ikke var statistisk sikkert. Efterafgrøderne reducerede ikke udvaskningen i S4. Dette skyldes sandsynligvis brugen af hvidkløver i samdyrkningen med vintersæden og dermed et betydelig tilskud af fikseret N i forhold til S4 uden efterafgrøder. På Jyndeved var der ikke forskel mellem N-udvaskningen i S1 og S2. Forårsplojningen i S1 reducerede således ikke udvaskningen i forhold til efterårsplojningen som gennemsnit af sædskifterne. Størst udvaskning fandt sted i den første vinter efter forårsplojningen i S1, mens der var betydelig tab både første og anden vinter efter efterårsplojningen i S2 (Figur 6). De mindste tab blev målt under kløvergræsset i S1 og vårbyg med udlæg.

De målte nitrat-koncentrationer i jordvandet på Jyndeved nåede i visse tilfælde over 100 mg nitrat-N/l, målt efter ompløjning af kløvergræsset. Figur 7 viser resultater fra et sæt parceller i S2 på Jyndeved. Her steg nitrat-koncentrationerne i sugecelledybde stærkt



Figur 5. Udvaskning af nitrat-N (kg N/ha/år) fra sædskifte 1, 2 og 4, med (ME) og uden efterafgrøder (UE), på Jyndeved (JY), Foulum (FO) og Flakkebjerg (FL). Gennemsnit af 1. rotation, med gødning.



Figur 6. Udvaskning af nitrat-N (kg N/ha/år) på Jyndeved fra de fire afgrøder i sædskifte 1 og 2, uden efterafgrøde og med gødning.

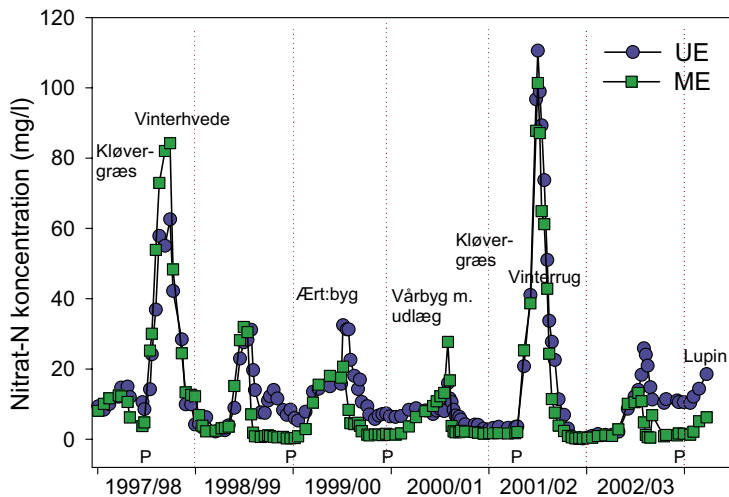
efter ompløjning af kløvergræsset i 1997 og efter skrælpøjningen forud for minisom-

merbrak i 2001. Gennem alle årene har efterafgrøderne reduceret koncentrationerne

i forhold til bar jord, hvor der blev udført kvikharvninger. Effekten af efterafgrøderne var forsinket efter høst, men holdt til gengæld et stykke tid efter nedpløjningen om foråret. Efterafgrøder og undladelse af stubbearbejdning på Jyndeved reducerede udvaskningen efter korn og bælg-sæd med 60-80 kg N/ha årligt. Resultaterne tyder på, at stubbearbejdningen i forhold til at lade jorden ligge urørt efter høst har øget udvaskningen betydeligt på den grovsandede jord.

De største svingninger i nitrat-N blev målt på Jyndeved (figur 8). På Flakkebjerg steg nitrat-koncentrationerne over årene, hvilket sandsynligvis hænger sammen med, at kløvergræsset har øget jordens N-omsætning. De højeste gennemsnitlige nitrat-koncentrationer blev målt i efteråret på Jyndeved, om vinteren på Foulum og i foråret på Flakkebjerg. Forskelle i jordtype og klimaforhold medførte således et halvt års forsinkelse i nitrat-udvaskningen på Flakkebjerg i forhold til Jyndeved.

