



**Forskningscenter for Økologisk Jordbrug**

**FØJO**

**Økologisk planteproduktion**

**Resultater af forskning  
i FØJO I**

Michael Tersbøl og Claus Bo Andreasen

**Økologisk planteproduktion**

# **Resultater af forskning i FØJO I**

**FØJO-rapport nr. 18**  
**Udskrevet fra [www.foejo.dk](http://www.foejo.dk)**

Michael Tersbøl og Claus Bo Andreasen

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug 2002

**FØJO-rapport nr. 18/2002**  
**Økologisk plantedyrkning**  
**Resultater af forskning i FØJO I**

*Forfattere*

Michael Tersbøl, Landbrugets Rådgivningscenter og  
Claus Bo Andreasen, Forskningscenter for Økologisk Jordbrug

*Udgiver*

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO)

*Udgivet*

December 2002

*Layout*

Forside: Enggaardens Tegnestue

Indhold: Grethe Hansen, Forskningscenter for Økologiske Jordbrug

*Fotos på omslag*

E. Keller Nielsen

Tryk: DigiSource A/S, Viborg

Papir: 90 g Cyklus print

Sidetæl: 164

ISSN: 1398-716X

Pris: 100,- kr. inkl. moms og forsendelse

*Købes hos*

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO)

Foulum

Postboks 50

8830 Tjele

Tlf. 89 99 16 75, fax 89 99 16 73

E-mail: [foejo@agrsci.dk](mailto:foejo@agrsci.dk)

# Forord

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO) blev etableret i 1996 med det formål at koordinere en samlet forskningsindsats i økologisk jordbrug på tværs af institutioner og arbejdsområder. I de første år af FØJO's levetid blev der iværksat i alt 51 forskningsprojekter med deltagelse af forskere fra 15 forskellige forskningsinstitutioner.

Hovedparten af forskningsindsatsen, som populært kaldes FØJO I, blev afsluttet ved udgangen af 2000. Projekterne vedr. økologisk planteværn er dog først afsluttet i 2001 og 2002.

I forlængelse af projekterne er der ud over den traditionelle forskningspublicering og formidling udgivet oversigtsrapporter, der samler viden og erfaringer, som er opnået på de forskellige forskningsområder. Der bl.a. udgivet rapporter om økologiske fødevarer, økologisk svinebrug, mælkeproduktion, fjerkræ, energiforbrug, husdyrgødning og kompost samt forskellige rapporter vedr. økologisk jordbrug i relation til natur- og miljøfor-

hold. Rapporterne kan alle findes på [www.foejo.dk](http://www.foejo.dk).

I nærværende rapport er der samlet resultater fra de 25 projekter i FØJO I, som omhandlede økologisk plantedyrkning. Specielt er der fokus på forhold omkring sædskifter, næringsstofforsyning og plantekvalitet samt strategier vedr. ukrudt, sygdomme og skadedyr.

De første afsnit, der uddrager resultater, som er umiddelbart relevante for den økologiske dyrkningspraksis, er udarbejdet af landskonsulent i økologisk planteavl Michael Tersbøl. Disse afsnit er udarbejdet på tværs af programmer og projekter. Det afsluttende afsnit, som giver en oversigt over de enkelte projekter, er redigeret af Claus Bo Andreasen fra FØJO.

FØJO vil gerne benytte lejligheden til at takke de mange forskere, som har deltaget i forskningen, og som har stillet deres resultater til rådighed for nærværende rapport.

*Erik Steen Kristensen,  
Forskningscenter for Økologisk Jordbrug  
December 2002*



# Indhold

<b>Forord</b> .....	3
<b>Indholdsfortegnelse</b> .....	5
<b>Sammendrag</b> .....	9
<b>1 Indledning og baggrund</b> .....	11
1.1 Biologiske og miljømæssige aspekter af økologisk jordbrug.....	11
1.2 Produktion af økologiske fødevarer.....	12
1.3 Sædskifter og næringsstofhusholdning.....	12
1.4 Økologisk planteværn.....	12
1.5 Læsevejledning.....	13
<b>2 Kvælstofomsætning og -forsyning</b> .....	15
2.1 Stor forfrugtsvirkning af kløvergræs .....	15
2.2 Kamdyrkning forbedrer forsyningen af kvælstof.....	17
2.3 Jordløsning giver beskeden mineralisering af kvælstof.....	18
2.4 Stor rumlig variation i kvælstoffiksering i kløvergræs .....	18
2.5 Kvælstof i ikke høstede plantedele af hvidkløver spiller en vigtig rolle .....	19
2.6 Kvælstoffiksering i marker med lav fosfor- og kaliumstatus.....	19
2.7 Kvælstofomsætning i grøngødning og efterafgrøder styres af C/N-forholdet...	19
2.8 Dyrkning af vinterhvede i permanent hvidkløver er mulig .....	20
<b>3 Kalium, fosfor og svovl</b> .....	21
3.1 Fosfor – er begrænsende for udbytte og kvalitet af kløvergræs.....	21
3.2 Kalium – bestemmelse af udvaskning og betydning for kvalitet.....	21
3.3 Udvasning og optagelse af svovl.....	22
<b>4 Gødskning</b> .....	25
4.1 Efterafgrøder og grøngødning i grønsagsdyrkning .....	25
4.2 Der tabes kvælstof ved kompostering af dybstrøelse .....	25
4.3 Gødskning af kartofler med vinasse giver god kvalitet.....	28
<b>5 Strategier for ukrudtsbekæmpelse i forskellige afgrøder</b> .....	29
5.1 Ukrudtsfrøpuljen i sædskifteforsøgene.....	29
5.2 Udlæg af kløvergræs kan sås oven i kornrækken.....	29
5.3 Ukrudtsbekæmpelse er nødvendig i smalbladet lupin .....	31
5.4 Nedfældning af gylle giver mindre ukrudt i vårbyg .....	32
5.5 Placering af gylle i økologiske vårsædsafgrøder skal være tæt på sårækken .....	34
5.6 Økologiske fordele ved at dyrke ært og byg sammen.....	35
5.7 Strategi for dyrkning af vinterhvede bestemmes af ukrudtstrykket .....	36
5.8 Høj korntæthed og rumligt ensartet mønster konkurrerer godt med ukrudt.....	38

5.9	Gradvis hypning mod ukrudt giver bedst kvalitet og størst udbytte.....	39
5.10	Tiltrækning og udplantning af sukkerroer sparer håndhakning.....	39
5.11	Frøavl på stor rækkeafstand.....	40
5.12	Naturstoffer til regulering af skadedyr, sygdomme og ukrudt.....	40
<b>6</b>	<b>Sygdomme, sundhed og skadedyr</b> .....	<b>43</b>
6.1	Biologisk mangfoldighed kan kontrollere bladlus.....	43
6.2	Alternative bejdsemidler mod hvedens stinkbrand.....	43
6.3	Skurv i kartofler.....	44
6.4	Kartoffelskimmel og rodiltsvamp i kartofler.....	44
6.5	Kontrol af bladlus gennem valg af sorter.....	45
6.6	Allelopatiske egenskaber spiller ingen rolle for vårbyg.....	46
6.7	Bekæmpelse af gråskimmel med svampe.....	46
6.8	Sanering af rodpatogener med antagonister.....	47
<b>7</b>	<b>Jorden som dyrkningsmedium</b> .....	<b>49</b>
7.1	Jordbearbejdning påvirker jordens biologi.....	49
7.2	Høje niveauer for jordfauna.....	50
7.3	Jordens frugtbarhed øges af organisk stof.....	50
7.4	Regnorme foretrækker kløvergræs.....	50
7.5	Små jorddyr kan opformere nyttige rovdyr.....	51
<b>8</b>	<b>Sædskifter på de økologiske værkstedsarealer</b> .....	<b>53</b>
8.1	Værkstedsarealer ved Flakkebjerg, Jyndevad, Foulum og Årslev.....	54
8.2	Langvarige sædskifteforsøg.....	55
8.3	Kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer.....	56
8.4	Jordrelaterede ændringer ved omlægning til økologisk plantedyrkning.....	56
8.5	Næringsstofhusholdning i et økologisk sædskifte.....	56
<b>9</b>	<b>Uddybende beskrivelse af de enkelte projekter</b> .....	<b>57</b>
9.1	Fast staldgødning og kompost (projekt I.1).....	57
9.2	Biologisk kvælstoffiksering, recirkulering og udvaskning af kvælstof (projekt I.2).....	62
9.3	Jordens frugtbarhed i relation til økologisk jordbrugspraksis og jordbearbejdning (projekt I.3).....	74
9.4	Plantesundhed og kvalitet i relation til dyrkningsstrategier og sortsvalg (projekt I.4).....	80
9.5	Samspil mellem jordbundens fauna, kvælstofdynamik og plantevækst (projekt I.7).....	83
9.6	Grønsager (projekt II.2).....	89
9.7	Kartofler - kvalitetsaspekter (projekt II.3).....	94
9.8	Korn og bælg­sæd (projekt II.4).....	97
9.9	Ukrudtsbekæmpelse og udplantningsteknik i rækkeafgrøder (projekt II.5).....	106
9.10	Udvikling af økologiske planteproduktionssystemer (program III).....	109
9.11	Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jord-plantesystemet (projekt IV.1).....	119
9.12	Kvalitative og kvantitative sammenhænge imellem jordbearbejdning, mikroflora, fauna og timing af nitrogenfrigørelsen i økologisk jordbrug (projekt IV.3).....	123
9.13	Kvalitet i relation til forarbejdning, plantesundhed og forædling (projekt IV.4).....	131

9.14	Udnyttelse af biologisk mangfoldighed til forebyggelse af sygdoms- og skadedyrsangreb ved økologisk jordbrugsproduktion (projekt VII.1)	135
9.15	Bestemmelse af ukrudtsfrøpuljen i økologiske sædskifteforsøg (projekt VII.2)	138
9.16	Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk frøproduktion (projekt VII.3)	140
9.17	Allelopati i byg (projekt VII.4)	142
9.18	Regulering af skadegørere ved hjælp af naturstoffer fra planter (projekt VII.5)	144
9.19	Udvikling af teknikker til og bestemmelse af forskelle i værtplanteegenskaber blandt vore kulturplanter (projekt VII.6)	147
9.20	Biologisk bekæmpelse af gråskimmel ( <i>Botrytis</i> spp.) på frilandsafgrøder (projekt VII.7)	149
9.21	Biologisk sanering af rodpatogener i økologisk planteproduktion (projekt VII.8)	152
9.22	Molekylærbiologisk karakterisering af isolater af rodtiltsvamp fra kartoffelmarker (projekt VII.9)	156
9.23	Pesticidfri regulering af vigtige kartoffelsygdomme (projekt VII.10)	158
9.24	Placering af husdyrgødning i økologiske vårsædsafgrøder med henblik på at fremme afgrødens konkurrenceevne overfor ukrudt (projekt VII.11)	160
9.25	Påvirkning af konkurrencen mellem hvede og hvidkløver/ukrudt i korn/hvidkløver samdyrkning (projekt VII.12)	162





# Sammendrag

I denne rapport er en lang række resultater fra forskningen i økologisk planteproduktion fra forskningsprogrammerne bag FØJO I samlet og gennemgået.

I de første afsnit er de mest interessante resultater set fra et praktisk og rådgivningsmæssigt synspunkt udvalgt og gennemgået. En mere detaljeret gennemgang af de enkelte projekter fås i afsnit 9.

Gennemgangen viser først og fremmest, at det økologiske dyrkningssystem er en helhed, hvor de enkelte elementer som næringsstofforsyning, ukrudtstryk, jordens liv og mange flere er forbundne. Det ses blandt andet af, at selvom det enkelte projekts fokus har rettet sig mod et bestemt problem, så er der afledte effekter til andre problemer og emner, der også er relevante for den økologiske dyrkningspraksis. Med helhedsopfattelsen i baghovedet er det imidlertid muligt at dykke ned og høste indsigt og forståelse fra de mange både detaljer og sammenhænge, som resultaterne fra FØJO I rummer.

Kvælstof er et af de store temaer i økologisk planteproduktion, og kløvergræsmarkernes rolle som bærende i denne produktionsform bliver understreget af forskningsresultaterne. Både de kortsigtede kvælstofeffekter og den langsigtede betydning for frugtbarhed er betydelige. Samtidig er kvælstoffikseringens afhængighed af andre næringsstoffer fastslået. En vigtig regulator for mineralisering af kvælstof fra kløvergræs og andre organiske gødninger er kulstof-kvæstofforholdet (C/N). Temperaturforhold og eventuel jordløsning spiller en mindre rolle end antaget.

Andre næringsstoffer som fosfor, kalium og svovl er mindre udbyttebegrænsende end

kvælstof. Derfor er det alligevel centralt at holde hus med disse næringsstoffer og undgå tab. Udvaskningen af kalium er mindre end antaget, men både kalium og fosfor er nødvendig for at planteproduktionen kan fungere, og specielt bælgplanterne, og dermed deres kvælstoffiksering er følsomme for kaliummangel. Svovlforsyningen skal times for at få den optimale virkning på proteinkvaliteten i økologisk korn til foder.

Den optimale brug af husdyrgødning er behandlet og forskningen har i detaljer vist hvilke tab, der er ved håndtering af dybstrøelse. Tabene er stalden er små, mens tabet ved kompostering er betragtelige. Ved komprimering og overdækning af kompost kan tabene mindskes, men marken tilføres væsentligt mindre kulstof og tilgængeligt kvælstof, når dybstrøelsen er komposteret. Brug af vinasse som gødningsmiddel til spisekartofler har vist sig at fremme kvalitet og udbytte.

Ukrudt er det andet store tema, og projekterne i FØJO I har fokuseret på frøukrudtet og på afgrødernes konkurrenceevne. Resultater fra forskning i rodukrudt forventes at komme i FØJO II. Både i frøgræs, smalbladet lupin, kartofler, vinterhvede og vårbyg er der givet forslag til strategier, der kan kontrollere ukrudtet og fremme afgrødens konkurrenceevne. Resultaterne fra placering af gylle i vårsæd, såning i ensartet rumligt mønster eller såning af udlæg oven i kornrækken anviser også nye veje til at fremme konkurrenceevnen, men her melder der sig ønsker til maskinbranchen om at få udviklet maskiner til praktisk brug. Udplantning af roer og brug af naturstoffer til ukrudtsregulering er interessante udviklingsmuligheder, der stadig er på et tidligt stadie med behov for mere fokus.

FØJO I har fokuseret på nogle få, men økonomisk mest betydende, skadevoldere i økologiske afgrøder. Samspelet mellem nyttedyr og bladlus er belyst og landmandens opmærksomhed bør være på at skabe biologisk mangfoldighed og begrænse brugen af ukrudts-harvning. Hvedens stinkbrand kan delvist kontrolleres med sortsvalg og med alternative bejdsemidler, som dog ikke er udviklet til praktisk brug endnu. Skurv og rodfiltsvamp i kartofler kan kontrolleres med henholdsvis den rigtige hyppestrategi og ved at forebygge via sædskifte og undgå dybstrøelse til kartofler. Bladlus i hestebønner og kornafgrøder kan også delvis forebygges med sortsvalg og ved dyrkning af blandsæd tyder resultaterne på. Der er dog brug for flere forsøgsresultater for at kunne angive konkrete og sikre valgmuligheder. Bekæmpelse af rod- og bladsygdomme med svampe og naturstoffer er mulig, men de perspektivrige koncepter er endnu på et tidligt udviklingsstadium.

Jorden, den afgørende medspiller til den økologiske landmand, er det tredje store tema. Der er ikke i de aktuelle resultater kommet klare bud på, at andre metoder eller redskaber til jordbehandling skulle være bedre end pløjning og harvning. Al slags jordbehandling skader jordens liv, og al tung trafik pakker jor-

den, eventuelt til over det skadelige niveau. Der er til gengæld kommet opmærksomhed på, at de økologiske jordbrugere generelt ikke har været opmærksomme på de pakningsskader, som er resultatet af moderne effektiv markdrift. Indholdet af liv, forstået som bl.a. regnorme og springhaler, i økologisk dyrkede jorder er væsentlig større end først antaget. De fremmes af brug af kløvergræs, efterafgrøder og tilførsel af organisk stof. De små jorddyr, som springhaler, kan spille en vigtig rolle i opformeringen af løbebiller og edderkopper, som er med til at holde populationen af bladlus nede.

I FØJO I indgår en række arealer, der bruges til sædskiftestudier, og der indgår værkstedsarealer, der huser projekter med undersøgelser i felten. En helt central pointe i læren fra sædskiftearealerne er, at med kløvergræs i sædskiftet bliver dyrkningssystemet stabiliseret. Kvælstofforsyningen, kontrollen med ukrudtet og den langsigtede frugtbarhed lykkes bedst med kløvergræs på mindst et år i sædskiftet. De mange sædskifter og projektaktiviteter på værkstedsarealerne har været og vil fremover være en vigtig ramme for markvandring, hvor resultaterne fra forskningen og de dyrkningsstrategier, der kan udledes til praksis, kan formidles og diskuteres.

# 1 Indledning og baggrund

Da den danske forskning i økologisk jordbrug begyndte blev den især udført på private økologiske landbrug. Disse undersøgelser gav forskerne et godt indblik i de meget komplicerede og sammenhængende problemstillinger, som der er på et økologisk landbrug. Trods de mange resultater og det tætte samspil med landmændene, som undersøgelserne resulterede i, var der alligevel et stort behov for i højere grad eksperimentelt at kunne ændre på faktorer, som indgår i en økologisk bedrift.

Endvidere var der et stort behov for at involvere nye forskningsdiscipliner og -miljøer i forskningen, således at videngrundlaget for økologisk jordbrug kunne øges. Forskning på mange forskellige niveauer i jordbrugssystemet kan have relevans for økologisk landbrug, og det var vigtigt at udnytte den samlede viden til at styrke videngrundlaget for økologisk jordbrug.

Et væsentligt formål med oprettelsen af FØJO i 1996 var derfor at få koordineret en samlet forskningsindsats i økologisk jordbrug på tværs af institutioner og arbejdsområder. Ved at trække på forskellige forskningsmiljøer, der arbejder inden for forskellige discipliner, ville det blive muligt at udnytte den viden og ekspertise om biologiske, tekniske og økonomiske sammenhænge i jordbruget, som fandtes på de forskellige forskningsinstitutioner.

