

Udnyttelse af husdyrgødning i sædskifter til økologisk planteavl

Jørgen E. Olesen¹, Margrethe Askegaard¹ og Ilse A. Rasmussen²

¹ Danmarks JordbrugsForskning, Afd. for Plantevækst og Jord, Forskningscenter Foulum

² Danmarks JordbrugsForskning, Afd. for Plantebeskyttelse, Forskningscenter Flakkebjerg

Sammendrag

På planteavlsbrug er mulighederne for indkøb af husdyrgødning ofte begrænset til indkøb af konventionel husdyrgødning inden for grænsen på 25% af kvælstofbehovet. Muligheder for at tilgode afgrødernes næringsstofbehov på denne måde afhænger af bortførelse af næringsstoffer med afgrøderne og hvor store især udvaskningstabene er. Disse aspekter undersøges i et forsøg med forskellige sædskifter på fire forskellige jordtyper. Sædskifterne repræsenterer systemer med forskellige andele af korn og kvælstoffikserende afgrøder. Sædskifterne afprøves på fire forskellige måder, henholdsvis med og uden brug af efterafgrøder og med og uden brug af husdyrgødning. I de gødede parceller blev sædskiftet gødet med gylle svarende til 40% af de ikke-fikserende afgrøder kvælstofbehov.

Udbyttet i vårbyg viste en nedadgående tendens over de første tre år af forsøget i systemet uden gødning og efterafgrøde. Det mest stabile og højeste udbytte opnåedes i systemet med fangafgrøde, og især hvor der også anvendtes gødning. Udvasningen af både kvælstof og kalium viste store forskelle mellem forsøgsstederne. Udvasningen af kvælstof var beskeden og kaliumudvasningen kunne ignoreres på den sandblandende lerjord på Sjælland og lerjorden på Lolland. Derimod forekom der stor udvasning af både kvælstof og kalium på den grovsandede jord på Jyndevad og nogen udvasning på den lerblandede sandjord ved Foulum. Udvasningen af kvælstof kan begrænses ved anvendelse af efterafgrøder og kompenseres gennem dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder. Der vil derimod være behov for yderligere gødskning med godkendte kaliumgødninger på den grovsandede jord på Jyndevad. Det er endnu for tidligt at afgøre om der også vil være et yderligere behov for gødskning med kalium på Foulum.

Der var betydelig variation mellem forsøgssteder og år i de opnåede udnyttelsesprocenter af kvælstof i den tilførte gylle. Dette kan hænge sammen med at gyllen blev udlagt med slæbeslanger om foråret, og ikke nedfældet eller nedpløjet. En sådan nedfældning eller nedpløjning vil muligvis også kunne medvirke til at øge afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet.

Indledning

Der er et stort behov for mere økologisk korn, både for at tilfredsstille behovet for mere økologisk brød og for at kunne øge den økologiske svine- og fjerkræproduktion. I økologisk jordbrug vil en øget kornproduktion ske på bekostning af kløvergræsmarkerne, som udgør en vigtig kerne i den dyrkningsmæssige stabilitet og produktionsevne i de fleste økologiske sædskifter (Askegaard et al., 1999). En øget kornproduktion vil derfor kunne mindske stabiliteten i planteproduktionen. Det kan blive vanskeligt at styre ukrudtet, der vil kunne optræde flere sygdomsangreb og næringstilførslen kan blive kritisk lav. Det er derfor nødvendigt at undersøge, hvor langt vi kan gå med at øge kornandelen i sædskifterne, og hvordan kløvergræsmarkerne kan suppleres eller erstattes af andre dyrkningsforanstaltninger, herunder tilførsel af husdyrgødning og anvendelse af efterafgrøder.