K-koncentrationerne i jordvandet var højest på Jyndeved og lavest på Flakkebjerg, men alle var lavere end nitrat-koncentrationerne (figur 8). På Jyndeved varierede K-koncentrationerne på samme måde som nitrat-koncentrationerne, hvorimod de bevægede sig modsat på



Figur 7. Forløbet af nitrat-koncentrationer på Jyndeved i mark 2, sædskifte 2 med gødning og uden (UE) og med efterafgrøde (ME). Lodret stiplede linie markerer 1. april i det pågældende år. P angiver tidspunkt for pløjning.

Foulum. Dette skyldes, at K bevæger sig langsommere ned gennem jordprofilen end nitrat, jo mere ler i jorden des langsommere. K-koncentrationerne på Jyndeved faldt i de første år. Som gennemsnit af 1. rotation blev der i S2 uden efterafgrøde og med gødning udvasket 37, 16 og 2 kg K/ha på henholdsvis Jyndeved, Foulum

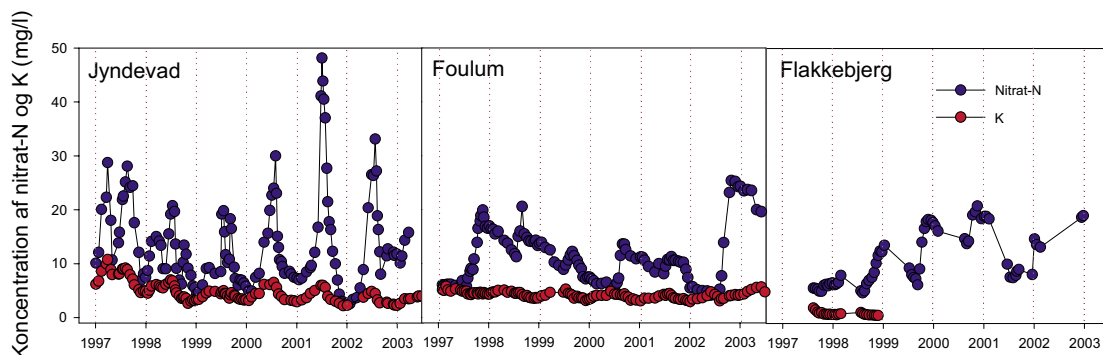
og Flakkebjerg. Udvasning fra lerjorden var således ubetydelig. På Jyndeved faldt udvaskningen i løbet af første rotation fra 46 til 20 kg K/ha i samme takt som kalitallene faldt. Der var ingen sikker effekt af efterafgrøder eller gødning på K-udvaskningen i 1. rotation.

Ukrudt

Frøkrudt

Forudsætningerne for ukrudtsbekæmpelse varierede meget mellem lokaliteterne. På Foulum og Flakkebjerg var der 2-4.000 ukrudtsfrø pr. m² i pløjelaget, mens der på Jyndeved var over 7.000 frø pr. m². I det første år var ukrudtstrykket lavt, under 20 g ukrudtstørstof/m² på alle lokaliteter bortset fra på Jyndeved (figur 9). Når Jyndeved ikke fik større problemer med ukrudt skyldes det, at der allerede fra starten af forsøget blev udført intensiv ukrudtsbekæmpelse med ukrudtsharvninger, også i sædskifterne med efterafgrøde (se boks 3). I efteråret 2001 blev den tidligt såede rug stærkt angrebet af meldug og plantebestanden blev væsentlig reduceret, hvilket efterfølgende gav meget store mængder frøkrudt.