Som et første grundlag for dette arbejde blev der i sommeren 1996 etableret to tværgående delprogrammer:

## 1.1 Biologiske og miljømæssige aspekter af økologisk jordbrug

Det første program havde titlen Strategiske og grundlagsskabende aktiviteter i økologisk jordbrug med vægt på biologiske og miljømæssige aspekter. Forskningen blev finansieret af Det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP), og det overordnede mål var at undersøge, hvorledes økologiske produktionsmetoder kan medvirke til, at jordbruget som helhed tager større hensyn til natur og miljø samt hvordan ressourceforbrug og næringsstof-tab minimeres.

Delprogrammet tog således udgangspunkt i, at en række forhold omkring jordfrugtbarhed, næringsstofbalance samt ressource- og energiuudnyttelse skulle belyses. Endvidere var der et ønske om, at forskningen skulle medvirke til at afdække graden af bæredygtighed i økologisk jordbrug og belyse sammenhængen mellem de overordnede målsætninger, reglerne og konsekvenserne i praksis.

Fra et miljømæssigt synspunkt kan anvendelsen af kvælstoffikserende afgrøder og gødning af organisk oprindelse være problematisk, idet der opbygges store mængder kvælstof i jorden, som ved uhensigtsmæssig styring kan give problemer med udvaskning af kvælstof til vandmiljøet.

Det er imidlertid kun et alsidigt sædskifte, som kan sikre en god og frugtbar jord, der giver mulighed for en god næringsstofholdning og sunde planter af høj kvalitet. Viden på dette område er vigtig, dels for at tilrettelægge den mest hensigtsmæssige økologiske produktion af fødevarer, dels fordi disse problemstillinger er meget basale og derfor

også relevante for både samfund og konventionelle jordbrugssystemer.

Projekterne i dette program er angivet med romertal I.

## 1.2 Produktion af økologiske fødevarer

Det andet program *Produktionsorienterede forsknings- og udviklingsopgaver i økologisk jordbrug*, som blev finansieret af Fødevarerministeriet, skulle medvirke til at sikre det økologiske jordbrugs fortsatte faglige udvikling - bl.a. for at imødekomme efterspørgslen på økologiske fødevarer. Indsatsen skulle bl.a. medvirke til at afhjælpe faglige problemer, der er knyttet til produktionen af svinekød, æg, korn, proteinafgrøder, frugt og grønsager, således at det økologiske jordbrug i højere grad kunne levere andre fødevarer end dem, der er baseret på kvæg.

En stigende produktion af svinekød og fjerkræprodukter kræver øget dyrkning af korn og bælgplanter til modenhed. Dette stiller plantedyrkningen over for en række nye faglige udfordringer, idet de nye dyrkningsmæssige problemer tiltager i omfang og kompleksitet, når der indgår færre græs- og grovfoderafgrøder i sædskiftet.

Projekterne i dette program er angivet med romertal II.

## 1.3 Sædskifter og næringsstofhusholdning

De to primære forskningsprogrammer i FØJO I blev senere suppleret med forskning inden for specielt planteproduktion. Gennemfø-

relsen af et større antal forskningsprojekter inden for økologisk jordbrug gav nemlig et stort behov for fastliggende økologiske arealer, hvor det var muligt eksperimentelt at ændre på faktorer, som indgår i den økologiske bedrift. Samtidig var der et behov for at udføre forsøg under økologiske betingelser, således at den mere langsigtede indflydelse af den økologiske drift kunne følges.

På den baggrund blev der - som program III - etableret fastliggende økologiske værkstedsarealer forskellige steder i landet. På arealerne er der således gennemført forsøg med sædskifter og næringsstofhusholdning m.m.

Planternes udnyttelse af andre næringsstoffer end kvælstof er et vigtigt tema i program *IV Økologisk planteavl*. Her er forhold vedr. recirkulation af næringsstoffer, jordbearbejdningens indflydelse på jordens mikroflora samt plantekvalitet i relation til forarbejdning, plantesundhed og forædling blevet undersøgt.

## 1.4 Økologisk planteværn

Endelig er der gennemført en indsats på området "*Fremme af økologisk planteværn baseret på naturens egne forsvarsmekanismer*". Den forskning, som blev gennemført i dette program, skulle sætte fokus på mulighederne for at udnytte planters og afgrøders naturlige forsvarsmekanismer med henblik på at udvikle disse egenskaber gennem forædling samt udvikle de driftsmetoder, som fremmer de naturlige forsvarsmekanismer uden anvendelse af genetisk modificering. Programmet blev i 1999 etableret i regi af FØJO som program VII.

Projekterne i dette program er angivet med romertal VII.

## 1.5 Læsevejledning

Forskningen i FØJO I har, som det bl.a. fremgår af sammendraget, givet en lang række resultater og erfaringer om økologisk plantedyrkning.

En del af resultaterne har direkte og umiddelbar betydning for den praktiske økologiske plantedyrkning. Andre dele af forskningen har især haft betydning for etablering af den basisviden, som er nødvendigt for egentlig anvendelsesorienteret forskning og udvikling.

I det følgende er der i de første afsnit uddraget resultater af forskningen, som er relevante for den økologiske dyrkningspraksis. Disse afsnit er udarbejdet på tværs af programmer og projekter, og de fokuserer især på vigtige praktiske problemstillinger inden for næringsstofforsyning, sædskifter og plantekvalitet samt strategier vedr. ukrudt, sygdomme og skadedyr.

I de senere afsnit er der givet en oversigt over de enkelte projekter, herunder hvad formålet med projekterne har været, hvilke resultater der er opnået og hvilke publikationer, der er blevet udgivet i forlængelse af projekterne.



## 2 Kvælstofomsætning og -forsyning

Næringsstoffet kvælstof har altid været genstand for stor interesse, både som produktionsmiddel og som et uønsket stof i det omgivende miljø. I økologisk planteavl er der også produktionsmæssigt store interesser i kvælstof, som ikke kan tilføres med handelsgødning. Med fokus på planteavl uden husdyr eller med få husdyr bliver kvælstof særlig interessant, da det kan være den vigtigste produktionsbegrænsende faktor i de økologiske sædskifter. Viden om fiksering af kvælstof i bælgeplanterne samt om omsætning af plantemateriale fra grøngødning er derfor nødvendig for at kunne optimere kvælstofforsyningen. Kvælstofomsætningen foregår i jorden, og hvordan bearbejdning af jorden påvirker udnyttelsen af kvælstoffet for de efterfølgende afgrøder er derfor også interessant. På længere sigt er det et spørgsmål, om økologisk planteavl uden tilførsel af husdyrgødning i det hele taget er realistisk. FØJO-projekterne kan bidrage til at belyse kvælstofomsætningen - stykke for stykke - og gøre det komplekse samspil, som kvælstofomsætningen er, mere overskuelig for den enkelte landmand.

### 2.1 Stor forfrugtsvirkning af kløvergræs

Der er ved Danmarks JordbrugsForskning i Foulum gennemført et forsøg, der belyser forfrugtsværdien af ompløjet rajgræs og kløvergræs (projekt I.2). Forsøget er anlagt på et areal, der tidligere har været anvendt til afgræsningsforsøg med forskellige niveauer af proteintildeling i tilskudsfooderet til malkekøer (se tabel 1 og 2). Første år er der i forsøgene målt en eftervirkning på ca. 100 kg kvælstof pr. ha i en efterfølgende vårbyg og en virkning på ca. 50 kg kvælstof pr. ha i vårhvede det andet år (figur 1). Den målte eftervirkning gælder rajgræs og kløvergræs, der er afgræsset, samt kløvergræs udnyttet til slæt. Rajgræs til slæt havde en mindre eftervirkning. Der var udlagt alm. rajgræs som efterafgrøde i alle kornafgrøderne dyrket efter ompløjning af græsset.

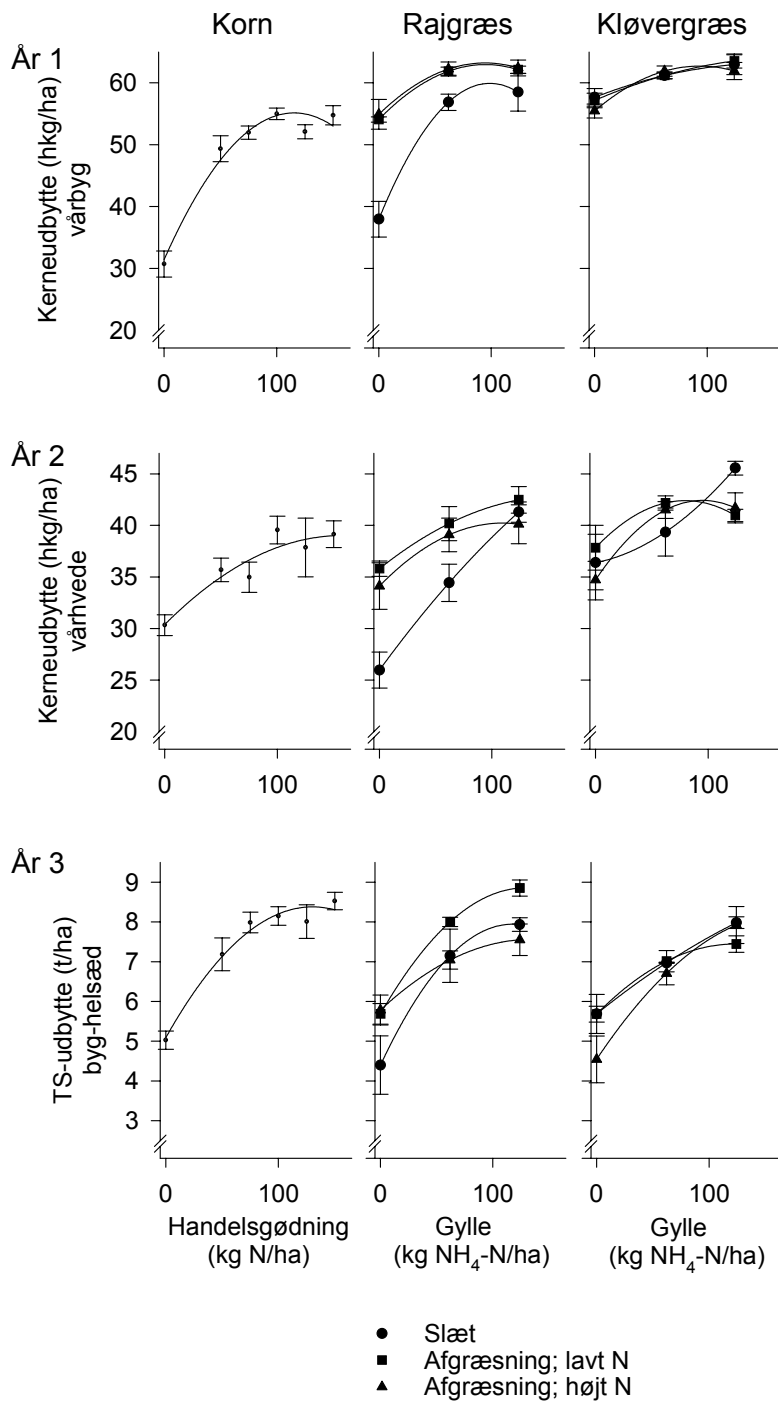
**Tabel 1 Forsøgsarealets benyttelse 1994-1999**

1994	1995	1996	1997	1998	1999
1. års græs	2. års græs	3. års græs	Vårbyg m. rajgræs efterafgrøde	Vårhvede m. rajgræs efterafgrøde	Vårbyg-helsæd m. rajgræs efterafgrøde

**Tabel 2 Græsmarkernes benyttelse i 1994-1996**

	Græstype	Benyttelse	Gødning	Fodring af malkekøer
1	kløvergræs	slæt	ugødet	ingen køer
2	kløvergræs	afgræsning	ugødet	140 g N/ko/dag
3	kløvergræs	afgræsning	ugødet	300 g N/ko/dag
4	rajgræs	slæt	300 kg N/ha	ingen køer
5	rajgræs	afgræsning	300 kg N/ha	140 g N/ko/dag
6	rajgræs	afgræsning	300 kg N/ha	300 g N/ko/dag





**Figur 1** Virkningen af stigende mængde kvælstof (handelsgødning og gylle) på udbyttet af bygkerner, hvedekerner og bygheisæd

Både græsmarkerne og efterafgrøderne blev fræsset i april 10 dage før pløjning. Fræsning af både kløvergræs og rajgræs forud for pløjning har øget  $N_{\text{min}}$  i jorden fra april til midt i maj i forhold til pløjning uden forudgående fræsning.  $N_{\text{min}}$  forøgelsen er sket på trods af, at der var lave temperaturer i jorden i den periode. Udbyttet i vårbyg blev forøget med 9 pct. af fræsning og pløjning i forhold til pløjning alene, mens udbyttet i vårhvede blev øget med 5,5 pct. efter fræsning af efterafgrøden. Effekten af fræsning på vårbyg var størst efter ren rajgræs (13 pct.) og mindre efter kløvergræs (5,2 pct.) Fræsning gav en øget  $N_{\text{optagelse}}$  i kerne på 11 pct. og 8 pct. i henholdsvis byg- og hvedekerner.

Tilførsel af gylle til korn efter græsmarker har øget nitratudvaskningen i forhold til ugødet. Forskellene i græsmarkernes historie har ikke givet signifikante forskelle i nitratudvaskningen. Dog har slætmarker givet mindre udvaskning i efterfølgende korn end afgræsningsmarker. Gødskning af korn efter ompløjning af afgræsningsmarker forekom således overflødig og gav blot anledning til større udvaskning. I de gødede parceller steg udvaskningen fra første år til andet år efter pløjning af græsmarkerne.

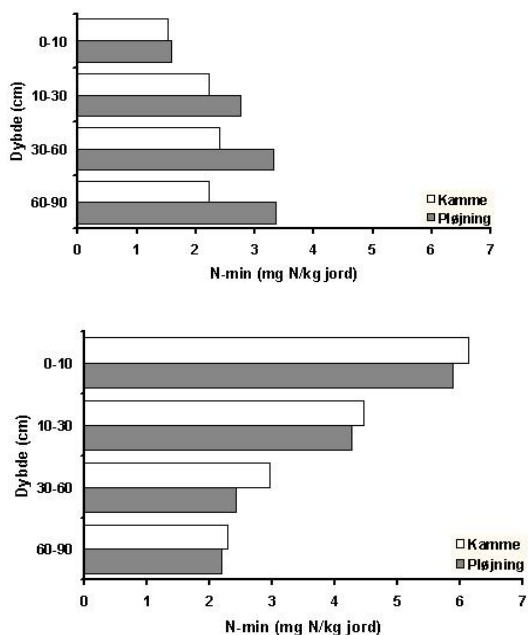
Det konkluderes, at kvælstofhusholdningen på kvægbrug kan optimeres ved at bruge efterafgrøder og forårspløjning (lerblandet sandjord) samt ved at tilpasse gødskningen til forfrugtsvirkningen de første to år efter ompløjning af afgræsningsmarker. Hvis kvæ-

stofhusholdningen skal forbedres yderligere, er det nødvendigt at se på mulighederne for at reducere udvaskning og kvælstofoverskud i selve afgræsningsmarkerne.

## 2.2 Kamdyrkning forbedrer forsyningen af kvælstof

Der er foretaget undersøgelser af, hvilken betydning opsætning af jorden i kamme om efteråret har for kvælstofudvaskning og kvælstofforsyningen til næste afgrøde (projekt IV.3). Teorien er, at kvælstof i jorden i selve kammene bliver beskyttet mod nedvaskning, da det meste regnvand løber af kammen. Til gengæld bliver jorden mellem kammene udsat for en væsentlig større udvaskning.

Der er målt mineralisk kvælstof i jordlagene 30-60 cm og 60-90 cm i november under de opsatte kamme og under almindeligt pløjede parceller på lerjord. Der var størst indhold af mineralisk kvælstof i disse dybder under de pløjede parceller, henholdsvis 39 pct. og 51 pct. større end i parceller med kamme. Potentialt for tab af kvælstof var derfor størst i parceller med almindelig pløjning. Niveaue for  $N_{\text{min}}$  var generelt lavt. Året efter var der et større tørstofudbytte i vårbyg i parceller, hvor jorden havde været opsat i kamme i efteråret, 10 pct. i 1999 og 28 pct. i 2000. I disse parceller var  $N_{\text{min}}$  i maj ligeledes større end i pløjede parceller, se figur 2. Der arbejdes videre med kamdyrkning i et nyt FØJO-projekt i perioden 2001-2005.



**Figur 2 Jordens indhold af uorganisk kvælstof i november (øverst) og maj (nederst) efter henholdsvis kamopsætning og pløjning i september på lerjord**

### 2.3 Jordløsning giver beskeden mineralisering af kvælstof

I et af projekterne med jordbearbejdning har der været fokus på at udvikle jordløsning som en metode til at øge frigivelse af kvælstof til afgrøden (projekt IV.3). Effekten af jordløsning på kvælstoffrigivelsen er undersøgt både om efteråret og om foråret i den etablerede afgrøde af vinterhvede.

Forsøgene med jordløsning om efteråret (pløjning og fræsning) viste, at den totale kvælstofmineralisering stort set ikke blev påvirket. Uddybende laboratorieforsøg viste imidlertid, at jordbehandlingen godt kan flytte

kvælstof fra inaktive puljer af organisk bundet kvælstof til aktive puljer bestående af mikrobiel biomasse. Derved kan mineraliseringspotentialitet øges på kort sigt.

Jordløsning om foråret i vinterhvede med en grubbertand i 8 cm's dybde viste sig at øge kvælstofmineraliseringen og kvælstofoptagelsen på 4-5 kg N pr. ha, men vinterhveden kunne ikke omsætte den større mængde kvælstof til et større tørstofudbytte, formentlig pga. at afgrøden blev skadet af behandlingen.

### 2.4 Stor rumlig variation i kvælstoffiksering i kløvergræs

Kløvergræsmarker spiller en stor rolle i den samlede kvælstofforsyning i økologiske sædskifter. Der har derfor været behov for at få en mere detaljeret viden om den rumlige og tidlige variation i kvælstoffikseringen i kløvergræsmarker (projekt I.2).