Beregninger af næringsstofbalancer for økologiske planteavlsbrug har antydnet, at sådanne sædskifter som helhed vil være omtrentlig i balance med hensyn til N, P og K såfremt der importeres

konventionel husdyrgødning svarende til det tilladte niveau på 25% af behovet (Olesen og Vester, 1995). Hvis gødningen importeres som dybstrøelse kan der endog opstå et betydeligt K- og N-overskud på langt sigt. En tilstrækkelig kvælstofforsyning er betinget af anvendelse af dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder alene til grøngødningsformål. Af hensyn til kvælstofforsyningen er det også væsentligt at optimere sædskiftet med hensyn til reduktion af udvaskningen, og her spiller især dyrkning af vårsæd med efterafgrøder en stor rolle (Hansen og Kristensen, 1998).

Ønsket om at sikre en god kvælstofforsyning gennem dyrkning af grøngødningsafgrøder kan dog modvirke ønsket om en høj og rentabel produktion, fordi en del af arealet vil ligge hen i afgrøder, der ikke er salgbare. Samtidigt spiller næringsstofforsyningen også en rolle for andre aspekter i dyrkningssystemet, herunder forekomst af ukrudt og sygdomme. I denne artikel tages udgangspunkt i et forsøg med forskellige sædskifter til kornproduktion i økologisk jordbrug. Der lægges særlig vægt på de aspekter af forsøget, der vedrører anvendelse og udnyttelsen af husdyrgødning.

Metode

For at belyse mulighederne for at dyrke mere økologisk korn til modenhed, blev der i 1996/97 anlagt et økologisk sædskifteforsøg på fire lokaliteter i Danmark – henholdsvis Jyndevad (grovsandet jord) i Sønderjylland, Foulum (lerblandet sandjord) i Midtjylland, Flakkebjerg (sandblandet lerjord) på Sjælland og Holeby (lerjord) på Lolland. Sædskifterne repræsenterer systemer med forskellige andele af korn og kvælstoffikserende afgrøder (tabel 1). Sædskifterne afprøves på fire forskellige måder, henholdsvis med og uden brug af efterafgrøder og med og uden brug af husdyrgødning.

På de lette jorder i Jyndevad og Foulum anvendes forårsplojning. I Flakkebjerg og Holeby, hvor jorderne er lerede, pløjes om vinteren. Al husdyrgødning tilføres som gylle om foråret i en mængde svarende til i gennemsnit 40% af N-behovet i korn og roer med udgangspunkt i kvælstofnormerne fra 1997 (Plantedirektoratet, 1997). Som gennemsnit af forsøgsstederne og markerne i sædskifterne er kvælstofbehovet opgjort til 60, 60, 93 og 113 kg N/ha. Behovet for kløvergræsset og ært/byg er sat til nul. Fordelingen af gødningen i sædskiftet er vist i tabel 2. Den aktuelle gødningsmængde fastsættes svarende til indholdet af ammoniumkvælstof i husdyrgødningen, og der benyttes den gylletype som er til rådighed på forsøgsstedet. Gyllens indhold af ammoniumkvælstof i procent af totalkvælstof har i gennemsnit været 58% ved Jyndevad, 63% ved Foulum, 65% ved Flakkebjerg og 86% ved Holeby. Gødningen fordeles ligeligt mellem de ikke-fikserende arter i sædskifte 1 til 3, hvorimod vintersæden i sædskifte 4 gives præference over havren (tabel 2). Gyllen udbringes med slæbeslanger. I vårsæden udbringes gødningen efter plojning og fældning af jorden, men inden såbedsharvningen. I vintersæden tilføres gødningen om foråret efter en ukrudtsharvning.

I systemerne uden efterafgrøder kontrolleres ukrudt ved hjælp af harvning eller radrensning. På Foulum sås vintersæd i sædskifte 4 uden efterafgrøder på større rækkeafstand for at muliggøre radrensning. På Jyndevad benyttes denne fremgangsmåde i alle kornafgrøder (bortset fra ært/byg) uden fangafgrøder eller kløvergræsudlæg.

Alle afgrøder høstes ved modenhed. Kløvergræsmarkerne, der alene fungerer som grøngødningsafgrøder, afslås 4-5 gange i løbet af vækstsæsonen, og det afklippede plantemateriale efterlades, ligesom halm og roetop, på marken. Hvor der ikke er efterafgrøder, kan der efter høst udføres stubharvninger, hvis der er behov. I Jyndevad vandes afgrøderne efter anbefalingerne i PC-MarkVand.