På Foulum blev stigningen i frøkrudt vendt til et fald, efter at der fra 2001 indførtes ukrudts-



Figur 8. Koncentrationer af nitrat-N og K i jordvand fra Jyndeved, Foulum og Flakkebjerg. Gennemsnit af alle afgrøder i sædskifte 2, uden efterafgrøde og med gødning. Første april er angivet ved lodret stiplede linie.

bekæmpelse i afgrøderne med efterafgrøde samt nedfældning af gylle i såbedet til vårsæden (figur 9). Faldet skete på trods af, at vintersæden i efterårene 2000 og 2001 blev sået tidligt, hvilket medførte udvikling af store mængder ukrudt. Et tørt forår i 2002 på Foulum reducerede dog problemet.

På Foulum og Flakkebjerg gav gødning en øget ukrudtsandel af total tørstofproduktion, hvorimod andelen faldt på Jydevad. Dette var tilfældet i alle sædskifter. På Jydevad var der ikke stor forskel i total ukrudtstørstof mellem behandlingerne uden og med gødning, mens tørstofmængden steg ved tildeling af gødning på Foulum og Flakkebjerg. Ukrudtet har således udnyttet gødningen forholdsvis bedre end afgrøderne på Foulum og Flakkebjerg, mens afgrøderne på Jydevad har haft større fordel af gødningen end ukrudtet.

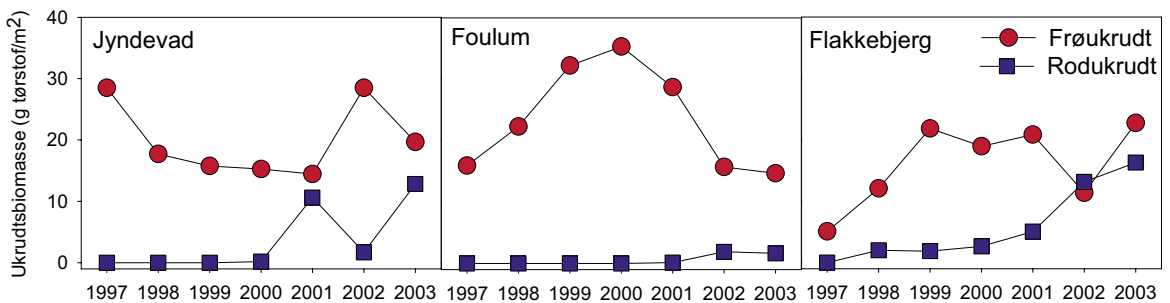
Der var generelt mest frøukrudt i vintersæden, og på Foulum var der langt mest frøukrudt i vintersæd i behandlingerne med efterafgrøde, hvor den mekaniske ukrudtsbekæmpelse var mindre intensiv. I bælgssæd gav efterafgrøder ikke den store forskel bortset fra på Flakkebjerg, hvor der i 2. rotation var mest frøukrudt i behandlingen med efterafgrøde, formentlig som følge af ringere konkurrence fra lupin/byg-blandingen end fra ært/byg i 1. rotation.

Rodukrudt

Rodukrudt forekom kun sporadisk ved forsøgets start i 1996, men mængden forøgedes betydeligt, især på Jydevad, hvor kvik dominerede, og på Flakkebjerg, hvor det største problem var tidsler (figur 9). Faldet på Jydevad i 2002 skyldes en meget intensiv bekæmpelse i efteråret 2001, som også blev udført i nogle parceller med efterafgrøde.

På Jydevad udviklede kvik sig meget hurtigt til et problem, især i den ene gentagelse af forsøget. I parceller uden efterafgrøde, hvor der var kvikproblemer, blev der derfor udført stubbearbejdning 4-8 gange i løbet af efterårene. I behandlinger med efterafgrøde blev der undtagelsesvis udført stubbearbejdning i efteråret 2001 i de stærkest kvikbefængte parceller. For at hæmme opformeringen af kvikken blev kløvergræsset på Jydevad afslået 3-5 gange, men alligevel steg kvikniveaet og i 2000 blev det besluttet at indføre "minisommerbrak" (se boks 3). Som det fremgår af figur 10 havde minisommerbrak god effekt på kvik i afgrøden umiddelbart efter kløvergræs, mens effekten allerede det følgende år var begrænset.