Undersøgelserne i projektet viste, at der var en betydelig rumlig variation i kvælstoffikseringen i kløvergræsmarker, der blev afgræsset, og variationen var stigende gennem afgræsningssæsonen. Kvægets afsætning af gødningsklatter og urin har lokalt givet en stor reduktion af kvælstoffikseringen, da den hæmmes af et højt indhold af uorganisk kvælstof i f.eks. urinpletter. Der blev også målt en meget stor variation i græssets indhold af totalkvælstof og i jordens indhold af uorganisk kvælstof. Sammenlagt er der målt en reduktion af kvælstoffiksering på 6 pct. ved afgræsning i forhold til kløvergræs, der ikke afgræsses. Planteproduktionen har dog ikke været signifikant forskellig.

## 2.5 Kvælstof i ikke høstede plantedele af hvidkløver spiller en vigtig rolle

Kvælstofproduktionen i en kløvergræsmark er altid blevet målt på de høstede plantedele. For at få en større forståelse for de ikke høstede plantedeles rolle i kvæstofforsyningen i sædskiftet er der foretaget målinger af kvælstofindholdet i kløverens overjordiske jordstængler, som både spiller en rolle ved kløverens genvækst og også udgør en kvælstofpulje til den efterfølgende afgrøde ved nedpløjning af kløvergræs (projekt I.2).

Ved en samlet kvæstoffoptagelse i kløveren på 230 kg N pr. ha i en kløvergræsmark over 20 uger gik størstedelen til bladmassen, svarende til 194 kg N pr. ha, mens 36 kg N pr. ha eller 16 pct. blev opbygget i jordstængler. Ca. 40 kg N pr. ha forventes opbygget i rødderne. Samlet blev 28 pct. af kvæstoffet indbygget i ikke høstbare plantedele.

Supplerende klimakammerforsøg viste desuden, at når kløvergræsset afhugges, spiller jordstænglerne en stor rolle ved kløverens genvækst. Ca. 50 pct. af kvæstoffet i rødder og jordstængler mobiliseres og genbruges i genvæksten. I kløvergræs, der afhugges, bliver opbygningen af kvælstofpuljen i ikke høstede plantedele derfor relativ lav.

## 2.6 Kvæstoffiksering i marker med lav fosfor og kaliumstatus

Kvælstof bragt til veje ved fiksering i bælgplanterne er en meget afgørende proces for økologisk jordbrug. Derfor har der været interesse for at få belyst, om kvæstoffikseringen er afhængig af tilstedeværelse af andre næringsstoffer som fosfor og kalium (projekt IV.1).

Der er gennemført forsøg på arealer, der gennem mange år er udpint for fosfor og kalium. Forsøgene viste, at både rødkløvergræs og hvidkløvergræs kan udnytte deres vækstpotentiale under forhold som i øvrigt karakteriseres som ufrugtbare med hensyn til fosfor og kalium. Hverken i renbestand eller i blanding viste planterne tegn på fosfor- og kaliummangel, men deres vækst reagerede alligevel positivt på at få tilført fosfor og kalium. Kløvers evne til at fikserer kvælstof fra atmosfæren opretholdes under faldende fosfor- og kaliumtilgængelighed. Kløverens regulering af vækst og kvæstoffiksering finder formentlig sted på helplanteniveau og er ikke reguleret af enkeltfaktorer.

Kløver og græs dyrket sammen udgør et meget dynamisk system, hvor konkurrencen om fosfor og kalium vindes af kløver under forhold med lav kvælstofniveau i jorden, mens den vindes af græsset under højt kvælstofniveau. Kløver i græsmarken sikrer et kvælstofinput til systemet, som gør at græsset kan producere mere, optage mere kvælstof, fosfor og kalium end rajgræs i renbestand. Forsøgene viste også at overførsel af kvælstof fra kløver til græs under væksten har været større end hidtil antaget og at der også har fundet en overførsel sted den modsatte vej.

## 2.7 Kvælstofomsætning i grøngødning og efterafgrøder styres af C/N-forholdet

Det er værdifuldt at vide, hvordan forskellige typer af grøngødning og efterafgrøder omsættes. Der er derfor gennemført laboratorieforsøg, hvor omsætningen af forskellige typer grøngødning, efterafgrøder og andre organiske materialer er belyst (projekt I.2). Rødkløver, hvidkløver, stenkløver samt majs, raps og bygghalm er nogle af de undersøgte materialer.

Der har været stor forskel på, hvor hurtigt der blev frigivet kvælstof fra de forskellige materialer via kvælstofmineralisering. Størst var kvælstoffrigivelsen fra hvidkløver og stenklover. Plantematerialerne var analyseret for en lang række egenskaber - bl.a. kulstof- og kvælstofindhold, lignin, cellulose, mv. - som kunne medvirke til at forklare deres evne til at nedbrydes hurtigt eller langsomt. Disse parametre kunne kun delvis forklare forskellene på nedbrydningsgraden, og C/N-forholdet i plantematerialet var den parameter, der kom tættest på at forklare forskelle på kvælstofmineraliseringen.

Kvælstofmineralisering bliver normalt betragtet som en proces, der foregår hurtigst ved høj temperatur. Forsøgene viste imidlertid, at hvis man deler kvælstofomsætningen op i mineralisering og immobilisering, som er to modsatte processer, så er det kun immobiliseringen og den generelle stofomsætning, der reduceres voldsomt ved lav temperatur, mens kvælstofmineraliseringen kun i ringe grad påvirkes af temperaturen. Nettomineraliseringen, som er forskellen mellem bruttomineralisering og bruttoimmobilisering, kan derfor finde sted ved lav temperatur. Letomsætteligt, hvilket typisk vil sige kvælstofrigt, organisk materiale kan derfor godt frigive en vis mængde kvælstof ved lav temperatur, når det nedmuldes i løbet af vinteren eller i det tidlige forår.

## 2.8 Dyrkning af vinterhvede i permanent hvidkløver er mulig

Der har i en årrække været gennemført forsøg med direkte såning af vinterhvede i etableret hvidkløver. Forud for såningen er der fræset striber i hvidkløvertæppet, hvori hveden sås med 25 cm's afstand. Fordelen ved dette system er, at kvælstofudvaskningen pga. det

permanente plantedække er mindre samtidig med, at hvidkløveren bliver kvælstofleverandør til dyrkningssystemet. Desuden er der fundet et større antal og større artsdiversitet af nytte dyr ved samdyrkning. Problemerne ved systemet har været, at hvidkløveren er en meget konkurrencestærk partner i samdyrkingen, og hvedeudbytterne kan blive for lave, hvis ikke hvidkløveren reguleres. Desuden kan der hurtigt blive problemer med græsukrudt, hvis systemet fortsætter i flere år, idet der ikke pløjes.

I de aktuelle forsøg er det forsøgt at styrke hvedens konkurrenceevne og at øge udbyttet ved to strategier i to forskellige forsøg. I det ene forsøg undersøges betydningen af den rumlige fordeling af hvedeplanterne ved at så dem i henholdsvis 3 cm (normal rækkesåning) og i 6 cm brede bæltter. Desuden er der afprøvet forskellige bredder på de fræsede bånd, nemlig 7 og 14 cm. Konklusionerne fra forsøget er, at hvedeudbyttet kan øges ved at så hveden i bredere bånd (6 cm). Øget opfræsningsbredde (14 cm) gav højere hvedeudbytte i det ene forsøgsår. Udbyttet var dog stadig mindre end for hvede sået i jord uden hvidkløver. Resultaterne for, hvor meget ukrudt der var som følge af behandlingerne, var forskellige mellem de to forsøgsår. I det andet forsøg er det undersøgt, hvilken betydning hæmning af kløverens vækst ved at bruge børsterensning mellem hvederækkerne har for hvedeudbyttet mv. Børsterensning af hvidkløveren har også haft en markant positiv effekt på kerneudbyttet af hvede, især hvis børstningen blev gentaget. Angreb af septoria på hveden blev reduceret, når der var hvidkløver under hveden. Det skyldes, at hveden smittes mindre, når regndråberne pga., at hvidkløverbladene ikke kan stænke smitte fra jorden op på hvedeplanterne. Kløverbunddækket gav til gengæld en større angrebsgrad af knækkefodsyge i vinterhvede

## 3 Kalium, fosfor og svovl

Når interessen i mange år har samlet sig om kvælstoffets rolle i økologiske jordbrug, kan andre næringsstoffers betydning nemt blive overset. De nu gennemførte FØJO-projekter forsøger at råde bod på dette, idet der er sat fokus på både fosfor, kalium og svovl som vigtige næringsstoffer i økologisk planteavl.

### 3.1 Fosfor – er begrænsende for udbytte og kvalitet af kløvergræs

Hvis jordens fosforstatus er lav, vil det påvirke udbyttet af kløvergræs negativt, og kløvergræssets indhold af kvælstof og fosfor vil være lavere, altså en dårligere kvalitet. Det har et langvarigt forsøg med fosforgødskning på jord med varierende fosforstatus vist (projekt IV.1). Ud fra jordprøver var tilgængeligheden af fosfor i ugødede marker for lav til optimal plantevækst, og der blev høstet 8,4 tons tørstof pr. ha mod 10,6 og 11,1 tons tørstof pr. ha. ved tilførsel af henholdsvis 15 kg og 30 kg fosfor pr. ha. Da tilgængeligheden af kvælstof i dette ugødede forsøg også har været begrænsende for væksten af græsset, var der ingen effekt af fosforniveauet på græsudbyttet. Kløverudbyttet var derimod tydeligt begrænset af tilgængeligheden af fosfor i jorden.

### 3.2 Kalium – bestemmelse af udvaskning og betydning for kvalitet

Kalium er et næringsstof, der forventes at kunne blive meget udbyttebegrænsende i økologisk jordbrug. Det skyldes den forholdsvis begrænsede tilførsel, der kommer med husdyrgødningen. Der har derfor været behov for

gennem forsøg at præcisere hvornår og i hvilket omfang kalium, bliver udbyttebegrænsende. Der har ligeledes været interesse for at kvantificere udvaskningen af kalium fra økologiske sædskifter.

#### Udvaskning af kalium er mindre end antaget

Målinger af udvaskning af kalium i et kvægbrugssædskifte på Foulum viste overraskende lave udvaskningstal over en fireårig periode. Udvaskningen var på 1,5 kg kalium pr. ha pr. år, hvilket er langt under litteraturangivelser for jordtypen JB 4 (projekt IV.1). Der har i forsøget indgået fire behandlinger med gødskning, dvs. to niveauer af husdyrgødning (0,9 DE og 1,4 DE pr. ha) og to forskellige gødningstyper (gylle og gylle + dybstrøelse) i sædskiftet, som er beskrevet i afsnit 8.6. Kaliumbalancen for de fire behandlinger har varieret fra -12 til + 30 kg kalium pr. ha pr. år, og balancetallene havde ingen indflydelse på den målte udvaskning. I et af årene har der været en meget lille mængde vinternedbør. I et ekstra forsøg med tilførsel af næsten 1.000 kg kalium pr. ha med kaliumklorid, udgjorde kaliumudvaskningen efterfølgende kun 0,2 pct. af det tilførte kalium, mens der blev udvasket 40 pct. af den tilførte klorid. Forsøget antyder, at den aktuelle udvaskning skal ses i sammenhæng med en længere dyrkningshistorie og ikke kun den aktuelle kaliumbalance.

#### Kvalitet og udbytte i spisekartofler forbedret med vinasse

I et treårigt markforsøg med gødskning af spisekartofler gav vinasse et bedre udbytte og en bedre smag i kartofler sammenlignet med

gødskning med gylle alene (projekt II.3). I alle tre forsøgsled blev der gødet med gylle. I det andet forsøgsled blev der suppleret med 150 kg kalium pr. ha i vinasse, og i det tredje led blev der gødet med svovl i gips, svarende til mængden af svovl i den tilførte vinasse. Vinasse som supplement til gylle har givet merudbytte i alle tre forsøgsår – i gennemsnit 34 hkg pr. ha, mens svovl alene (som gips) ikke har givet effekt på udbyttet. Vinasse har også givet en bedre smagskvalitet i alle forsøgsår og svovl i gips havde en tendens til at forbedre smagen. Kun i det sidste forsøgsår blev udkogning og mørkfarvning påvirket - der var tendens til at supplement af vinasse og gips reducerede omfanget heraf.

### 3.3 Udvasning og optagelse af svovl

Der er hidtil ikke arbejdet så meget med næringsstoffet svovl og dets betydning for økologisk dyrkning. I konventionelt landbrug har svovl haft en stigende betydning som tilført næringsstof i takt med, at nedfaldet fra atmosfæren er mindsket gennem forebyggelse af svovlforurening af atmosfæren. I projektet er der arbejdet med udvasning af svovl, betydningen af efterafgrøder og betydningen af kvælstof- og svovltilførsel for udbytte og planstekvalitet, inklusive tidspunkter for tilførsel af svovl.

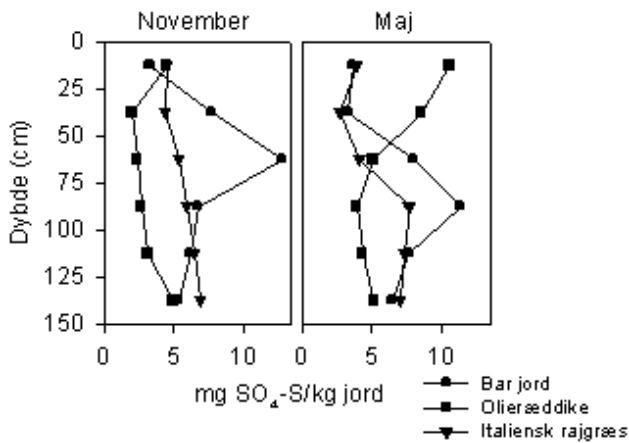
#### 60 pct. af tilført svovl blev udvasket

På tre lokaliteter er svovlbalancen og – udvasningen belyst i et treårigt sædskifte med byg → vinterhvede → byg/ært i de første tre år efter omlægning til økologisk drift (projekt IV.1). Sulfatudvasningen faldt betydeligt over de tre år, fra 34 kg S pr. ha det første år til 19 kg S pr. ha det tredje år. Svovlindholdet i afgrøderne faldt også over årene som en reaktion på faldende svovltilgængelighed i jorden. Tilførsel af svovl i form af gips gav i nogle af årene et større udbytte på lokaliteterne med sandjord.

I et kvægbrugssædskifte på Foulum, der har været drevet økologisk siden 1987, har der i gennemsnit af fire år været en sulfatudvasning på 20 kg S pr. ha. pr. år eller 60 pct. af det totale svovlinput. Udvasningen varierede betydeligt mellem år og mellem afgrøder, og der var en tæt sammenhæng til nedbørsoverskuddet, hvorimod forskellige mængder og typer af husdyrgødning ikke havde effekt på udvasningen af svovl.

#### Efterafgrøder optager svovl

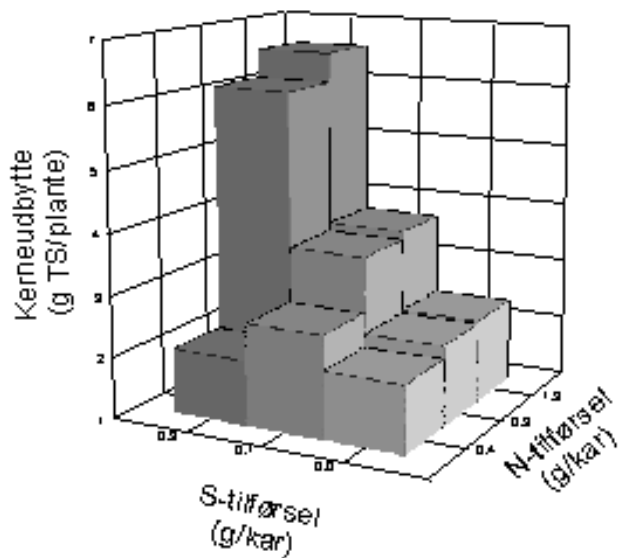
Efterafgrøderne italiensk rajgræs, vinterraps og olieræddike er undersøgt for deres evne til at reducere sulfatkonzentrationen i jorden om efteråret. Alle tre arter havde en reducerende evne, men de korsblomstrede efterafgrøder var mest effektive. De korsblomstrede efterafgrøder var ligeledes i stand til at give en højere svovlkonzentration i den efterfølgende bygafgrøde, både ved skridning og ved høst, mens rajgræs reducerede tilgængeligheden i det efterfølgende år i forhold til bar jord om efteråret.



**Figur 3** Sulfat i jorden i november efter dyrkning af efterafgrøder og efter nedmuldning i maj

### Svovlforsyningen balancerer med kvælstoftilførslen

I et karforsøg er det vist, at jo større mængder kvælstof, der er til rådighed, jo mere betyder en god tilgængelighed af svovl for udbytte og for kernekvalitet i form af svovlholdige aminosyrer. Jo lavere niveau for kvælstof, jo mindre betyder tilførslen af svovl for udbytte og kvalitet. Svovlforsyningen har nemlig betydning for planternes kvælstofudnyttelse, idet der ved en god svovlforsyning kunne flyttes ca. 70 pct. af kvælstof i bladene til kernerne i kernefyldningsperioden, mens kun ca. 35 pct. blev flyttet i svovlmanglende planter. Svovl er tillige mindre mobil end kvælstof i planter, idet kun 25 pct. af svovl i kerner stammede fra svovl i blade, mens 50 pct. af kvælstof i kerner stammede fra blade. Tilgængeligheden af svovl i kernefyldningsperioden er derfor relativt vigtigere end tilgængeligheden af kvælstof.