Efterafgrøderne i sædskifte 1, 2 og 3 er enten en sildig rajgræs eller en blanding af sildig rajgræs og fire kløverarter (kællingetand, humlesneglebælg, serradel og jordkløver), som undersås i dæksæden i foråret. I sædskifte 4, som er helt uden kløvergræs, dyrkes vintersæden i et tæppe af hvidkløver. Ideen er, at denne hvidkløver, som udlægges i havre, skal erstatte grøngødningsafgrøden. Såning af vintersæden i dette system sker på dobbelt rækkeafstand i opfræsede bånd, og hvidkløver og ukrudt bliver efterfølgende kontrolleret ved hjælp af børsterensning.

Der måles udbytte og indhold af N, P og K i udbyttet i alle parceller. Ukrudtsbiomassen måles ved tidspunktet for kornets skridning, og forekomst af sygdomme bedømmes ved blomstringstidspunktet i kornet. Udvaskningen af kvælstof og kalium måles med sugeceller i udvalgte parceller.

Resultater og diskussion

Udviklingen i udbytterne i vårbyg i sædskifte 2 er vist i tabel 3 for hver af de tre forsøgssteder. Udbyttet er faldende i det ugødede system uden efterafgrøder, hvorimod udbyttene synes at være stabiliseret i de øvrige systemer. Det mest stabile og højeste udbytte fås i systemet med fangafgrøde, hvor der har været dyrket en kløvergræsblanding som efterafgrøde i ært/byg forud for vårbyggen. Den positive effekt af efterafgrøden synes at være steget betydeligt fra 1998 til 1999. Merudbyttet for gødsningen med gylle har været størst i 1999 og generelt størst i systemet uden fangafgrøde. Resultaterne viser således, at der sker en forholdsvis hurtig udbyttenedgang i økologiske dyrkningssystemer, hvor der hverken anvendes gødning eller efterafgrøder. Udbyttenedgangen sker på et enkelt år i på den grovsandende jord, men kræver flere år på jord med højere lerindhold. Der var store forskelle i arealernes forhistorie, hvilket er forklaringen på det forskellige udbytteneiveau i udgangssituationen. Ved Foulum havde der således været dyrket kløvergræs på en del af forsøgsarealet inden for de forudgående fem år, mens der på forsøgsarealet på Flakkebjerg kun havde været dyrket korn.

Effekten af gødsningen kan opgøres som kvælstofudnyttelsesprocenten, der beregnes som (Petersen, 1996):

$$\text{Udnyttelsesprocent} = 100 \frac{[\text{kvælstofoptag}(\text{gødet}) - \text{kvælstofoptag}(\text{ugødet})]}{\text{kvælstoftilførsel}}$$

Kvælstofoptag er her bestemt som høstet kvælstof i kerne. Denne kvælstofudnyttelsesprocent er vist for nogle af kornafgrøderne i tabel 4. Udnyttelsesprocenten er her beregnet i forhold til mængden af ammoniumkvælstof i gyllen. Udnyttelsesprocenten varierede en del mellem både forsøgssteder og år, og var højest og mest stabil ved Foulum. I gødningsforsøg under Landsforsøgene lå udnyttelsesprocenten af de første 50 kg N i handelsgødning på 41% som gennemsnit for årene 1991 til 1998 (Knudsen, 2000). På Foulum var der derfor en udnyttelse af ammoniumkvælstof i gyllen, der var på højde med eller højere end den normale udnyttelsesprocent af kvælstof i handelsgødning. Den lave udnyttelse af kvælstof i gylle ved Jyndevad i 1998 skyldes formentlig at det regnede inden gylleudbringningen, hvilket førte til en skorpedannelse, der bevirkede at gyllen løb ud i sporene med et meget uensartet fordeling af gyllen til følge. På Flakkebjerg havde der også dannet sig skorpe på jorden i 1998, men her blev der lavet en opharvning inden gylleudbringning, uden at dette tilsyneladende havde den ønskede effekt på udnyttelsesprocenten.