I vårbyg med udlæg i behandlingerne uden efterafgrøde kunne stubbearbejdning om efteråret i de foregående år holde kvikken på et stabilt

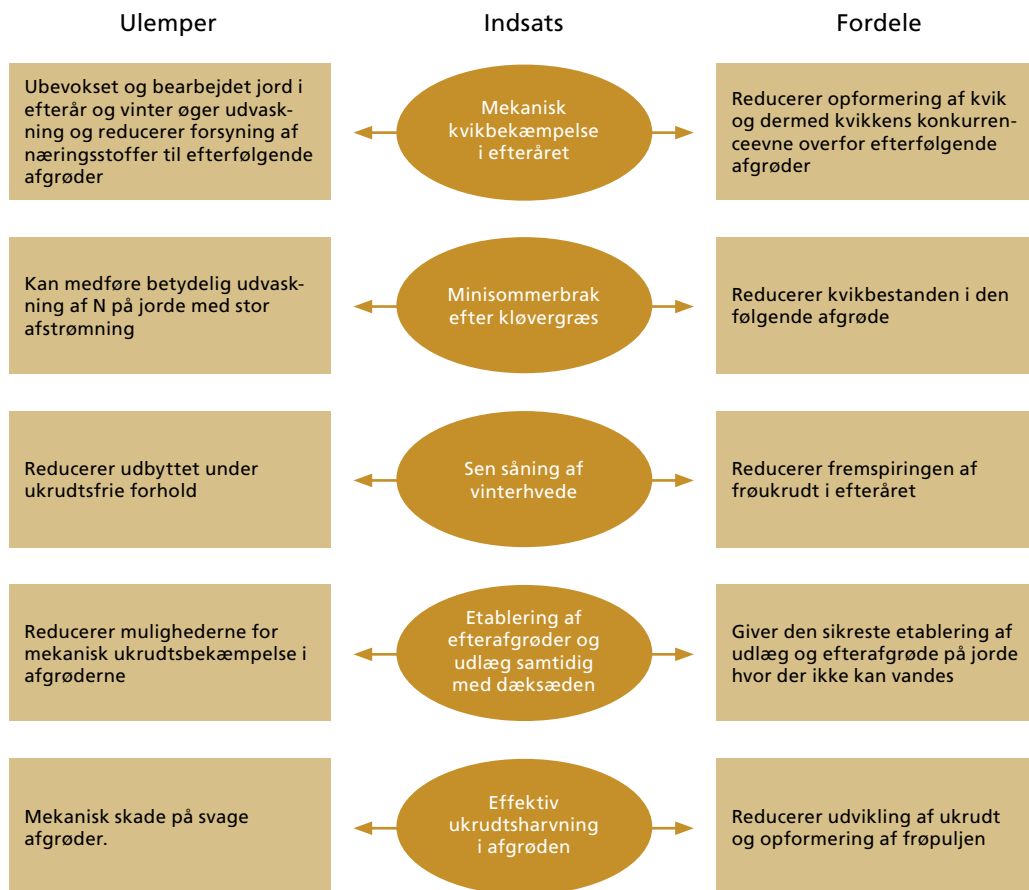


Figur 9. Udviklingen i ukrudtstørstof fra 1997 til 2003. Gennemsnit af alle behandlinger og afgrøder.

Boks 5

Dilemmaer og ukrudt

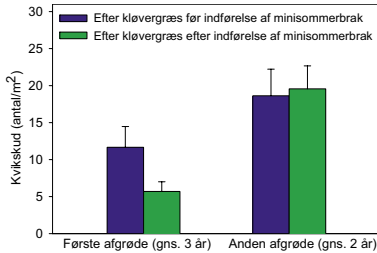
I den daglige drift opstår situationer, hvor de faktorer, vi ønsker at optimere, står i modsætning til hinanden. Dette gælder for eksempel mekanisk kvikbekæmpelse i efteråret, etablering af efterafgrøde og intensitet i ukrudtsharvning.