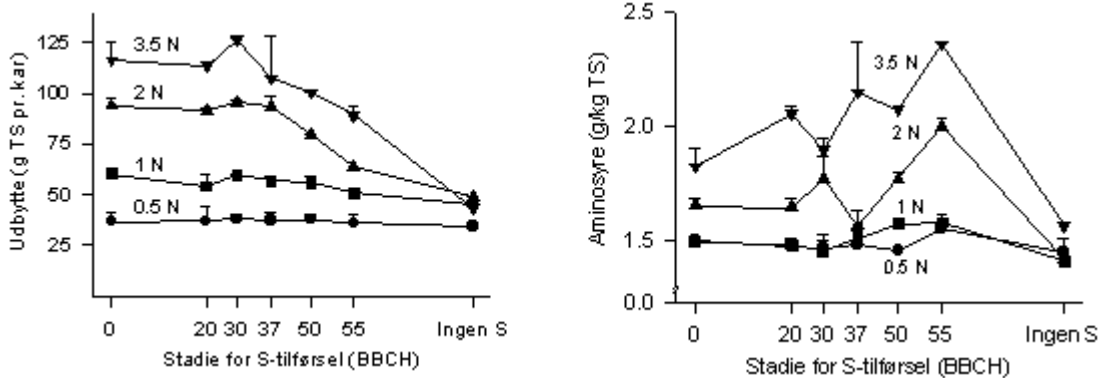


**Figur 4** Kerneudbytte af byg i karforsøg med N- og S-tilførsel

### Tidspunkt for svovltilførsel bestemmer indholdet af methionin

Tilførsel af svovl vil ikke i alle tilfælde være nødvendig, da jordens svovlstatus afhænger af en række varierende forhold som klima, jordtype og dyrkningshistorie. Derfor vil det være en fordel at kunne tilføre svovl efter en vurdering af afgrødens tilstand. En forsøgsserie bekræfter, at svovl kan have en positiv effekt på udbyttet, selvom det først tildeles i stadium 37 (faneblad synligt). I forsøget var der mangelsymptomer for svovl fra stadium 20 (begyndende buskning). Ved senere tilførsel end stadium 37 har der været en mindre effekt på udbyttet, som dog var større end hvis der slet ikke blev tilført svovl. Svovl har især betydning for kernekvaliteten, og dette gælder mere udpræget jo senere tilførsel af svovl foretages.





**Figur 5** Effekt af tilførselstidspunkt for S-gødning på udbytte og methionin-indhold i byg ved forskellige N-niveauer

### Kvaliteten af kornets protein kan forbedres

De økologiske fodermidlers indhold af svovlholdige aminosyrer er meget vigtige i den fremtidige proteinforsyning for økologisk fjerkræ og svinehold. Derfor er det nødvendigt at være særligt opmærksom på sympto-

mer for svovlmangel af kornafgrøder til foder i busknings- og strækningsfasen. Tilførsel af vinasse før skridning til kornafgrøder med god kvælstofforsyning kan give et større indhold af svovlholdige aminosyrer. Det forudsætter dog, at der er fugt nok i jorden til, at vinassen kan opløses i jorden.

## 4 Gødskning

Husdyrgødning kompost og biologisk kvælstoffiksering er centrale kvælstofkilder i økologisk jordbrug. Fra et miljømæssigt synspunkt kan anvendelsen af kvælstoffikserende afgrøder og organisk gødning være problematisk, idet der opbygges kvælstof i jorden, som ved uhensigtsmæssig driftsledelse kan give problemer med udvaskning. Samtidig vil tab af næringsstoffer begrænse planteproduktionen.

En række forskningsprojekter i FØJO I har derfor haft til formål at belyse mulighederne for at optimere udnyttelsen af næringsstoffer i økologiske produktionssystemer.

### 4.1 Efterafgrøder og grøngødning i grønsagsdyrkning

Grøngødning, der blev etableret sidst på sommeren, har begrænset risikoen for udvaskning af kvælstof og givet en kvælstofeffekt, der svarer til mellem 50 og 90 kg N pr. ha (projekt II.2). Overvintrende bælgplanter har givet den største N-virkning, en bedre dybdefordeling af N i jorden og mindre risiko for udvaskning i forhold til udvintrende bælgplanter.

Efterafgrøder, der overvintre, f.eks. rug, har koncentreret det tilgængelige kvælstof meget effektivt i det øverste jordlag og givet gode resultater forud for afgrøder med et overfladisk rodsystem som f.eks. løg eller salat. Forud for kål, som har et dybt rodsystem, har de derimod medført udbyttetab

Målinger af rodvækst i fem grønsagsarter viste store forskelle i rodvækstrater. Roddybden ved høst var for løg kun 25 cm, mens den i

gulerødder og tidlige kål var 100 cm. Dette har betydning for afgrødernes placering i sædskiftet. Også for efterafgrøderne var der store forskelle i rodvæksten. De korsblomstrede arter havde den hurtigste og dybeste rodvækst. Olieræddike, sået i begyndelsen af august, nåede en roddebyde på 120 cm allerede midt i september, mens rajgræs i midten af november ikke havde nået en roddebyde på mere end 90 cm. Forskellene i rodvækst påvirker efterafgrødernes evne til at udtømme jorden for nitrat i efteråret. I jordlaget fra 100 til 150 cm blev der i jordvandet fundet ca. 130 ppm nitrat-N uden efterafgrøde, ca. 60 ppm nitrat-N under rajgræs og mindre end 2 ppm nitrat-N under olieræddike. Efterafgrøderne havde meget varierende eftervirkning, f.eks. gav de korsblomstrede efterafgrøder en god eftervirkning, mens rajgræs og til dels rug gav en ringere eftervirkning.

### 4.2 Der tabes kvælstof ved kompostering af dybstrøelse

Der har været en del usikkerhed om den optimale håndtering af dybstrøelse som gødningsmiddel i økologisk jordbrug. Samtidig har det været et udbredt synspunkt, at kompostering af gødningen er mere i tråd med økologiske principper end almindelig iltfri opbevaring af gødningen. Dette har været baggrunden for at undersøge næringsstoffernes vej fra de forlader dyrene med gødningen og til de når planterne i marken (projekt I.1).

Undersøgelserne af omsætningen af næringsstoffer i dybstrøelse i stalden viste at mere end 80 pct. af den samlede C-omsætning i måtterne foregår i det øverste iltholdige lag af måtten (0-20 cm). Omsætningen sker som en

komposteringsproces ved temperaturer i området 30-60 °C. Dybstrøelsesmatten bidrager med ca. 20 pct. af den samlede metanudsendelse fra stalden (måtte + dyr) og 15-30 pct. af den samlede kuldioxidudsendelse

Metan udgjorde kun ca. 5-15 pct. af den samlede C-udsendelse, da metan dannet i dybere lag ved gæring blev iltet ved passage i det øverste lag og tørstof-tabet i den intakte dybstrøelsesmåtte blev over tre måneder målt til 18 procent.

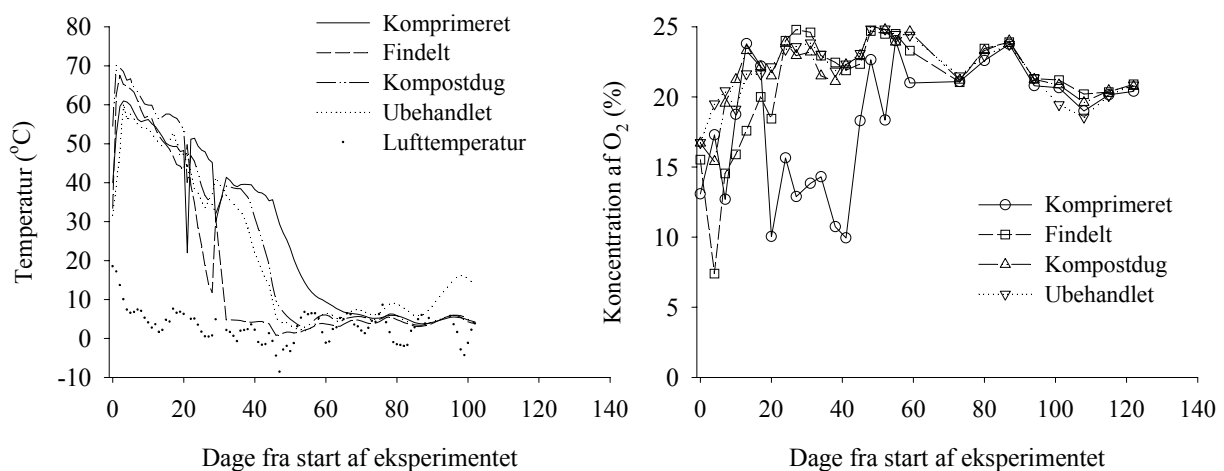
Dannelse af nitrat og frit kvælstof (denitrifikation) var kun meget sporadisk, og 99 pct. af det uorganiske kvælstof fandtes på ammoniumform. Ammoniakfordampningen fra måtten udgjorde ca. 20 pct. af ammoniumindholdet efter tre måneder og kun ca. 6 pct. af det tilførte kvælstof med fæces og urin. Størrelsen af ammoniakfordampningen var uafhængig af det tilførte kvælstof i det undersøgte interval. Fordampningens størrelse synes betinget af, at der punktvis tilføres så meget kvælstof med

urin, at måttens bindingsevne over for urinkvælstof overskrides.

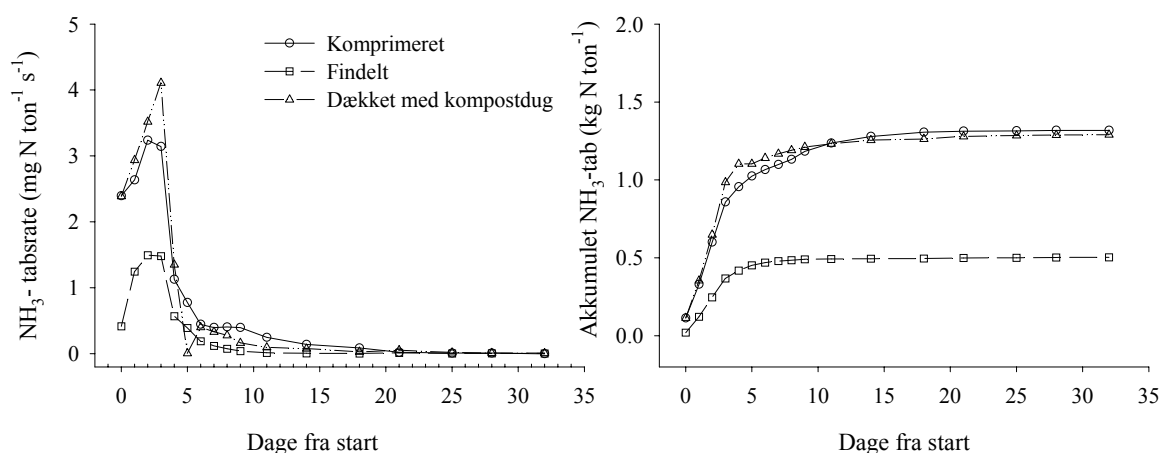
Resultater vedrørende lagring og kompostering viste følgende:

Hovedparten af tabet af kvælstof fra kompostering skete i starten af komposteringsperioden og var på op til 28 pct. Tabet af kvælstof blev halveret til 15-18 pct. ved at komprimere komposten og ved overdækning med kompostdug, som er en vandgennemtrængelig fiberpresenning.

Udvaskning af fosfor var ubetydelig, mens udvaskning af kalium over en vinterperiode blev målt til 11-15 pct. af kaliumindholdet. Kulstof- og tørstof-tabet lå mellem 40 og 50 pct. ved mere end 100 dages kompostering. Produktionen af metan og lattergas ved kompostering var ubetydelig, men øgedes dog ved de behandlinger, der nedsatte ammoniaktabet, dvs. ved komprimering og overdækning af kompoststakken.



**Figur 6** Temperatur og iltindhold i fire kompoststakke etableret i forsøg II. I de tre kompoststakke blev der lagret dybstrøelse, der ikke var behandlet før lagring og kompostering



**Figur 7 Afgivelse af ammoniak fra kompoststakke med dybstrøelse målt i forsøg III**

Resultater fra forsøg med tilførsel af kompost og frisk dybstrøelse til marken viste følgende:

I forsøg med kompost, frisk dybstrøelse og gylle blev førsteårsvirkningen målt i vårbyg. Frisk dybstrøelse gav et større udbytte end komprimeret og overdækket kompost. Ubehandlet og ubeskyttet kompost gav det laveste udbytte.

Virksomheden første år var lav, idet 0,014-0,091 kg gyllekvalstof kunne erstatte 1 kg kompostkvalstof. Ved gødsning med kompost bør der derfor suppleres med gylle. Ved brug af frisk dybstrøelse kunne 0,2 kg gyllekvalstof erstatte 1 kg N i dybstrøelse. I virksomhedens andet år var der ingen forskel på kompost-gødsningstyperne, uanset hvilken mængde der blev tilført

### Modelberegninger viser større kvælstofoverskud ved system med dybstrøelse

Resultaterne fra undersøgelserne i dette projekt er indarbejdet i en gårdmodel, der kan fremskrive udviklingen i forskellige scenarier

ved brug af dybstrøelse. Modelberegningerne viser følgende resultater:

Bedriftens kvælstofoverskud bliver som følge af halmindkøb godt 20 pct. højere med et dybstrøelsessystem i forhold til gyllesystemer. På grund af ammoniaktab ved kompostering bliver der udbragt ca. 15 pct. mindre kvælstof med kompost i forhold til gylle. Ved direkte udbringning af frisk dybstrøelse bliver der udbragt 16 pct. mere kvælstof i forhold til gylle.

Udbringning af dybstrøelse direkte fra måtten tilfører marken næsten 80 pct. mere organisk stof i forhold til gylle. Dette øgede input af kulstof og kvælstof medfører en opbygning af jordens humus og dermed mineraliserings-eve. I løbet af 30 års brug af frisk dybstrøelse øges jordens humusindhold med knap 4 pct. i forhold til gyllesystemer.

Kompostering af dybstrøelsen i et halvt år vil medføre et tab af kulstof og kvælstof, så marken tilføres kulstof på samme niveau som med gylle. Kvælstofoptagelsen i vårkorn bliver 10 pct. lavere, ligesom udvaskningen fra marken øges med ca. 10 pct. Det skyldes, at en

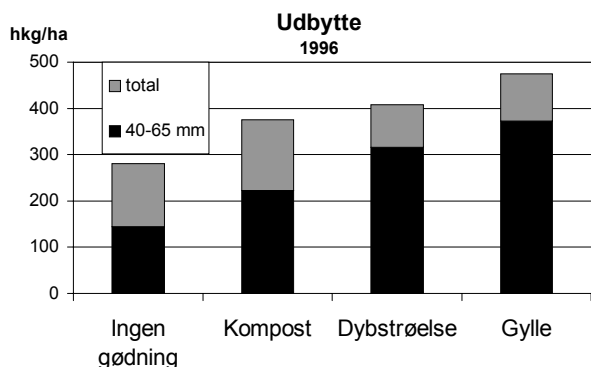
større del af kvælstoffet tilføres som organisk kvælstof.

### 4.3 Gødskning af kartofler med vinasse giver god kvalitet

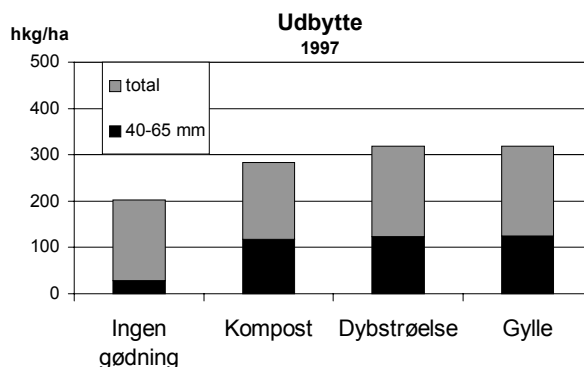
Spisekvalitet af kartofler er undersøgt i et projekt, hvor der er fokuseret på effekten af gødskning (projekt II.3). Projektet har vist, at der er ret vide rammer for næringsstofforsyningen af økologiske kartofler, idet der er opnået gode resultater med ret varierende

gødningsmængder og -typer. Forudsat en jævn fordeling af gødningen er det kun ved urealistisk høje doseringer at gødskningen påvirker spisekvaliteten. Gylle giver en lidt dårligere spisekvalitet i forhold til dybstrøelse, men udbyttet ved gødskning med gylle var større.

Nedfældning af gylle før lægning har resulteret i et større udbytte såvel totalt som i skrællestørrelsen. Foreløbige resultater tyder på, at der kan opnås en virkelig god spisekvalitet og et højt udbytte ved kombination af gylle og vinasse.



Figur 8 Udbytte i 1996. Der er tydelig sammenhæng mellem tilgængeligt kvælstof og udbytte



Figur 9 Udbytte i 1997. Skimmelen angreb tidligt og forhindrede udnyttelse af næringsstofferne. Andelen af skrællekartofler (40-65 mm knolde) er lille

# 5 Strategier for ukrudtsbekæmpelse i forskellige afgrøder

Ukrudt har altid været en stor udfordring for de økologiske jordbrugere. Udfordringen bliver ikke mindre i forbindelse med, at der på mange nye økologiske jordbrug bruges mere kornrige sædskifter fremover.

I FØJO I har en række projekter omhandlet ukrudtsproblemer set ud fra forskellige synsvinkler – både direkte bekæmpelse i forskellige afgrøder og indirekte forebyggende metoder. Resultaterne herfra, samt resultater fra andre relevante projekter, betyder, at der nu er langt mere viden og flere værktøjer til rådighed til at begrænse problemer med ukrudt, end der var for bare 5 år siden. I det følgende beskrives resultaterne fra FØJO-projekterne 1996-2000.

## 5.1 Ukrudtsfrøpuljen i sædskifteforsøgene

I de langvarige sædskifteforsøg har der været interesse for at få tal for, hvor stor ukrudtspuljen er på de forskellige lokaliteter (se også afsnit 8.2). Der er generelt stor opmærksomhed på jordens ukrudtsfrøpulje, idet mange landmænd har stor respekt for de problemer, der er forbundet med en jord, der er rig på ukrudtsfrø. Derfor er der behov for mere viden om den dynamik, der er i jordens pulje af ukrudtsfrø og det samspil, der er mellem valg af afgrøder, og de behandlinger, man foretager i marken.

I projektet Ukrudtsfrøpuljen på værkstedsarealerne (projekt VII.2) har målet været at opgøre antallet af ukrudtsfrø i de langvarige sæd-

skifter fordelt på de forskellige arter. Der var meget stor forskel mellem de forskellige lokaliteter, hvor sandjorden ved Jyndevad Forsøgsstation var klar topscorer, som det ses i tabellen. På hver lokalitet har der ikke været forskel mellem de forskellige forsøgsbehandlinger, som gennemføres i sædskifterne, men der var forskel på hvilken afgrøde, der blev dyrket året før optællingen af ukrudt. Der var flest ukrudtsfrø efter vinterhvede og færrest efter kløvergræs. I projektet blev der også fulgt op på et forsøg med ukrudtsbekæmpelse i majs, der var gennemført 4 år tidligere. I majs blev en fuldstændig renholdelse sammenlignet med ikke renholdt majs. Fire år efter forsøget spirede der i havre op til 10 gange så mange ukrudtsplanter af visse arter frem, f.eks. snerle-pileurt på de arealer, hvor majs blev renholdt.