Udvaskningen af kvælstof og kalium fra alle afgrøder i sædskifte 2 uden fangafgrøde og med tilførsel af gylle er vist i tabel 5. Der er nogen variation mellem de to udvaskningssæsoner, der indgår i opgørelsen, men variationen mellem forsøgssteder er betydeligt større. Der var en meget stor kvælstofudvaskning på Jyndevad, som i de fleste afgrøder og i begge år oversteg 100 kg N/ha/år. Kvælstofudvaskningen var kun ca. halvt så stor på Foulum, og blev yderligere mere end halveret på Flakkebjerg og Holeby. Disse forskelle er betinget af forskelle i roddebygge, jordens vandholdende evne og nedbørsoverskud. For

kvælstofudvaskningens vedkommende var der også nogen forskelle mellem afgrøderne med den største udvaskning efter kløvergræs og mindst efter vårbyg.

Kaliumudvaskningen viser ifølge tabel 5 betydeligt mindre variation mellem afgrøderne, men en noget større variation mellem forsøgsstederne end kvælstofudvaskningen. Kaliumudvaskningen ved Foulum var således kun en trediedel af udvaskningen ved Jyndevad, og ved Flakkebjerg og Holeby var der stort set ingen kaliumudvaskning. Koncentrationen af kalium i det afstrømmende vand er jævnt faldende ved både Jyndevad og Foulum, og det er derfor sandsynligt at kaliumudvaskningen fremover vil blive lidt mindre end værdierne i tabel 5.

I tabel 6 er næringsstofbalancerne for kvælstof, kalium og fosfor opgjort som gennemsnit for årene 1997 og 1998 i de enkelte sædskifter med og uden tilførsel af husdyrgødning. Der er tale om en bruttobalance, der kun omfatter tilført næringsstof med gødning og vanding minus fraført næringsstof i udbyttet. Opgørelsesmetoden bevirker at balancen for de ugødede afgrøder i tabel 6 stort set svarer til fraførslen i det høstede afgrøde, og denne balance er derfor negativ. Gødskningen har i de fleste tilfælde kunnet rette op på dette for kalium og fosfors vedkommende. Udtagelsen er sædskifte 3, hvor der fraføres store mængder kalium i roe-roden. Balancen i tabel 7 tager ikke højde for det betydelige tab af kvælstof og kalium, der kan forekomme ved udvaskning. En sammenligning med tabel 6 viser derfor at både kvælstof- og kaliumbalancerne vil være betydeligt mere negative på Jyndevad og Foulum. Det forekommer sandsynligt, at der i løbet af kort tid vil optræde kaliummangel på Jyndevad, og sådanne mangelsymptomer blev da også konstateret her i foråret 1999. På denne grovsandede jord er der derfor behov for gødskning med godkendte kaliumgødninger ud over den kalium, der tildeles med gylle. Det er endnu for tidligt at afgøre om der også vil være et yderligere behov for gødskning med kalium på den lerblandede sandjord på Foulum.

Gødskningen påvirker ikke alene afgrøden og dennes vækst, men også forekomsten af ukrudt og sygdomme. Der var som vist i tabel 7 en generel tendens til lidt større ukrudtsbiomasse i de parceller, som har fået tilført gødning. I 1998 var dette dog kun signifikant for ukrudtet i vinterhvede ved Foulum. Da afgrøden samtidigt også er blevet styrket ved gødskningen har denne stigning i ukrudtsbiomassen ikke nødvendigvis ført til en forholdsmæssig større konkurrence fra ukrudtet. Tabel 8 viser et betydeligt større meldugangreb i havre, der er gødet. Tilsvarende forhold gjorde sig ikke gældende i vårbyg og vinterhvede, hvor en høj grad af specifik resistens forhindrede meldugangreb.

Ved planlægningen af forsøgsbehandlinger blev disse forsøgt gennemført så godt som muligt under de givne forhold (Askegaard et al., 1999). En af de dilemmaer, som der dog optrådte i denne sammenhæng har været, at fordelingen af gødningen i sædskifte burde være forskellig med og uden fangafgrøder for i bedst mulig omfang at tilgodese etablering af udlæg af grøngødningsmarker og efterafgrøder. I forsøget har vi dog valgt at give samme mængde for at kunne sammenligne de to behandlinger. Dette kan føre til at udlægget bliver trykket i systemet med efterafgrøder og husdyrgødning.