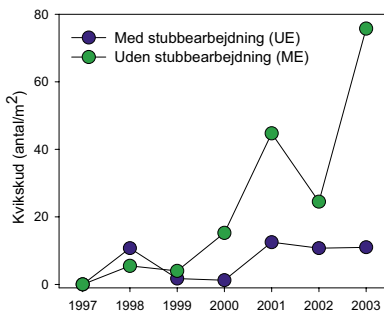
niveau (figur 11). I efteråret 2001 blev der også udført stubbearbejdninger i nogle parceller med efterafgrøde, hvilket er

årsagen til dykket i kvikniveau i 2002. På Flakkebjerg blev agertidsel hurtigt et problem. Fra næsten ingen tidsler de første år, til

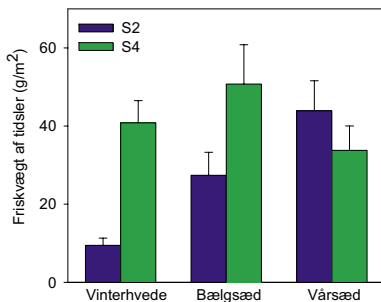
tidsler i stort set alle parceller efter 3-4 år. Tidslerne blev stukket, optalt og vejet lige omkring kornets skridning. Der blev gennemført stubbearbejd-



Figur 10. Udviklingen af kvikskud på Jyndevad i første og anden afgrøde efter kløvergræs før og efter indførelse af minisommerbrak. Gennemsnit af alle behandlinger.



Figur 11. Udviklingen i kvikskud i vårbyg uden og med stubbearbejdning i de foregående afgrøder på Jyndevad. Gennemsnit af sædskifter og gødningsbehandlinger.



Figur 12. Friskvægt af tidsler i sædskifte 2 og 4 på Flakkebjerg, gennemsnit af alle behandlinger (99-03). 2. års hvede er ikke medtaget. Vårsæd dækker vårbyg med udlæg i S2 og havre i S4.

ning i parceller uden efterafgrøde de fleste år, og i 2000-2002 blev vinterhvede uden

efterafgrøde tillige sået på dobbelt rækkeafstand og radrenset. Den største biomasse af tidsler blev fundet i S4, hvor der ikke indgår kløvergræs (figur 12). I S2 var det tydeligt at tidselbiomassen steg fra første afgrøde (vinterhvede) til tredje afgrøde (vårbyg) efter kløvergræs. I S4 var der stort set ikke forskel på niveauet i de forskellige afgrøder. I S2 og S4 var der ikke forskel på tidselbiomassen uanset om der var efterafgrøde eller stubbearbejdning. Efterafgrøder, som holder på næringsstofferne og konkurrerer med tidslerne i efteråret, har kunnet holde tidslerne på samme niveau som stubbearbejdning suppleret med radrensning, men ingen af metoderne var gode nok til at holde tidslerne på et rimeligt niveau.

Dilemmaer i bekæmpelse

I forbindelse med bekæmpelse af ukrudt opstår ofte dilemmaer hvor de faktorer, vi ønsker at optimere, står i modsætning til hinanden (boks 5). Et eksempel på dette var problemer med valg af såtidspunkt for vinterhveden på Foulum. Fra begyndelsen af forsøget blev vintersæden sået omkring 1. oktober. Vinterhveden på Foulum havde dog tendens til svag udvikling om foråret. Såningen blev derfor rykket til begyndelsen af september, hvilket skulle give hveden chance for bedre etablering om efteråret

og dermed hurtigere vækst i foråret. Men på trods af intensiv ukrudtsbekæmpelse med radrensninger om efteråret og radrensninger og ukrudtsharvninger om foråret opstod store problemer med kamille, der udviklede sig i kornrækkerne. Derfor blev såtidspunktet igen rykket tilbage til omkring 1. oktober.