**Tabel 3** Antal ukrudtsfrø pr. m<sup>2</sup> i langvarige sædskifteforsøg i 1998

Lokalitet	Antal frø i gennemsnit pr. m <sup>2</sup>	Største antal frø pr. m <sup>2</sup>
Jyndevad	7049	32597
Foulum	3899	12469
Flakkebjerg	2298	7363
Holeby	5078	10737

## 5.2 Udlæg af kløvergræs kan sås oven i kornrækken

Etablering af kløvergræs er en meget grundlæggende handling, som alle økologer foretager næsten hvert år. Det er vigtigt at få succes med udlægget for at kunne få gode kløver-

græsmarker eller efterafgrøder og grøngødning, som også kan være formålet med udlæg. Mislykkede udlæg kan føre til dårlige græsmarker, større kvælstofudvaskning og opformering af rodukruddt som f.eks. kvik. Den bedste metode til etablering er at så udlæg umiddelbart efter såning af dæksæden, men det fjerner efterfølgende muligheden for at harve mod ukrudt, og derfor er der risiko for lidt rigeligt ukrudt i dæksæden. Udskydes såning af udlæg til efter ukrudtsharvning, er der

risiko for et for tørt såbed, så udlægget, specielt kløverplanterne, ikke bliver etableret.

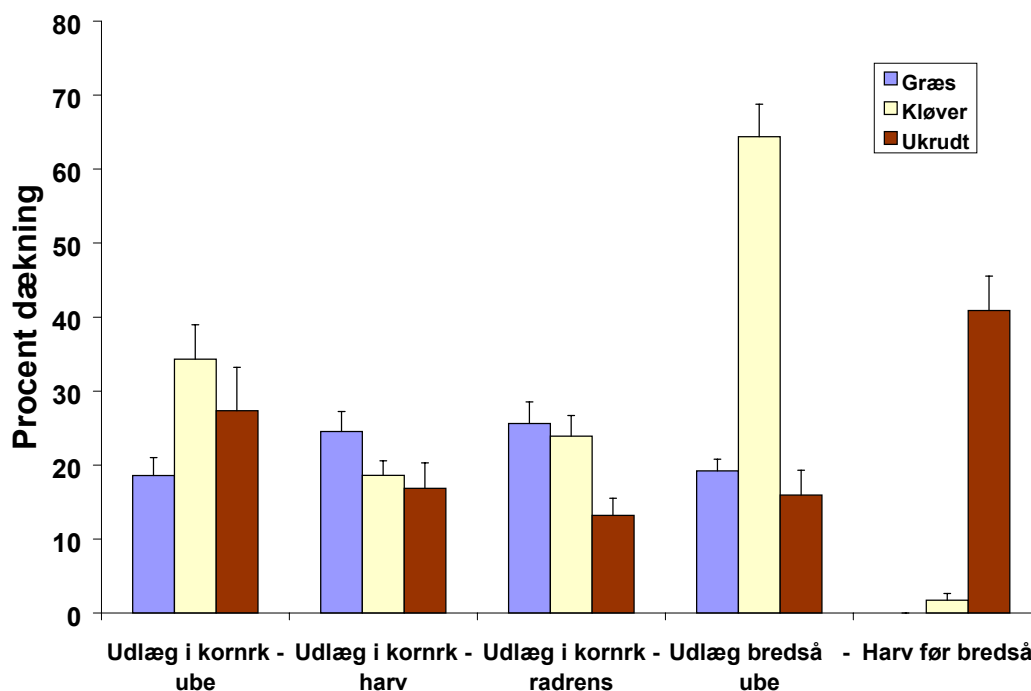
Der er gennemført forsøg med forskellige udlægsmetoder (projekt II.4). Formålet har været at kombinere udlægssåning med ukrudtsbekæmpelse. Til forsøget er der udviklet en særlig såteknik, der kan så udlægget oven på sårækken for dæksæd.

**Tabel 4 Forsøg med forskellige udlægsmetoder**

Forsøgsbehandling nr.	Så-metode	Ukrudtsbekæmpelse
1.	Udlæg i kornrækken (24 cm)	Ingen
2.	Udlæg i kornrækken (24 cm)	Radrenset
3.	Udlæg i kornrækken (24 cm)	Ukrudtsharvet
4.	Udlæg bredsået (12 cm)	Ingen
5.	Udlæg bredsået efter ukrudtsharvning (12 cm)	Ukrudtsharvet

Den nyudviklede såteknik kunne fint kombineres med ukrudtsharvning og radrensning, der reducerede ukrudtet med henholdsvis 53 pct. og 65 pct. uden at hæmme kløvergræssets etablering. Såning af udlæg efter ukrudtsharvning gav en dårlig etablering, men etableringen afhænger meget af jordens fugtighedsforhold i det enkelte år. I forhold til praksis er det kun ved høje ukrudtsmængder, at det kan

betale sig at benytte den specielle såteknik, så såning af udlæg og ukrudtsbekæmpelse kan kombineres til et fornuftigt resultat. Ved lave ukrudtsmængde er tidlig såning af udlæg uden ukrudtsbekæmpelse en tilstrækkelig god metode til at sikre et godt udlæg og samtidig en forholdsvis lav ukrudtsbestand (se figur 10).



Figur 10 Procent plantedække vurderet i oktober 1997 efter forskellige behandlinger: udlægsmetoder og såtidspunkter

### 5.3 Ukrudtsbekæmpelse er nødvendig i smalbladet lupin

Lupin er en afgrøde, der har fået renæssance inden for økologisk jordbrug. Det er fremkomsten af nye, tidligt modne typer af smalbladet lupin, der har øget dyrkningssikkerheden og dermed landbrugets interesse for dyrkningen. De få sorter, der er afprøvet i Danmark, har også vist et ganske pænt udbyttepotentialt på 3-4,5 tons pr. ha. De nye sorters tidlige modning, dvs. i sidste halvdel af august, skyldes at de ikke sætter sideskud, hvilket er typisk for ældre sorter og andre arter af lupin, f.eks. gul lupin. Den lave sideskuddannelse betyder samtidig, at planterne ikke forgrener sig og derfor ikke konkurrerer så godt med ukrudt. Derfor er der gennemført forsøg, der skal afklare lupiners følsomhed for mekanisk ukrudtsbekæmpelse (toleranceforsøg) og afklare hvilken bekæmpelses-

strategi, der giver størst ukrudtseffekt og størst udbytte i lupin (strategiforsøg).

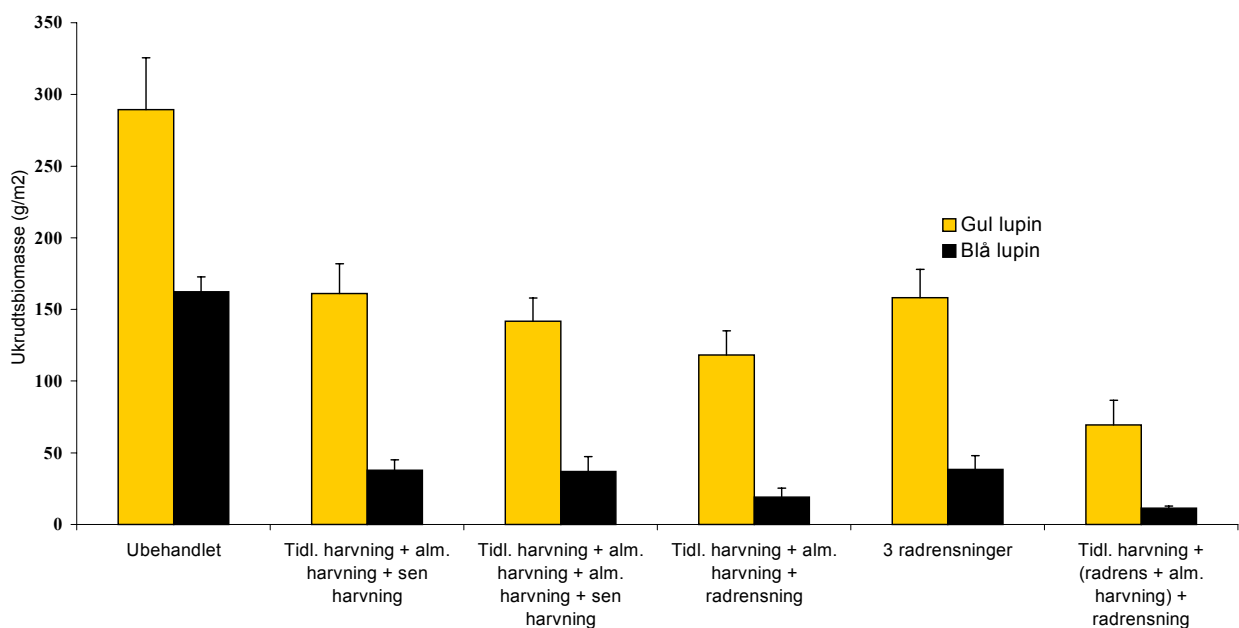
Der er gennemført forsøg i 1997-99 med ukrudtsharvning og radrensning i både gul lupin og smalbladet lupin. Lupinerne er sået på forskellige rækkeafstande 12-48 cm, og der er harvet og radrenset på kimbladstadiet, 3-4 bladstadiet og på 7-8 bladstadiet (projekt II.4).

Toleranceforsøgene viste, at lupiner er endog meget tolerante over for ukrudtsharvning og selv en tildækning på 80 pct af planterne med jord. har ikke givet afgrødeskade eller udbytte-tab. Det vigtigste er, at ukrudtsharven ikke i større grad river planterne op, og der er desuden en tendens til, at følsomheden for afgrødeskade er størst på kimbladsstadiet. Et vist plantebortfald kan afgrøden imidlertid kompensere for.



Strategiforsøgene viste, at en kombination af radrensning og ukrudtsharvning udført samme dag på 3-4 bladstadiet sammen med en radrensning på 7-8 bladstadiet gav den bedste ukrudtseffekt med 76 pct. bekæmpelse i gul lupin og 93 pct. bekæmpelse i smalbladet lupin (figur 11). Der var ikke merudbytte ved ukrudtsbekæmpelse i gul lupin, men i smalbladet lupin som konkurrerer dårligere end gul lupin. Smalbladet lupin gav den tidligste modning og det største udbytte.

I praksis bør dyrkning af lupin til modenhed tage udgangspunkt i smalbladet lupin af sorter med lav forgrening. Radrensning og ukrudtsharvning gav den bedste ukrudtsbekæmpelse og anbefales på arealer med store ukrudtsmængder. Såning af smalbladet lupin på almindelig rækkeafstand og brug af ukrudtsharvning alene giver dog alligevel en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse og en bedre konkurrenceevne fra afgrøden og anbefales på arealer med almindelig eller lav ukrudtsmængde.



Figur 11 Ukrudtsbiomasse (g/m<sup>2</sup>) som følge af forskellige behandlingsstrategier for gule og smalbladede (blå) lupiner

#### 5.4 Nedfældning af gylle giver mindre ukrudt i vårbyg

Der er i tidens løb udført mange forsøg med ukrudtsharvning i vårbyg, og der har været interesse for at undersøge om effekten af ukrudtsharvning kan forbedres ved at placere husdyrgødningen (gylle) i forbindelse med såning. Tidligere forsøg med handelsgødning og ukrudtsbekæmpelse har vist en vekselvirkning mellem placering af handelsgødning og

ukrudtsbekæmpelse, så ukrudt var nemmere at bekæmpe, når handelsgødningen var placeret i forbindelse med såning.

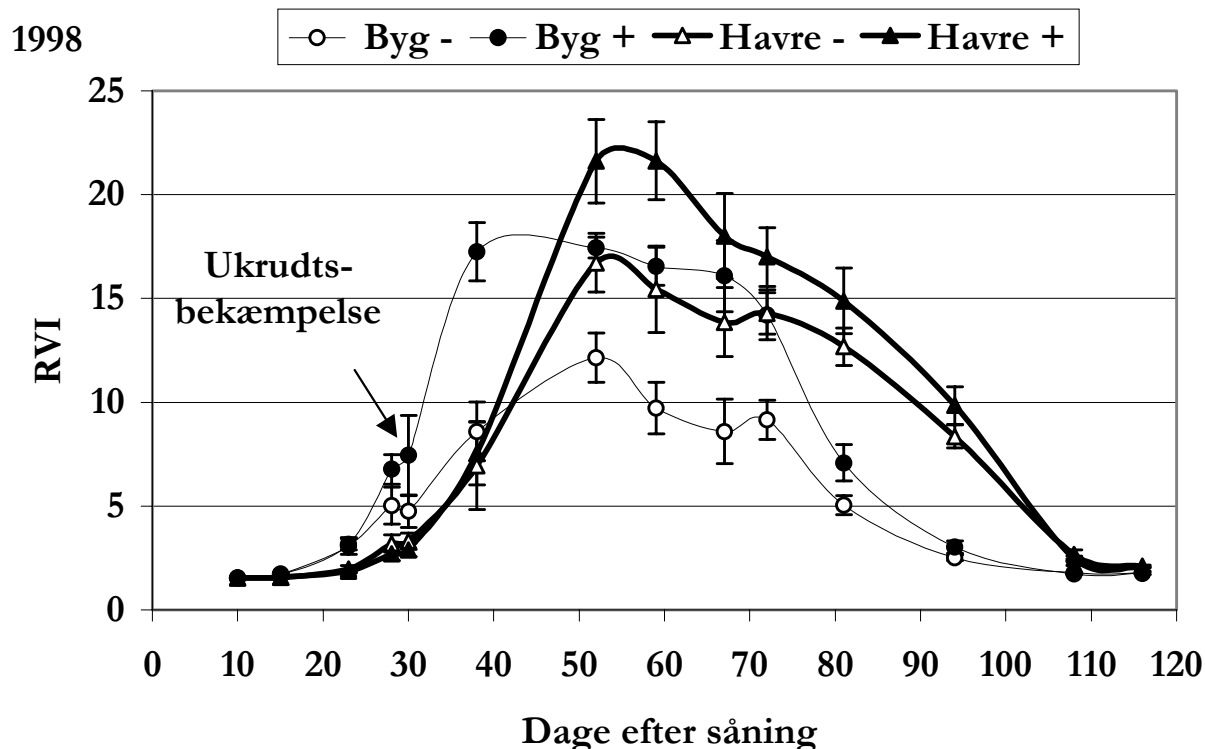
Der er i årene 1996-99 gennemført en række forskellige forsøg med vårbyg og nøgen havre (projekt II.4). Forsøgene er gennemført med og uden ukrudtsharvning, med stigende mængde tilført gylle og med to udbringningsmetoder, slangeudlagt og nedharvet gylle samt nedfældet gylle.

Fra forsøgene kan det konkluderes, at:

1. Nedfældning forbedrer den tidlige vækst i vårbyg og den senere vækst i nøgen havre (efter begyndende strækning). I begge afgrøder blev udbyttepotentialet forbedret med 15-35 pct.

2. Nedfældning reducerer ukrudtsmængden i byg med op til 50 pct., men har mindre effekt på ukrudtsmængden i nøgen havre

3. Nedfældning kan i visse tilfælde forbedre effekten af ukrudtsharvning og reducere skaden på afgrøden



Figur 12 Resultater fra telemålinger i herbicidbehandlede parceller i strategiforsøg fra Flakkebjerg 1998. Fyldte symboler viser forsøgsbehandling med gødskning

Figur 12 viser, at vårbyg har udnyttet nedfældningen til en meget tidlig ekstra vækst i bladmassen 25 dage efter såning, mens havre først har fået en forøget bladvækst som følge af nedfældning senere end 40 dage efter så-

ning. Det kan forklare, hvorfor der kan være mere effekt af nedfældning på ukrudtsbiomassen og på effekten af ukrudtsharvning i vårbyg end i nøgenhavre.

## 5.5 Placering af gylle i økologiske vårsædsafgrøder skal være tæt på sårækken

Der er gennemført et projekt, hvor det belyses, hvordan forskellige udbringningsmetoder for gylle til vårbyg påvirker optagelsen af kvælstof i både vårbyg og ukrudt. Idéen er at undersøge, om kornets konkurrenceevne over for ukrudt kan styrkes ved at placere gyllen i en streng i jorden ved direkte nedfældning (projekt VII.11).

I det første forsøgsår blev gyllen nedfældet i en streng eller bredspredt, og begge disse metoder blev udført i både 5 og 15 cm's dybde. I det andet forsøgsår blev gyllen bredspredt og nedarbejdet til 5 cm's dybde eller nedfældet i en streng i 5, 10 eller 15 cm's dybde. Forsøget blev gennemført med to forfrugter 2. års kløvergræs og korn/rodfrugt. Vårbyggen blev sået på 12 cm's rækkeafstand og nedfældning af gyllen blev foretaget med 24 cm's rækkeafstand. Såning og nedfældning blev gennemført, så der altid var 6 cm fra et såspor til et nedfældningsspor.

Forsøgene viste, at placering ved direkte nedfældning gav en mindre kvælstofoptagelse i ukrudtet uanset, hvor dybt gyllestrengen blev placeret. Ved en dybde på 15 cm gik der imid-

lertid også længere tid, før vårbyggen fik adgang til gyllen, og vårbyggens vækst og kvælstofoptagelse var i starten forsinket i forhold til placering i 5 cm's dybde, hvilket kan påvirke den tidlige konkurrenceevne. For hver 2 cm, som nedfældningens dybde øges med, bliver kontakten mellem gylle og byggens rødder 1-1½ dag forsinket. Det indhentede byggen dog senere, så den samlede optagelse af gødningskvælstof ikke var påvirket af nedfældningsdybden. Forfrugten havde dog endnu større indflydelse på den samlede kvælstofoptagelse, som den 9. juni var dobbelt så stor efter kløvergræs som efter korn/rodfrugt som forfrugt. Ved hjælp af isotopteknik blev 50 pct. af det udbragte kvælstof ved nedfældning genfundet i vårbyggen, mens kun 45 pct. af kvælstoffet udbragt ved bredspredning blev genfundet. Denne forskel kunne også ses på afgrødens vækst allerede tre uger efter fremspiring.