Udnyttelse af den tilførte gødning har i nogle tilfælde været for lav, og denne vil formentlig kunne øges ved nedfældning af gyllen eller ved udbringning om foråret inden pløjning. Den første mulighed er fravalgt på grund af mangel på udstyr, og den anden er fravalgt fordi dette kan føre til en større variabilitet i parcellerne (striber). Begge disse muligheder vil dog formentlig have den yderligere fordel, at de ville kunne øge afgrødens konkurrencekraft i forhold til ukrudtet. Der er derfor behov for at undersøge effekten af nedbringning og placering af gødningen i denne sædskiftemæssige sammenhæng.

Referencer

- Askegaard, M., Eriksen, J., Søegaard, K. & Holm, S. (1999). Nutrient management and plant production in four organic dairy farming systems. I J.E. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen & U. Köpke (Red) Designing and testing crop rotations for organic farming. *DARCOF Report* no. 1. s. 257-266.
- Askegaard, M., Olesen, J.E. & Rasmussen, I.A. (1999). Agronomic considerations and dilemmas in the Danish crop rotation experiment. I J.E. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen & U. Köpke (Red) Designing and testing crop rotations for organic farming. *DARCOF Report* no. 1. s. 63-70.
- Hansen, B. & Kristensen, E.S. (1998). N-udvaskning og balancer ved omlægning fra konventionelt til økologisk jordbrug. I E.S. Kristensen & J.E. Olesen (Red) Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer. *FØJO rapport* nr. 2. s. 87-114.
- Knudsen, L. (2000). Personlig meddelelse. Landskontoret for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Olesen, J.E. & Vester, J. (1995). Næringsstofbalancer og energiforbrug i økologisk jordbrug - fokus på kvægbedrifter og planteavl. *SP rapport* nr. 9.
- Petersen, J. (1996). Husdyrgødning og dens anvendelse. *SP rapport* nr. 11.
- Plantedirektoratet (1997). Vedledning og skemaer, mark- og gødningsplan, gødningsregnskab, grønne marker 1997/98. Plantedirektoratet. 37 s.

Tabeller

Tabel 1. De fire sædskifter i forsøget og deres fordeling på lokaliteterne.

Sædskifte 1	Sædskifte 2	Sædskifte 3	Sædskifte 4
Vårbyg m. udlæg	Vårbyg m. udlæg	Vårbyg m. udlæg	Havre
Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Vinterhvede
Vårhvede	Vinterhvede	Vinterhvede	Vinterhvede/triticale
Lupin	Ært/byg	Sukkerroer	Ært/byg
Kun i Jyndevad	Alle fire steder	Flakkebjerg og Holeby	Foulum, Flakkebjerg og Holeby

Tabel 2. Tilførsel af gylle til afgrøderne i de fire sædskifter i sædskifteforsøget angivet i $\text{NH}_4\text{-N}$ og i den tilsvarende dyretæthed (de ha^{-1}) at Jyndevad (Jy), Foulum (Fo), Flakkebjerg (Fl) and Holeby (Ho). En dyreenhed (de) svarer til 100 kg total N produceret per år.

	Sædskifte			
	1	2	3	4
Gødede afgrøder	$\text{NH}_4\text{-N}$ in gylle (kg/ha/år)			
Vårbyg	50	50	50	-
Vårhvede	50	-	-	-
Havre	-	-	-	40
Vinterhvede/triticale	-	50	50	70
Sukkerroer	-	-	50	-
Gns. i sædskiftet	25	25	38	45
Gylletype	Dyretæthed (de/ha)			
Kvæggylle (Jy)	0.5	0.5	-	-
Svinegylle (Fo, Ho)	-	0.4	0.6	0.7
Afgasset gylle (Fl)	-	0.4	0.6	0.7

Tabel 3. Kerneudbytte i vårbyg i sædskifte 2 (hkg/ha) med og uden gødning. For årene 1998 og 1999 er der også foretaget en opdeling med og uden fangafgrøde.