Sygdomme og skadedyr

Der blev ikke fundet entydige forskelle mellem lokaliteterne og behandlingerne med hensyn til angreb af blad-sygdomme og skadedyr. I sortsvalget blev resistensegenskaber prioriteret højt, hvilket sandsynligvis har medvirket til de manglende forskelle. Med enkelte undtagelser har problemerne med sygdomme og skadedyr været små. En undtagelse var gråskimmel i lupin, som især har været et stort problem på Jyndevad.

Hvordan kan kornsædskiftet indrettes uden at bæredygtigheden mistes?

Kløvergræs i sædskiftet

Sædskiftet uden en grøngødningsmark gav i forsøget 10% højere udbytte i kerner og frø pr. arealenhed end sædskiftet med en grøngødningsmark. Hvad der er økonomisk mest fordelagtigt vil afhænge af den enkelte bedrift og af gældende støtteordninger.

Fordelen ved at inkludere en grøngødningsmark i sædskiftet er, at jordens frugtbarhed (f.eks. jordstruktur og N-eftervirkning) forbedres. På de bedre jorde forøgedes udbytteeffekten med stigende andel af kløver i kløvergræsset. Desuden blev opformeringen af tidsler hæmmet i grøngødningsmarker, hvor græsset afslås nogle gange i sæsonen. En miljømæssig ulempe ved grøngødningsmarker i sædskiftet er, at der kan udvaskes betydelige mængder N efter pløjning, især fra sandjorde med stor afstrømning.

Efterafgrøder i sædskiftet

Den miljømæssige fordel ved efterafgrøder er, at de kan reducere udvaskningen af N

betydeligt, især på sandjord. En del af denne fordel er sandsynligvis koblet med at der ikke foretages stubbearbejdning, som øger udvaskningen.

Der var også udbyttemæssige fordele ved efterafgrøder. I sædskiftet med kløvergræs (S2) var fordelene primært knyttet til vårbyggen. Som følge af kløvergræssets stødpudeeffekt (Boks 4) blev effekten af efterafgrøde negativ i vinterhveden i 2. rotation. På de bedre jorde reducerede dette den samlede udbytteeffekt af efterafgrøder i S2 til næsten ingenting. I sædskiftet uden kløvergræs (S4) var der et betydeligt merudbytte for brug af N-fikserende efterafgrøder, også i vinterhvede. Udbytte-

effekten af efterafgrøde var størst i sædskifter, hvor der ikke blev tilført gødning.

En ulempe ved undersøede efterafgrøder er, at de vanskeliggør effektiv bekæmpelse af tokimbladet ukrudt i vækstsæsonen og forhindrer efterårsbekæmpelse af rodukrudt. Resultaterne tyder dog på, at brug af efterafgrøder kan holde tidsler på samme niveau som stubbearbejdning og radrensning.

Tilførsel af gødning

Tilførsel af gødning (gylle) gav ingen forøgelse af N-udvaskningen, men betydelige merudbytter i alle systemer. Merudbytterne blev dog reduceret lidt i 2. rotation på de bedre jorde som følge af kløverens stødpudeeffekt. Tilførsel af gylle øgede ukrudtsmængden.

På længere sigt vil udbyttene i sædskifterne falde ved de anvendte gødningsniveauer hvis der ikke tilføres yderligere P, K, S og Mg. Bortset fra sædskifterne uden gødning på Jyndeved, hvor der tilføres K, var produktionen således baseret på tæring af jordens næringsstofreserver.

De nuværende regler for økologisk jordbrug tillader tilførsel af 70 kg total-N pr. ha harmoniareal, hvilket for sædskifterne i forsøget omfatter alle marker.