Der var et meget højt ukrudttryk på forsøgsarealerne, og størst hvor der var korn eller rodfrugt som forfrugt. En del af ukrudtet var korsblomstrede ukrudtsarter, så der har generelt været tale om skærpede konkurrenceforhold mellem afgrøde og ukrudt. I tabel 5 ses genfindelsen af udbragt kvælstof med gylle som gennemsnit af de tre prøver af ukrudt, der blev høstet i løbet af maj og juni.

**Tabel 5 Genfindelse af kvælstof i ukrudt i pct. af tilført kvælstof med svinegylle. Gennemsnit af prøvetidspunkterne 23. maj, 30. maj og 9. juni**

Udbringningsmetode	Forfrugt korn/rodfrugt	Forfrugt 2. års kløvergræs
Bredspredt	12,4	5,5
Direkte nedfældet, 5 cm's dybde	4,8	1,4

Ved bredspredning blev der ved sidste prøvetagning høstet 65-85 g ukrudtstørstof pr. m<sup>2</sup>, og ved direkte nedfældning blev der høstet 30-50 g/m<sup>2</sup>. På kvælstofoptagelsen i ukrudtet var forskellen større, da der knap en måned efter fremspiring var blevet optaget dobbelt så meget kvælstof i ukrudtet, hvor gyllen var bredspredt i forhold til nedfældning.

Fordelene ved placering af gylle kan opsummeres: 1) Øger afgrødens optagelse af tilført kvælstof og vækst (ved passende placering). 2) Reducerer ukrudtets optagelse af tilført kvælstof.

Nedfældning kan i teorien bruges som en metode til at få forbedret afgrødens konkurrenceevne, og det kan have betydning i et samspil med f.eks. ukrudtsharvning. Afgrøden kan være mere robust og ukrudtet mere følsomt for ukrudtsharvning, når gyllen er nedfældet.

Projektet bidrager med viden, der er væsentlig i forbindelse med placering af gyllestrengene som et led i en strategi for ukrudtsbekæmpelse.

I praksis er det ikke helt så nemt, da det ikke i øjeblikket er muligt at placere gyllestrengene så præcist i forhold til sårækken, som det er gjort i projektet. Hvis sårækken i dette projekt havde været mindre præcist placeret i forhold til nedfældet gylle, ville hver anden sårække være tættere end 6 cm på gyllestrengen og de øvrige sårækker længere væk. Det kan give en uens afgrøde med striber, hvilket er betænkeligt når der skal ukrudtsharves. For i praksis at få det fulde udbytte af forsøgsresultaterne bør der udvikles såudstyr, hvor såning og gylleplacering foretages samtidigt. Samtidig bør der kunne udbringes mere koncentrerede gylleprodukter, så der ikke skal medtages så stort et gødningsvolumen ved hvert såtræk og trækraftbehovet kan mindskes. Hvis kornet

sås på 24 cm midt i mellem gødningsstrengene, der er nedfældet også på 24 cm, vil der gå en lille uge inden rødderne finder gødningsstrengen, og indtil da vil væksten og kvælstofoptagelsen være mindre end ved bredspredning. Det optimale ville formodentlig være, hvis der kunne placeres en gyllestreng 2-3 cm ud for hver sårække, da dette vil resultere i en hurtig kvælstofoptagelse og vækst.

## 5.6 Økologiske fordele ved at dyrke ært og byg sammen

Ærter er en vigtig foderafgrøde, der skal bidrage til at forsyne økologiske husdyr med protein. Dyrkning af ærter til modenhed kan dog være vanskelig, da afgrøden er følsom for ukrudt og den kan også være svær at få høstet pga. lejesæd. I fugtige år bliver ærter ramt af bl.a. ærtesyge, som giver et udbyttetab og som kan gøre ærterne uegnede til såsæd.

Ært dyrket i blanding med vårbyg rummer en række interessante perspektiver, og det har et FØJO-projekt sat fokus på (projekt I.2).

Projektet har vist, at byg kan give næsten den samme produktion, selvom antallet af bygplanter er væsentligt lavere i en byg-ærteblanding. Desværre kan ærterne på deres side ikke rigtigt følge med, og ærteudbyttet bliver væsentligt mindre i blandingen. Oftest ses det, at udbyttet af 2 ha blandsæd bliver større end summen af 1 ha byg og 1 ha ært.

Ukrudtet bliver mere hæmmet af en blandingsafgrøde end af f.eks. ærter i renbestand, som ikke skygger så godt som blandingen. Desuden har ukrudtet adgang til en stor mængde kvælstof i en ærtemark. I projektet optog ukrudt 60 kg kvælstof pr. ha i ært i renbestand og kun 20 kg N pr. ha i en blanding af byg og ært. Det skyldes, at byggen har konkurreret med ukrudtet om uorganisk

kvælstof i jorden. Da byggen har tømt jorden for uorganisk kvælstof, har det tvunget ærterne til at fikserere mere kvælstof ved symbiotisk kvæstoffiksering. I blandingsafgrøden er der derfor fikseret mere kvælstof pr. ærteplante end i ren ært.

De moderne ærtesorter har ofte svært ved at producere nok i en blanding med byg. I projektet er der set på mulighederne for at øge ærteandelen i en blandingsafgrøde. I projektet blev det klart, at ærterne er følsomme for konkurrencen med byg om vand, da ærter har 95 pct. af rodsystemet i 0-25 cm's dybde, mens vårbyg har 25-30 pct. af rodsystemet i 25-75 cm's dybde.

Forsøg med potter har vist, at man kan forbedre ærternes konkurrenceevne over for byg ved at så byggen 7 dage senere end ærterne. Ærternes udbytte fordobles, mens byggens går 30 pct. ned.

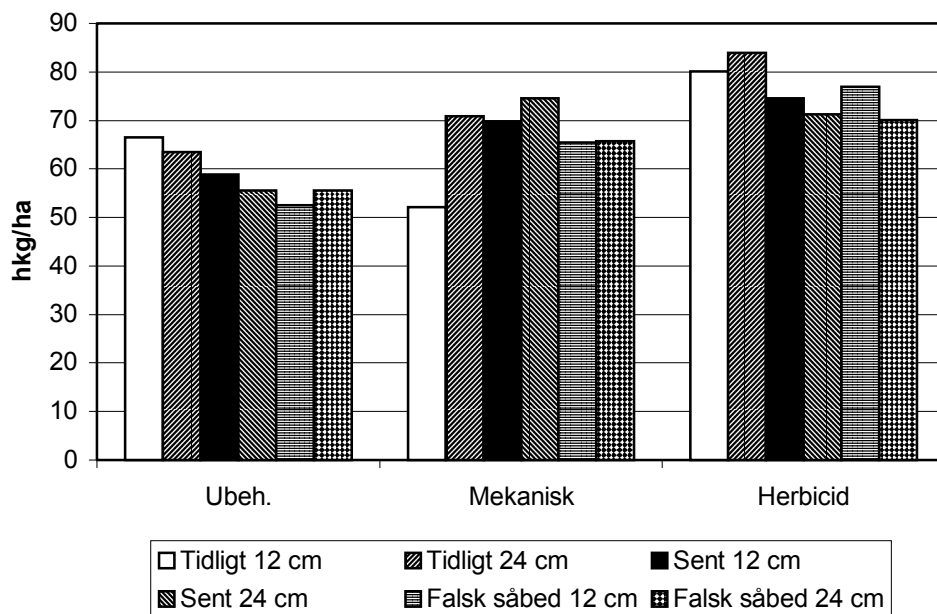
En yderligere fordel ved samdyrkning af byg og ært er, at bygghalmen, når den nedmuldes efter høst, kan bidrage til at binde kvælstof og modvirke udvaskning af den store mængde kvælstof, der normalt mineraliseres efter ærter i renbestand.

## 5.7 Strategi for dyrkning af vinterhvede bestemmes af ukrudtstrykket

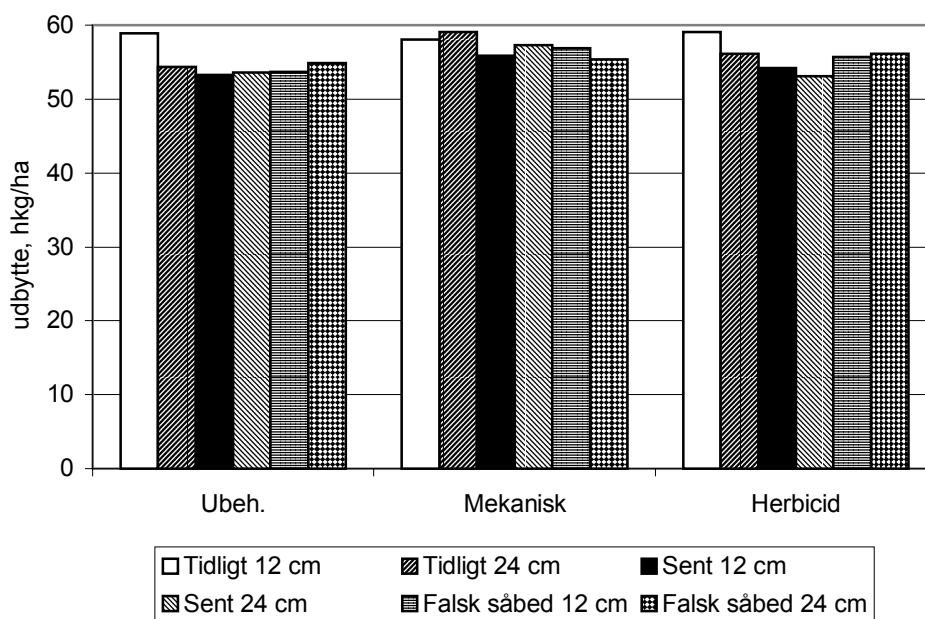
Ukrudtsharvning i vinterhvede har vist meget svingende effekter, og succesen afhænger meget af, om der allerede om efteråret er ideelle forhold for ukrudtsharvning. For at forbedre effekten af ukrudtsharvning i vinterhvede om efteråret er virkningen af forskellige andre metoder afprøvet sammen med ukrudtsharvning.

Der er gennemført forsøg med to såtidspunkter, to rækkeafstande, med og uden falsk såbed samt med og uden mekanisk ukrudtsbekæmpelse (ukrudtsharvning og radrensning). Forsøgene er gennemført på to lokaliteter med henholdsvis højt og lavt ukrudtstryk (projekt II.4).

Konklusionen på forsøgene er, som det fremgår af figur 13a og b, at det ved højt ukrudtstryk kan betale sig at kombinere sen såning, stor rækkeafstand og mekanisk bekæmpelse for at få en god ukrudtseffekt og et højt udbytte. Ved lavt ukrudtstryk kan det bedst betale sig at så afgrøden ved normalt såtidspunkt og at så afgrøden på 12 cm's rækkeafstand for at få den bedste konkurrence fra afgrøden. Falsk såbed havde ikke nogen effekt, men vurderes at nedbringe jordens ukrudtsfrøpulje, og falsk såbed kan derfor have en betydning på længere sigt.



Figur 13a Udbytte i vinterhvede på Flakkebjerg i 1999 ved de forskellige behandlinger



Figur 13b Udbytte i vinterhvede på Foulum i 1999 ved de forskellige behandlinger

## 5.8 Høj korntæthed og rumligt ensartet mønster konkurrerer godt med ukrudt

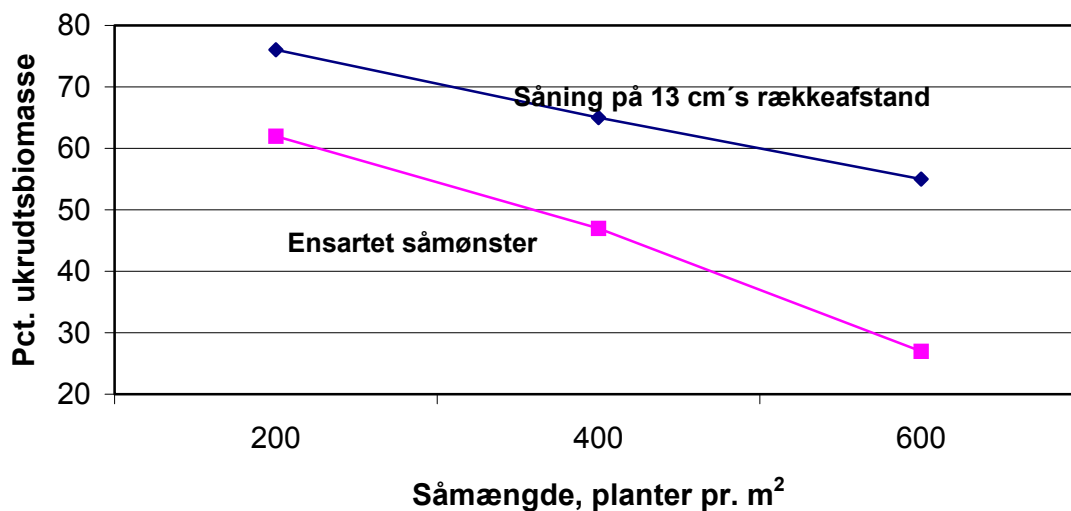
Der er gennem tiden lavet mange forsøg med at øge rækkeafstanden i korn og øge den mekaniske indsats mod ukrudt. I FØJO I er der gennemført forsøg, der skulle afdække, om korns konkurrenceevne kunne øges ved øget plantetal og ved at så kornet i et ensartet såmønster, så planterne står med lige stor afstand til naboplanterne i to dimensioner. Perspektivet er at kunne undgå udgifter til ukrudtsharvning - udgifter, som delvis i stedet vil gå til en eventuel øget udsædsmængde. Til såning i ensartet rumligt såmønster er der udviklet en speciel såteknik ved hjælp af en ombygget specialmaskine til såning af grønsager (projekt II.4).

Der er gennemført forsøg i 1998 og 1999 med fire vårhvedesorter, tre såtætheder (200, 400

og 600 planter pr. m<sup>2</sup>) og to rumlige mønstre (rækkesåning på 13 cm og ensartet rumligt mønster). Som ukrudt blev der udsået 200 rapsfrø pr. m<sup>2</sup>. Ukrudtsbiomassen blev målt medio juli fra 0,25 m<sup>2</sup> prøveflader.

Resultaterne viste (figur 14), at der er 30 pct. mindre ukrudtsbiomasse i det ensartede såmønster i forhold til normal rækkesåning. Ved den høje plantetæthed var der ved ensartet såmønster 60 pct. mindre ukrudtstørstof og 60 pct. højere kornudbytte i forhold til normal plantetæthed (400 planter) sået på normal rækkeafstand.

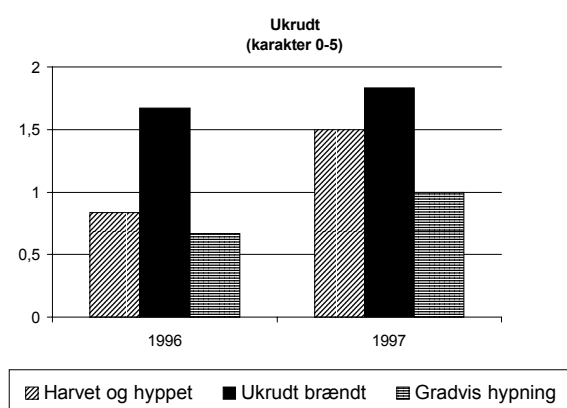
Endnu er der ikke i praksis såteknik til rådighed, så resultaterne fra forsøget kan komme i praktisk anvendelse. Imidlertid er resultaterne lovende og bekræfter, at et forholdsvis højt plantetal er nødvendigt for, at afgrøden skal kunne konkurrere mod ukrudt.



Figur 14 Biomasse af ukrudt som funktion af såmønster og såmængde i vårhvede

## 5.9 Gradvis hypning mod ukrudt giver bedst kvalitet og størst udbytte

Ukrudt i kartofler kan kontrolleres på forskellige måder: Gasbrænding før fremspiring, skiftevis hypning og nedharvning af kamme eller gradvis hypning. Disse metoder er sammenlignet i et projekt om kvalitetsaspekter i økologiske spisekartofler (projekt II.3).

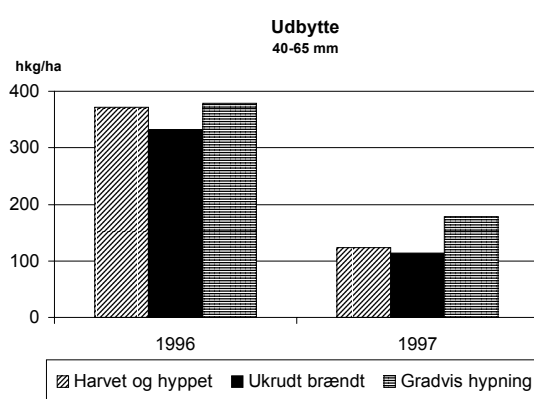


**Figur 15** Der er bedømt ukrudt i behandlingerne. Ved brænding har det været vanskeligst at kontrollere ukrudtet

## 5.10 Tiltrækning og udplantning af sukkerroer sparer håndhakning

Der er gennemført et projekt med udvikling af teknik til udplantning af bederoer samt løg og porrer. Udplantning af roer og grønsager giver mulighed for at få en effektiv bekæmpelse af ukrudt uden at skulle luge afgrøden manuelt. Marken kan holdes ren for ukrudt ved mekanisk behandling helt frem til udplantning, og efter udplantning kan afgrøden holdes ren for ukrudt med radrensning og ukrudtsharvning (projekt II.5).

Alle metoderne til ukrudtsbekæmpelse var effektive til at bekæmpe ukrudt, men gasbrænding gav et lavere udbytte end de mekaniske metoder (figur 15 og 16). Der har været et lidt større udbytte, især af kartofler i skrællestørrelsen, ved gradvis hypning i forhold til nedharvning og hypning. En forskel, der tilskrives en lidt tidligere fremspiring ved gradvis hypning. Gradvis hypning har desuden haft andre fordele som mindre angreb af skurv og færre grønne knolde.