Sted	År	Uden fangafgrøde		Med fangafgrøde	
		Ugødet	Gødet	Ugødet	Gødet
Jyndevad	1997	31	38		
	1998	14	17	17	23
	1999	13	24	22	40
Foulum	1997	36	46		
	1998	47	56	45	63
	1999	19	37	36	43
Flakkebjerg	1997	22	42		
	1998	29	33	26	34
	1999	15	33	25	43

Tabel 4. Kvælstofudnyttelsesprocenten for gødskning med gylle til vårbyg, havre og vinterhvede i 1997 og 1998 på de enkelte forsøgssteder. For vinterhvede er kun medtaget vinterhvede i sædskifte 2. Kvælstofudnyttelsesprocenten er udtrykt i forhold til indholdet af ammoniumkvælstof i gyllen.

Afgrøde	År	Jynde vad	Foulum	Flakkebjerg
Vårbyg	1997	33	42	31
	1998	7	41	15
Havre	1997		40	61
	1998		71	30
Vinterhvede	1997	27	54	24
	1998	17	50	10

Tabel 5. Udvaskning af kvælstof og kalium (kg/ha/år) i afgrøderne i sædskifte 2 uden fangafgrøder og med tilførsel af gylle for to udvaskningssæsoner, begge opgjort fra 1/4 til 31/3.

Afgrøde	Jynde vad		Foulum		Flakkebjerg		Holeby	
	97/98	98/99	97/98	98/99	97/98	98/99	97/98	98/99
<i>Kvælstof</i>								
Vårbyg	73	88	15	36	7	14	12	
Kløvergræs	172	110	65	76	17	49		5
Vinterhvede	95	120	66	53	8	16	21	
Ært/byg	115	126	21	55	7	37		16
<i>Kalium</i>								
Vårbyg	38	47	14	16	3	2	1	
Kløvergræs	44	40	17	15	2	1		1
Vinterhvede	46	36	12	19	1	1	1	
Ært/byg	57	47	15	13	2	1		1

Tabel 6. Næringsstofbalancer for kvælstof, kalium og fosfor (kg/ha/år) opgjort som tilført næringsstof med gødning og vanding minus høstet næringsstof i udbyttet (kun kerne). Næringsstofbalancerne er vist som gennemsnit af årene 1997 og 1998 af alle markerne i hvert sædskifte og for hvert forsøgssted.

Sted	Sædskifte 1		Sædskifte 2		Sædskifte 3		Sædskifte 4	
	Ugødet	Gødet	Ugødet	Gødet	Ugødet	Gødet	Ugødet	Gødet
<i>Kvælstof</i>								
Jynde vad	-26	4	-45	-16				
Foulum			-62	-38			-67	-23
Flakkebjerg			-40	3		19	-47	11
Holeby				-20		-14		-21
<i>Kalium</i>								
Jynde vad	-6	19	-12	12				
Foulum			-17	-3			-18	9
Flakkebjerg			-12	3		-7	-14	9
Holeby				-4		-32		0
<i>Fosfor</i>								
Jynde vad	-5	1	-8	-2				
Foulum			-11	-3			-12	2
Flakkebjerg			-7	-4		6	-9	7
Holeby				-3		-4		-3

Tabel 7. Ukrudtets biomasse (g/m²) i afgrøder med og uden gødning i 1998.

Sted	Gødning	Vårbyg	Vinterhvede	Havre	Vårhvede
Jynde vad	Uden	17	23		20
	Med	14	31		21
Foulum	Uden	13	18	4	
	Med	19	39	16	
Flakkebjerg	Uden	5	9	5	
	Med	15	19	21	

Tabel 8. Effekt af gødskning på meldug i havre bedømt som gennemsnitlig procent dækning af de tre øverste blade på blomstringstidspunktet.

Sted	År	Ugødet	Gødet
Foulum	1997	3.4	6.6
Foulum	1998	5.6	28.6
Flakkebjerg	1998	1.0	2.1