Med grøngødningsmark

Sædskifte	Efterafgrøder	Gødning	Rod-ukrudt
Vårbyg:udlæg			
Kløvergræs			○
Vinterkorn	Ikke-N-fikserende	50-100	
Vårkorn	N-fikserende	50	(○)

Uden grøngødningsmark

Sædskifte	Efterafgrøder	Gødning	Rod-ukrudt
Vinterkorn	Ikke-N-fikserende	100	(○)
Bælg/sæd/korn	Ikke-N-fikserende		
Vårkorn	N-Fikserende	50	
Vårkorn			○

Figur 13. Forslag til reviderede fire-markssædskifter. Gødning angiver kg ammonium-N/ha i husdyrgødning, og rodukrudt angiver hvor i sædskiftet der er mulighed for mekanisk bekæmpelse (parentes betyder, at en efterafgrøde må vige for rodukrudtsbekæmpelsen).



I forsøget blev tilført 35-40 kg total-N/ha i S2 og 60 kg total-N/ha i S4. Der er således inden for reglerne plads til næsten en fordobling af gødningsniveauet i S2, men kun en lille stigning i S4. En forøgelse af gødningsmængden i S2 op til det tilladte vil, med det udbytte-respons der er opnået i 2.

rotation (figur 3), kunne øge udbytterne med 2 til 5 hkg/ha. Dette vil øge udbyttet så meget i S2, at det kommer på højde med udbyttet i S4.

Design af sædskifte

Et sædskifte skal designes, så det kan modstå udfordringerne fra den daglige drift, hvor en

aktuel kortsigtet handling kan have langsigtede konsekvenser. Gennem brug af resistente sorter, god planteetablering og rettidig indsats overfor ukrudt var der generelt kun små problemer med sygdomme, skadedyr og frøukrudt. Derimod opstod hurtigt problemer i sædskifterne med rodskrudt,

især kvik og tidsler. Med baggrund i de høstede erfaringer fra forsøget er der i figur 13 givet et forslag til design og gødsning af et fire-marks kornsædskeft henholdsvis "med grøngødningsmark" (revideret S2) og "uden grøngødningsmark" (revideret S4). Kornet og bælgæden høstes ved modenhed.

I sædskiftet "med grøngødning" er bælgæden erstattet med vårkorn for at få en bedre udnyttelse af kløvergræsfrugten. I dette sædskeft vil udviklingen af tidsler blive hæmmet. Derimod har kløvergræs-grøngødningen ringere effekt på kvik, som i stedet må kontrolleres gennem konkurrencedygtige afgrøder og jordbearbejdningsmetoder. Mulighederne for at bekæmpe kvik er minisommerbrak i kløvergræsset og/eller stubbearbejdning i efteråret efter vårkorn. Hvis den N-fikserende efterafgrøde efter vårkorn droppes for at udføre kvikbekæmpelse, må den efterfølgende vårbyg tilføres en del af den husdyrgødning, der er til rådighed. Den tilførte gødningsmængde til vintersæden kan reduceres ved et højt kløverindhold i kløvergræsset.

Brug af en grøngødningsmark kan være aktuell på jorde med lav N-eftervirkning, eller hvor der er problemer med tidsler. På grovsandede jorde med stor

afstrømning udnyttes kløvergræssets eftervirkning ikke så godt som på de bedre jorde. Resultaterne tyder også på, at der kan mistes en betydelig N-mængde fra minisommerbrakken som følge af udvaskning. Såfremt kløvergræsset ikke tjener andre formål i produktionen, f.eks. afgræsning eller produktion af bioenergi, kan det derfor være mere hensigtsmæssigt at droppe kløvergræsset og tilføre N i mindre portioner til afgrøderne i form af husdyrgødning og eftervirkning af N-fikserende efterafgrøder.