**Figur 16** Udbytte viser stor forskel mellem årene, men samme niveau mellem behandlingerne

Den udviklede teknik har bevirket, at det er lykkedes at udplante bederoer, der kunne ukrudtsharves blot 5 dage efter udplantning med under 3 pct. tab af planter, og derved kan håndlugning undgås. Samtidig giver udplantede roer et større udbytte end såede roer. Dette er opnået ved, at der i den udviklede teknik er fokuseret på at fremme udplantningsplanters hurtige jordfæstning. Projektet har vist, at en meget grundig pakning af jorden omkring planterne er meget vigtig, mens vanding i vandingsrillen ikke havde indflydelse på rodfæstning og vækst. Uden vanding var der dog lidt flere planter, der visnede.



De udplantede bederoer har haft for stor forgrening, og dette er søgt udbedret ved at anvende andre pottetyper til småplanterne. Problemet med forgrening blev dog ikke helt løst. Der er desuden behov for at finde billigere løsninger på tiltrækning af roesmåplanterne, da det anvendte system ikke kunne konkurrere økonomisk med håndlugning af ukrudtet. En mulig løsning på dette vil være, at roeavlere selv tiltrækker småplanter i plastiktunneller med en varmekanon, der frostsikrer planterne.

## 5.11 Frøavl på stor rækkeafstand

Kontrol med ukrudt er også interessant i forbindelse med udlæg af græs til frøproduktion, idet der er det samme dilemma som ved udlæg af kløvergræs til grovfoderproduktion (se afsnit 5.2). Der er bl.a. interesse for at vide, hvorvidt ukrudtsbekæmpelse i udlægsåret påvirker frøudbyttet i de efterfølgende frøhøstår, og i hvor høj grad ukrudtet kan bekæmpes i udlægsåret.

Der blev anlagt forsøg i fire arter af frøgræs: rødsvingel, rajsvingel, alm. rajgræs og timothe (projekt VII.3). Græsserne blev sået enten i selve kornrækken eller mellem kornrækkerne, der blev sået på 24 cm's rækkeafstand.

Kornet blev radrenset, og der var en god effekt af radrensningen over for ukrudtet. I frøhøståret var der ikke forskel på ukrudtmængden, og græsserne var etableret godt uanset, hvordan de var sået og uanset ukrudtsbekæmpelsen. Der var en tendens til, at rødsvingel, som er en svagt voksende græsart, havde en lidt dårligere etablering, når den var sået i selve kornrækken. Der var ingen forskel på frøudbyttet mellem de forskellige etableringsmetoder, og der var heller ingen skader på græsset som følge af radrensningerne.

Det vigtigste ved etablering af frøgræs er derfor ikke rækkeafstand, såmetode eller ukrudtsbekæmpelsen, men derimod, at forholdene for selve såningen og etableringen af planterne er så gode som muligt. Det er bl.a. såtidspunktet og en korrekt placering af frøene i jorden, der er vigtige for at få et godt resultat.

Toleranceforsøg med ukrudtsharvning og radrensning viste, at rajgræs har en høj tolerance over for mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Den lange tidsperiode fra såning af udlæg og ukrudtsbekæmpelse til frøene skal høstes giver græsset mulighed for at kompensere for eventuelle skader.

## 5.12 Naturstoffer til regulering af skadedyr, sygdomme og ukrudt

I mange planter af korsblomstfamilien findes stoffer, som kan være biologisk aktive. For eksempel er det observeret, at nedmuldning af oliefrøafgrøder, f.eks. raps, kan reducere og sinke fremspiringen af ukrudt i den efterfølgende afgrøde. I disse planter findes også eksempler på stoffer, som afskrækker insekter, dvs. stoffer med repellerende virkning. Disse effekter tilskrives ofte olieplanternes indhold af glucosinolater. Det er imidlertid ikke selve glucosinolaterne, der er aktive, men derimod nedbrydningsprodukter af disse. Effekterne har man undersøgt nærmere i et projekt, hvor nedbrydningsprodukternes fremstilling og virkning på sygdomme, skadedyr og ukrudt er belyst. (projekt VII.5).

Ni omdannelsesprodukter af glucosinater er fremstillet og testet over for plantepatogener i vårbyg og vinterhvede. Der var forskel på de forskellige omdannelsesprodukters effekt. I væksthushorsøg viste det sig også, at produkterne ikke kunne bruges forebyggende, altså udsprøjtet før innoculering af kornplanterne,

mens den bekæmpende effekt var mærkbar over for gulrust i hvede og meldug i vårbyg. I semifieldforsøg var kun et af produkterne på niveau med effekten af et kommercielt fungicid. I markforsøg blev der fundet effekter på mellem 40 og 60% mod hvedegråplet, gul- og brunrust samt meldug. Der blev målt signifikante merudbytter i både vinterhvede og vårbyg.

Nogle af produkterne er testet på skadedyr ved kontakttest, og her viste det sig, at både kornbladlus og glimnerbøsser blev signifikant påvirket af tre af produkterne. Ved sprøjtning af bladlus på hvedeplanter i væksthushorsøg blev der dog ikke fundet signifikante effekter.

Produkternes ukrudtseffekt er også undersøgt. Laboratorieforsøgene viste, at rodvæksten af udvalgte testplanter blev hæmmet og fremspiringen forsinket. Effekten på alm.

rajgræs, rapgræs og storkenæb var større end effekten på vårbyg.

Sideløbende med behandling med ovenstående nedbrydningsprodukter blev der gennemført forsøg med nedmuldning af plantemateriale fra korsblomstrede arter. De seks arter var langskulpet vinterkarse, havekarse, salat-sennep, ræddike, sareptasennep og sæddodder. Der blev nedmuldet henholdsvis 5 og 15 g plantemateriale i 300 g jord, hvorefter testplanterne alm. rajgræs og hejrenæb blev sået. For begge testplanter blev der en forsinket fremspiring, og for hejrenæb spirede der også færre planter frem. Rajgræs kunne kompensere for den sene fremspiring senere i vækstsæson, og ved høst var der ikke forskel i planternes friskvægt. Der var ikke forskelle på de seks nedmuldede korsblomstrede arter i deres i hæmning af testplanternes fremspiring og vækst.



# 6 Sygdomme, sundhed og skadedyr

Som hovedregel skal angreb af sygdomme og skadedyr i økologisk planteavl forebygges, da metoder og midler til direkte bekæmpelse er meget begrænsede. Det er derfor nødvendigt at kende skadevoldernes biologi og – livscyklus, og det er ofte en udfordring i praksis af kunne tage sig af problemer, som endnu ikke er synlige. Mange skadevoldere, som har stor betydning i det konventionelle landbrug, er ofte af mindre betydning i det økologiske, men der er også skadevoldere, som har stor økonomisk betydning for den økologiske produktion. Det er netop nogle af de mest betydende skadevoldere, som forskningen under FØJO har fokuseret på.

## 6.1 Biologisk mangfoldighed kan kontrollere bladlus

Generelt betragtes økologisk drift som et selvregulerende system. For markens afgrøder betyder det, at forskellige nyttedyr forventes at være i balance med skadedyrene, som er deres fødegrundlag. Denne antagelse er der set nærmere på i et projekt under delprogrammet Økologisk Planteværn (projekt VII.1).

Der er foretaget en omfattende registrering af nyttedyr som løbebiller, edderkopper gulldøjelarver, mariehønsarver og svirrefluelarver på økologiske marker og deres forekomst i forhold til nabomarker, hegn og skel samt de operationer, der er foretaget i marken.

Af løbebiller er der identificeret 91 arter. Der blev fanget flest biller i vintersæd og markært og færrest i varig græs. Det har vist sig, at antallet af løbebiller påvirkes negativt af antallet af ukrudtsharvninger, tidlig pløjning, sen såning, sen ukrudtsharvning, lille andel af bælg-

planter, udlæg og ukrudt. Det viste sig også, at der blev fanget lige mange biller, uanset om man var tæt på eller langt fra markernes kanter, selv for billearter, der overvintrer i skellet. De er med andre ord gode til at sprede sig i hele marken i løbet af foråret.

Registreringer af luseangreb viste en tendens, der tidligere har været fokus på, nemlig at jo flere ukrudtsharvninger jo større angreb af bladlus. Det antages, at det netop er nyttedyrene, som skades af det store antal ukrudtsharvninger.

## 6.2 Alternative bejdsemidler mod hvedens stinkbrand

Hvedens stinkbrand og rugens stængelbrand er alvorlige udsædsbårne sygdomme i økologisk dyrkning. Hidtil har den eneste metode til forebyggelse af angreb været at bruge sunde partier af udsæd. Det betyder også, at en vis andel af de fremavlede partier af vinterhvede bliver kasseret, når der ved analyse findes smitte af stinkbrand. De nævnte sygdomme kan også smitte fra jorden, og derfor anbefales mindst 5 år mellem hvede og rug for at undgå jordsmitte.

I projekt II.4 er der arbejdet med andre forebyggende metoder mod stinkbrand: brug af alternative bejdsemidler og brug af sortsresistens. Sennepsmel har givet en god bekæmpelseseffekt på over 95 pct. uden at skade frøenes spireevne. Mælkepulver har også haft effekt, men har til gengæld givet en negativ effekt på hastigheden for fremspiring. Forskellige mikrobiologiske bejdsemidler, der har vist et potentiale for bekæmpelse, kan forbedres ved kombination med mælkepulver.

En lang række af de dyrkede vinterhvedesorter er testet for resistens mod hvedens stinkbrand, og de fleste sorter er modtagelige. Der findes enkelte sorter, som de svenske Tjelvar og Stava, som har høj resistens, og et par andre sorter som Aspect og Trintella, der fik lave angreb og derfor har middel resistens. Sorter med middel resistens kan muligvis anvendes i kombination med alternative bejdsemidler til opnåelse af en tilstrækkelig beskyttelse med stinkbrand.

### 6.3 Skurv i kartofler

I et projekt, der har undersøgt forskellige aspekter af kvalitet i økologisk dyrkede spisekartofler, er angreb af skurv belyst ved forskellige dyrkningsstrategier (projekt II.3). I forsøg med gødskning var angrebet af skurv højere ved brug af gylle end ved brug af dybstrøelse.

I forsøg med ukrudtsbekæmpelse var angrebet af skurv højere ved skiftevis nedharvning og hypning af kartoflerne end ved gradvis hypning. Effekten tilskrives muligheden for, at de uforstyrrede kamme, der gradvis bygges op, har en lavere iltspænding, fordi de får lov til at "sætte sig", og dermed er muligheden for udviklingen af skurv ringere.

### 6.4 Kartoffelskimmel og rod-filtsvamp i kartofler

I forsøgsperioden har der kun været svage angreb af rodfiltsvamp i tre ud af fire år (projekt II.3). Der har været en tendens til, at brug af dybstrøelse frem for gylle gav et større angreb af rodfiltsvamp, hvilket er i overensstemmelse med observationer fra andre projekter. I et monitoringsprojekt i samarbejde med Landbrugets Rådgivningscenter er det fundet, at specielt andenårs kløvergræsmarker

som forfrugt gav et kraftigt angreb af rod-filtsvamp, mens havre som forfrugt gav det laveste angreb.

Angreb af rodfiltsvamp er i et opfølgende projekt (VII.10) undersøgt ved at udlægge små parceller med kartofler forskellige steder i det økologiske sædskifte på Jyndevad Forsøgsstation. Der blev observeret væsentligt færre angreb af rodfiltsvamp efter 3. års kløvergræs end efter 1. og 2. års kløvergræs. Efter fræsning af 3. års kløvergræs var angrebet tilsyneladende lidt højere, formodentlig pga. større kvælstoffrigivelse.

I små pletter har man undersøgt hvilken slags gødning rodfiltssvampen foretrækker. Rodfiltsvamp er en saprotrof organisme, hvilket vil sige, at den overlever og formerer sig på dødt plantevæv, hvorfra den kan inficere levende væv. Undersøgelsen viste, at både svampens vækst og dens hvilelegemer (sklerotier) blev større i jord tilført dybstrøelse. Dette resultat støtter de praktiske erfaringer, der viser større sygdomsangreb af rodfiltsvamp i kartofler, der er gødet med dybstrøelse. Når hvilelegemerne også er større betyder det, at svampen kan overleve i jorden i længere tid, og at man med dybstrøelse som gødning bør have flere år mellem kartofler i sædskiftet.

Forsøget blev suppleret med forsøg med forskellige næringssubstrater for rodfiltsvamp, idet man var interesseret i at se rodfiltsvampens vækst ved forskellige C/N-forhold. Ved et lavt C/N-forhold, svarende til en høj tilgængelighed af kvælstof, blev der dannet mange hvilelegemer tæt ved næringssubstratet. Ved et højt C/N-forhold, svarende til lav tilgængelighed af kvælstof, blev der ikke dannet hvilelegemer tæt ved substratet, men der blev til gengæld dannet mange i større afstand fra substratet. Svampen forsøger med andre ord at komme væk fra områder, der er ugunstige, i dette tilfælde for lav tilgængelighed af kvæ-

stof. Spredningen af rodfiltsvamp i marken må derfor forventes at være større, når der bruges dybstrøelse eller andre gødningsemner med et højt C/N-forhold.

I projektet har man også afprøvet en metode til at kvantificere mængden af smitstof i jorden. Metoden er en kommerciel metode baseret på antistof (ELISA). Det blev bekræftet, at man ud fra jordprøver med denne metode kan vurdere, om der er risiko for kraftige angreb af rodfiltsvamp. Man kan ligeledes efter dyrkning af kartofler bestemme opformeringen af rodfiltsvamp og derudfra forudsige, hvornår der kan dyrkes kartofler igen på den aktuelle mark.

Kartoffelskimmel har man i projektet forsøgt at forebygge eller bekæmpe ved udsprøjtning af kompostekstrakt. Baggrunden for dette er, at man i ældre forsøg har man fået en effekt af kompostudtræk mod kartoffelskimmel. I de aktuelle forsøg med kompostudtræk har der ikke været effekt på kartoffelskimmelen. Vejrliget og timingen af sprøjtningerne har været optimale for gennemførelse af forsøget, så dette kan ikke forklare den manglende effekt. De anvendte kompostudtræk er fremstillet ved kompostering af 1) hestegødning og markjord 2) elefantgræs og kvæggylle 3) kvægdybstrøelse. Komposteringsforløbet var meget tilfredsstillende, og kompostekstrakterne viste en meget høj biologisk aktivitet.

## 6.5 Kontrol af bladlus gennem valg af sorter

Angreb af skadedyr er generelt ikke et stort problem i økologiske marker, men i enkelte afgrøder kan betydningen af et skadedyrsangreb være så stort, at afgrøden må betegnes som dyrkningsusikker. Det er f.eks. tilfældet for hestebønner, der i nogle år angribes så voldsomt af bedebbladlus, at afgrøden giver for

lille et udbytte. I et projekt (VII.6) er der fokuseret på den genetiske variation i afgrødernes egenskaber som værtsplanter, dvs. at sorter af vårbyg, vinterhvede og hestebønner er undersøgt med hensyn til forskelle i opformeringsevne af bladlus.

Vinterhvedesorter og vårbygssorter blev i første omgang undersøgt i minivæksthus. Denne undersøgelse viste meget klare forskelle på, hvor gode sorterne er som værter for bladlus, hvilket ses i tabel 6. Jo højere rm-værdi, jo bedre er sorten som vært for bladlusene. Forskellen i hvede var ca. faktor 3,5 og forskellen i bygssorter ca. en faktor 1,5.

**Tabel 6** Forskellige sorters værtsplanteegenskaber

Vinterhvedesorter	rm-værdi - kornbladlus
Terra	0,0937
Yacht	0,0262
Vårbygssorter	rm-værdi - havrebladlus
Otira	0,1089
Lux	0,0686
Hestebønner	rm-værdi - bedebbladlus
Colombo	0,125
Quattro	0,090

Forsøg med tre vårbygssorter blev anlagt i marken, og her kunne forskellene i bladlusenes opformering ikke bekræftes i to forsøgsår. Det første år var opformeringen generelt så hurtig, at forskelle, der kunne ses i begyndelsen af vækstsæsonen, hurtigt blev udvisket. I det andet forsøgsår var der ingen bladlusangreb.

Bladlus kan være meget begrænsende for udbyttet i hestebønner. En række forskellige sorter af hestebønner er også undersøgt som værtsplante både i klimakammer, i væksthuse

og i markforsøg (projekt II.4). Forsøgene har vist, at der er forskelle på sorterens værtsplan-teegenskaber, men de forskellige testforhold gav ikke ens resultater, da bladlusene på hestebønner under markforhold også er udsat for naturlige fjender. I markforsøg blev sorten Columbo, der ikke indeholder bitterstoffet tannin, og til dels Quatro udsat for væsentlige angreb af bedebbladlus, mens sorten Caspar kunne dyrkes uden store angreb.

I et forsøg med samdyrkning af boghvede og vårbygsorter har man undersøgt, om boghvede kunne tiltrække snyltehvepse på et tidligere tidspunkt end de ellers ville komme på og parasitere bladlusene. Der var ikke signifikante forskelle, men der var en tendens til, at der i parceller med boghvede var flere bladlus, der var parasiterede.

I samdyrkning af hestebønner og boghvede blev der også set en tendens til færre bladlus på hestebønner, der var dyrket sammen med boghvede. Forskellene var ikke sikre.

Samdyrkning af hestebønne med vårhvede er prøvet i to år for at undersøge om dette kan nedsætte angrebet af bedebbladlus på hestebønne. Der var signifikante og betydelige forskelle, idet der var fem gange så mange bladlus i Colombo i renbestand i forhold til Colombo dyrket sammen med vårhvede. Det tyder på, at samdyrkning kan reducere angrebet af bladlus i hestebønner med 80%. Forsøgs materialet er imidlertid for spinkelt til at drage en endelig konklusion, og der bør foretages flere undersøgelser med forskellige parcellstørrelser før man kan drage en sikker konklusion.

Et forsøg med udsåning af kryddermynte i hestebønner er gennemført i to år for at se, om mynten kan forvirre og afskrække bladlusene fra at etablere sig i afgrøden. Denne virkning udeblev, og tværtimod var der en

tendens til flere bladlus i hestebønner med udsået mynte.