I sædskiftet "uden grøngødning" placeres vinterkornet (f.eks. vinterhvede) efter 2. års vårkorn (f.eks. havre). Bælgæden kunne i stedet have været forfrugt til vinterkornet, men dette vil på sandjordene føre til et større udvaskningstab. Vinterkornet og 1. års vårkorn tilføres husdyrgødning, mens 2. års vårkorn lever af eftervirkning fra en N-fikserende efterafgrøde. Der kan udføres stubbearbejdning forud for vinterkornet og efterafgrøden efter vinterkornet kan droppes til fordel for en stubbearbejdning. En fordel ved at udføre stubbearbejdning efter vinterkornet er, at den efterfølgende bælgæd selv kan klare sin N-forsyning.

For at opretholde en stabil planteproduktion er der

brug for husdyrgødning til at afbalancere N-forsyningen. De gødningsmængder, der er anført i figur 13, svarer til ca. 40 kg ammonium-N/ha i gennemsnit af sædskefterne, hvilket svarer til de 70 kg total-N pr. ha, der er tilladt efter de nuværende økologiske regler. I dyrkningssystemer uden husdyr og uden import af husdyrgødning kunne det overvejes at flytte næringsstoffer mellem markerne gennem f.eks. slæt i en grøngødningsmark, enten direkte eller efter behandling i et biogasanlæg. Der vil dog på kortere eller længere sigt, selv med tilførsel af husdyrgødning, være behov for at tilføre andre næringsstoffer end N til sædskefterne.



Konklusioner

- Der var kun små problemer med sygdomme, skadedyr og frøkrudt. Derimod blev rodukrudt et stort problem i sædskifterne efter 3-4 år.
- Kløvergræs og efterafgrøder i sædskifterne reducerede opformeringen af tidsler, hvorimod der ikke var væsentlig effekt på kvik.
- Som følge af N-udvaskningen var eftervirkningen af kløvergræsset ringere på den grovsandede jord end på de mere lerholdige jordtyper.
- Tilførsel af husdyrgødning forøgede udbytterne i 1. rotation med 27 kg kerne per kg ammonium-N tilført og lige meget på alle tre lokaliteter. I 2. rotation var udbytteeffekten på de mere lerholdige jorde lavere i sædskiftet med kløvergræs.
- Efterafgrøder forøgede udbytterne og forøgelsen afhang af jordtype, sædskifte, afgrøde og rotation. Brug af N-fikserende efterafgrøder i sædskiftet uden kløvergræs gav høje merudbytter i korn.
- Efterafgrøder reducerede N-udvaskningen med 38% på Jyndevad, 30% på Foulum og 26% på Flakkebjerg som gennemsnit af et sædskifte med 50% efterafgrøder.
- Følsomheden af undersøgt kløvergræs overfor N-tilførsel til dæksæden betød, at den positive udbytteeffekt af gødning eller efterafgrøder til vårbyg med kløvergræsudlæg medførte en udbyttereduktion i den kornafgrøde, der fulgte efter kløvergræsset.

Grøn Viden indeholder informationer fra Danmarks JordbrugsForskning.

Grøn Viden udkommer i en mark-, en husdyr- og en havebrugsserie, der alle henvender sig til konsulenter og interesserede jordbrugere.

Abonnement tegnes hos
Danmarks JordbrugsForskning
Forskningscenter Foulum
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 10 28 / www.agrsci.dk

Prisen for 2004:
Markbrugsserien kr. 272,50
Husdyrbrugsserien kr. 225,00
Havebrugsserien kr. 187,50.

Adresseændringer meddeles særskilt til postvæsenet.

Michael Laustsen (ansv. red.)

Layout og tryk:
DigiSource Danmark A/S

ISSN 1397-985X

Forfattere:

M. Askegaard¹, J.E. Olesen¹,
I.A. Rasmussen², E. Driessen²,
E. Nielsen³, H.C. Thomsen³,
H. Bak¹ og J.F. Lindberg⁴.

¹Afd. for Jordbrugsproduktion og Miljø, DJF

²Afd. for Plantebeskyttelse, DJF

³Afd. for Mark- og Stalldrif, DJF

⁴Grønt Center, Holeby

Fotos:

Henning C. Thomsen

Grøn Viden