## **6.6 Allelopatiske egenskaber spiller ingen rolle for vårbyg**

Kan kulturplanterne selv kontrollere ukrudtet i den mark, de gror i? Dette spørgsmål er undersøgt i projektet (VII.4). Udenlandske forsøg, som især er laboratorieundersøgelser, har påvist, at nogle kulturplanter, herunder hvede og byg, i rødderne kan udskille stoffer, der hæmmer ukrudtets rodvækst. Fænomenet hedder allelopati, og de kulturplanter, der har indbygget denne egenskab, har en konkurrencefordel over for ukrudtet. I de danske forsøg er der undersøgt et stort antal sorter af vårbyg, både ældre og moderne sorter samt vildtyper af vårbyg. Udskillelsen af alkaloiderne hordein og gramin, som har allelopatisk virkning, varierede betydeligt inden for sorter og vildtyper, men niveauet var generelt så lavt, at det ikke forventes at kunne påvirke ukrudtet. Det konkluderes derfor, at det er meget tvivlsomt om allelopati spiller nogen særligt rolle for vårbygskonkurrenceevne over for ukrudt.

## **6.7 Bekæmpelse af gråskimmel med svampe**

Gråskimmel er en luftbåren svampesygdom, som angriber alle overjordiske dele af en lang række frilandsafgrøder. Svampen findes overalt i naturen og etablerer sig på dødt plantevæv, hvorfra den inficerer levende plantevæv. Det kan føre til store tab i afgrøder som f.eks. løg og jordbær. Oftest er tabene størst under lagring. Der er gennemført et projekt, hvor det er undersøgt, om man ved at inficere det døde plantevæv med harmløse organismer (antagonister) kan komme gråskimmelen i forkøbet, så der ikke er plads til, at den kan etablere sig og gøre skade (antagonisme) (pro-

jekt VII.7). Udfordringen ved denne strategi er, at de mikrobiologiske antagonister skal kunne overleve og formere sig under de skiftende miljø- og klimaforhold, f.eks. periodevis udtørring og stærk UV-stråling fra sollyset. Resultaterne fra projektet er lovende, idet der er fundet en række organismer, der er robuste over for de klimatiske udsving. De undersøgte svampe er *Ulocladium atrum*, *Trichoderma harzianum*, *Clonostachys rosea* og *Aureosbasidium* sp. Både *C. rosea* og *U. atrum* hæmmede begge effektivt sporedannelsen hos gråskimmel (*Botrytis aclada*), når fugtighedsforholdene var konstant høje. Efter udtørring i 8 timer var det kun *U. atrum*, der havde uændret hæmmende effekt på sporedannelsen. Denne organisme kan derfor bruges i videreudviklingen af et biologisk bekæmpelsesmiddel mod gråskimmel.

## 6.8 Sanering af rodpatogener med antagonister

I økologisk jordbrug tilføres store mængder organisk materiale som en strategi for at opbygge jordens frugtbarhed og ydeevne. Det tilførte organiske materiale kan påvirke jordens organismer, både de gavnlige og de skadelige, dvs. de organismer, der påfører kulturplanterne sygdomme (rodpatogener). I dette projekt er der set på rodpatogenerne ærterodråd, rodfiltsvamp (kartofler) samt rodbrand, og hvorledes jordens nyttige organismer (antagonister) evt. kan hæmme en negativ indflydelse fra patogenerne. Projektets resultater har vist, at organisk materiale både kan hæmme og fremme væksten af rodpatogener. Organisk materiale påvirker spillet mellem patogener og antagonister, hvor de saprofage antagonister, der lever af dødt organisk materiale, kan hæmme patogenerne. De kan imidlertid også hæmme plantegavnlige mikroorganismer som f.eks. mykorrhizasvampe.

Tilførsel af organisk stof har vist sig at fremme væksten af mykorrhiza, og det har også vist sig, at mykorrhiza hæmmer rodpatogenerne ærterodråd og rodbrand i agurk. Mykorrhiza har ikke umiddelbart gavn af organisk materiale, da den ikke selv kan omsætte det. Resultaterne tyder derfor på, at mykorrhiza har et samspil med bakterier, som kan mobilisere de stoffer fra det organiske materiale, som mykorrhizaen har brug for. Tilførsel af hvedekliid som organisk materiale til tomatplanter gav en markant vækstdepression hos tomatplanterne, sandsynligvis pga. mikrobiel immobilisering af kvælstof og fosfor. Denne væksthæmning blev fuldstændigt ophævet, hvis tomatplanterne var bare en lille smule koloniserede med mykorrhizasvampe.

Antagonisten *C. rosea* kan fremme plantevæksten. Man ved dog ikke helt hvorfor, da det ikke nødvendigvis er pga. mobilisering af næringsstoffer. Resultaterne fra projektet tyder på, at *C. rosea* fremmer de naturlige populationer af svampe og bakterier i jorden ved 20 dages inkubation, og hæmmer de samme ved 30-40 dages inkubation. Samtidig er det set, at den hæmmer mykorrhiza, specielt når der samtidig tilføres organisk materiale.

Mykorrhiza kunne i et pottforsøg med agurk ikke beskytte agurkerødderne mod angreb af *P. ultimum* (rodbrand), som jorden blev smittet med. Det så ud til, at mykorrhiza og *P. ultimum* hæmmede hinanden, men stadig med vækstdepression i agurkens skud og rodsystem som resultat.

Det er undersøgt, om nedmuldning af efterafgrøderne havre, gul sennep og blodkløver påvirker indholdet af *R. solani* (rodiltsvamp) i jorden. Resultatet var, at kun havre havde en effekt på væksten af *R. solani*. *R. solani* blev ikke påvirket af *C. rosea*, det var snarere omvendt, hvilket viser, at *R. solani* er god til at vokse på dødt organisk materiale i jorden.



Projektets resultater kan endnu ikke bruges til praktisk landbrug, men giver et godt udgangspunkt for at arbejde videre med de anta-

gonistiske svampe, som kan bruges til at styre patogener i jorden med.

# 7 Jorden som dyrkningsmedium

For de økologiske jordbrugere er dyrkningsjorden den vigtigste forbundsfælle i den økologiske produktionsform. Hensynet til og samarbejdet med jordens organismer er skrevet ind i flere af de værdiorienterede tekster om økologisk jordbrug, som f.eks. avlsgrundlaget for Økologisk Landsforening og bekendtgørelsen for økologisk jordbrugsproduktion. I FØJO-forskningen blev der på den baggrund taget fat på et længe næret ønske om mere viden om jorden og dens organismers rolle i økologisk produktion. Der har været fokuseret både på mekaniske forhold, som jordbehandling, jordstruktur og egnethed til bearbejdning samt på biologiske forhold som regnorme, mikroorganismer og mikrofauna.

## 7.1 Jordbearbejdning påvirker jordens biologi

Der er gennemført omfattende projekter (I.7 og IV.3), der har integreret viden om jordbearbejdning med jordfysik, mikrobiologi, jordbundszoologi, kvælstofdynamik og afgrødevækst. I projektet er der gennemført forsøg med alternative metoder til pløjning, nemlig jordløsning med Kemink universalredskab til dyrkning i bede og løsning med Dutzi, som er en kombineret grubber og fræser, der løsner jorden, men ikke vender den som ved pløjning.

I forhold til jordstruktur gav de anvendte alternative metoder det forventede resultat, at jorden blev meget løs. I Kemink-systemet har det ikke været muligt at opretholde de udbytter, som er opnået ved traditionel jordbehandling. Der har været praktiske problemer med at få Kemink-systemet til at virke som det

eneste redskab til jordbehandling. Den anvendte jord er meget frugtbar og har i forvejen en god struktur. Desuden er den traditionelle jordbehandling udført som en form for kontrolleret trafiksystem, idet der faktisk ikke er kørt i høstparcellerne. De sammenlignede forhold kan derfor ikke helt sammenlignes med praksis. Forsøgene kan ikke be- eller afkræfte de hypoteser, som findes om Kemink, f.eks. at der kan opnås stabile udbytter uden næringsstofftilførsel, når jorden vedvarende holdes løs i stor dybde.



**Figur 17** Kemink-systemets karakteristiske gåsefodstand

I forsøgene med Dutzi-jordløsning og traditionel jordbehandling med pløjning var der ikke ret store forskelle mellem metoderne. Udbytterne var i flere år mindst i Dutzi-parcellerne, blandt andet pga. en større forekomst af ukrudt. Mod forventning havde begge jordbehandlingsmetoder stor dødelighed over for jordfaunaen. Der blev opnået en høj porestørrelse i jorden ved Dutzi-behandlingen, så de jorddyr, der overlever jordbehandlingen, får mere plads til at leve i. Jorden faldt imidlertid hurtigt sammen igen, så der ikke var væsentlig

forskel på fordelingen af porestørrelser ved de sidste målinger. Endelig blev der ikke observeret nogen skadelig pløjesål i de forsøgsled, hvor der blev brugt traditionel jordbehandling.

Ud fra projektet, som kun har studeret de kortsigtede effekter af de forskellige systemer, konkluderes det, at jordbehandling generelt skader jordfaunaen, og derfor vil landmanden få størst "service" fra jordfaunaen, hvis jordbehandlingen begrænses mest muligt.

Forsøgene viser endvidere, at der ikke er grund til at foretage særlig løsning af jorden, hvis man i forvejen har en jord, der ikke lider af jordpakning, herunder en væksthæmmende pløjesål.

## 7.2 Høje niveauer for jordfauna

I forhold til de niveauer, der normalt findes for jordfaunaen i landbrugsjord i Danmark, har man i de forsøgsarealer, der dyrkes økologisk, fundet overraskende høje tætheder af jorddyr. Der er tale om tætheder for regnorm  $\approx 500-1000$  individer pr.  $m^2$  og tætheder for springhaler på op til 200.000 individer pr.  $m^2$ .

## 7.3 Jordens frugtbarhed øges af organisk stof

Der er opnået kendskab til vigtige parametre for jordkvalitet, både i praktiske økologiske bedrifter, i langvarige gødningsforsøg og i det tidligere omtalte jordbehandlingsforsøg med Dutzi-systemet (projekt IV.3). Generelt viste resultaterne, at en jords dyrkningsegenskaber skal ses både i lyset af kortsigtede og langsigtede driftsforanstaltninger. Korttidseffekten af jordbearbejdning og trafik i marken blev påvist at vekselvirke markant med langtidseffekten af sædskifte og tilførsel af organisk

gødning. Mange års korndyrkning uden tilførsel af organisk gødning viste sig at reducere jordens evne til at fragmentere, dvs. evnen til at kunne bearbejdes til en passende struktur, i forhold til langvarig drift med et grovfoder-sædskifte. Der var ikke forskelle i jordens mekaniske egenskaber i konventionelt og økologisk drevne grovfodersædskifter. U hensigtsmæssig megen jordbearbejdning og trafik har også en markant negativ indflydelse på denne egenskab. Alle undersøgte jorder viste sig at være skadeligt pakkede i lagene under pløjelaget - også ejendomme der har været drevet økologisk i mange år. Det konkluderes derfor, at økologiske jordbrugere ikke har været opmærksomme nok på den skadelige effekt, som skyldes den stigende mekanisering og effektivisering af markdriften.

Jorderne er undersøgt for mikrobiel biomasse og forekomst af polysakkarider og svampehyper, som betyder meget for jordens porestabilitet. På disse parametre var indholdet større i jord dyrket med grovfoder og græs end i konventionelt dyrket jord dyrket med andre afgrøder end græs.

Mykorrhiza-potentialet i de undersøgte jorder afhæng af jordenes indhold af lettilgængeligt fosfor, mens der ikke kunne udledes nogen effekt af, om driftsformen var økologisk eller konventionel. Der var heller ikke sammenhæng mellem forekomst af mykorrhiza og aggregatstabiliteten.

## 7.4 Regnorme foretrækker kløvergræs

Forekomsten af regnorme er undersøgt under forskellige forhold (projekt I.7). På sædskiftearealer ved Danmarks JordbrugsForskning har man fulgt udviklingen i regnormepopulationen i et omlægningsforløb. Bestanden af regnorme er over 10 år øget med en faktor 20

efter omlægning fra konventionel til økologisk drift. Samtidig er andelen af dybtgravende regnormarter øget. Det skyldes den større andel af kløvergræs i sædskiftet og brug af organisk gødning på økologiske brug. Der har formodentlig ikke været forskel på konventionel og økologisk jord, hvis begge jorder havde kløvergræs og var tilført organisk gødning i samme omfang. Generelt trives regnorme bedst i græsrigte sædskifter, og økologiske gårde med græsrigte sædskifter har ofte en tæt regnormbestand (> 500 individer pr. m<sup>2</sup>) i forhold til konventionelle gårde (ca. 30 individer pr. m<sup>2</sup> på kornavlsbaserede brug). Regnormbestanden på økologiske brug varierer dog med en faktor 7 og er mindst på lette jorde.

Hvad betyder regnorme og andre jorddyr for kvælstofomsætningen i økologiske marker? I økologiske græsmarker har man før ompløjning fundet 8-900 individer af regnorme på 1 kvadratmeter i 32 cm's dybde fordelt på 4 arter. Jordbearbejdning, dvs. ompløjning af græsset om foråret, og tilberedning af såbed reducerede antallet med 60-80 pct. I september var populationen af regnorme oppe på samme niveau som før jordbehandlingen. Jordbearbejdningen har altså slået en masse regnorme ihjel og omsætningen af regnormene er anslået at tilføre ca. 64,2 kg kvælstof pr. ha. Ekskrementer fra regnorme har bidraget med 9 kg kvælstof pr. ha. Omsætning af andre jorddyr, som enchytræer, har bidraget med ca. 9 kg kvælstof pr. ha. I parceller hvor regnormene var fjernet ved el-udrivning inden jordbehandlingen var der imidlertid ikke sikre forskelle i forhold til almindelige parceller på jordens indhold af plantetilgængeligt kvælstof, mineraliseringssevne eller plantebiomasse.

Effekten af jordbearbejdning på jordens edderkoppepopulation har været meget dramatisk, idet kun 3-5 pct. af edderkopperne overlevede en pløjning. Den løse jord, som blev

opnået ved jordbehandlingen, gav imidlertid generelt gode vilkår for opformering af jordens fauna.

## 7.5 Små jorddyr kan opformere nyttige rovdyr

Der er gennemført forsøg, der skulle belyse de små jorddyrs (mesofauna) betydning for afgrødens næringsstofforsyning (projekt I.7). I jordsøjler, hvor der var tilsat N-15 mærket kløver som næringssubstrat, blev der dyrket vårbyg. Dernæst blev der tilsat forskellige kombinationer af jorddyr for at undersøge, om der er forskelle på en ensidig sammensætning af dyr (f.eks. kun 1 art) og mere komplekse kombinationer af jorddyr. Der kunne ikke ses forskelle på kvælstofoptagelsen mellem de forskellige kombinationer af jorddyr, men nogle af kombinationerne af jorddyr gav 30 pct. større skudbiomasse i vårbyg, end hvis der kun var en enkelt art. I nogle forsøgsarealer, hvor der er anvendt grøngødning og efterafgrøder, især olieræddike, er der fundet meget høje koncentrationer af springhaler. Der er observeret koncentrationer på op til 120.000 springhaler og 90.000 mider pr. m<sup>2</sup>, hvilket er meget højt for danske jorder.

Springhaler spiller en vigtig rolle for de rovdyr, der lever på jordoverfladen og som af og til også bruger bladlus som fødekilde. En stor bestand af springhaler kan derfor indirekte fremme den naturlige kontrol med bladlus, idet bestanden af løbebiller og edderkopper kan holdes på et højt niveau, inden bladlusene begynder at blive opformet.

Man fandt ud af, at de første springhaler var af begrænset fødekvalitet, men dog brugbare for løbebilleren *Bemdidion lampros*. Den overfladetilknyttede springhale *Isotoma auglicanacar* var af fremragende kvalitet for edderkoppen *Erigone atra*.

Det vurderes, at løbebillen *Bembidion lampros* vil blive moderat fremmet af springhaler, og at edderkoppen *Erigone atra* vil blive fremmet betydeligt. Begge dele vil være af stor betydning for den naturlige bekæmpelse af bladlus.

## 8 Sædskifter på de økologiske værkstedsarealer

Der er i en lang årrække blevet gennemført en stor indsats for at undersøge forskellige økologiske sædskifter, både ved Danmarks JordbrugsForskning og andre institutioner. Med etableringen af FØJO i 1996 blev indsatsen øget væsentligt, og i forbindelse med formidlingen af de samlede resultater fra FØJO I kan disse resultater også samles og videregives. Den store indsats afspejler netop den centrale betydning, sædskiftet har for det økologiske jordbrug. De resultater og vilkår, der er i marken det enkelte år, er netop et resultat af den praksis, der er gennemført i marken de

seneste 2-3 år, og den praksis, der gennemføres i det enkelte år er samtidig en forberedelse af de resultater og vilkår, man stræber efter i de kommende år. Målet med indsatsen i FØJO-regi har været at beskrive de langsigtede effekter af økologiske driftsformer og de forskellige sædskifter, at fungere som værkstedsfaciliteter for andre, mere specifikke projekter og endelig at være ramme for formidling af forskningsresultater ved markvandring, demonstrationer og fremvisninger. Projekter tilknyttet sædskifte- og værkstedsarealerne er mere detaljeret beskrevet i afsnit 9.10.



Figur 18 Økologiske forsøgssteder

## 8.1 Værkstedsarealer ved Flakkebjerg, Jynde vad, Foulum og Årslev

Værkstedsarealerne ved de forskellige lokaliteter repræsenterer dels forskellige jordtyper og klimatiske forhold, dels produktionsmål, der er typiske for lokaliteten. Desuden er arealerne stillet til rådighed for projekter under FØ-JO. På Flakkebjerg er der f.eks. etableret et sædskifte, der er orienteret mod problemstillinger på en planteavlbedrift uden husdyr og på lerjord. På Jynde vad og Foulum har sædskifterne været orienteret mod problemstillinger på kvæg- og svinebedrifter på sandjord og lerblandet sandjord. Ved Årslev har der dels været et sædskifte med grønsager, dels et værkstedsareal med økologisk frugt- og bærdyrkning. Generelt i værkstedsarealerne er der målt udbytte, ukrudt, sygdomme og skadedyr. Der er også foretaget målinger af gødningens næringsstofindhold, taget enkelte jordprøver, og beregnet næringsstofbalancer.

### Flakkebjerg

Der er to værkstedsarealer på Flakkebjerg, da efterspørgslen på forsøgsarealer er stor. Det ene areal, hvor der er fokus på produktion af hvidkløverfrø og rapsfrø, blev dog først etableret og begyndt på omlægning i 1999/2000. Sædskifterne har fået konventionel gylle svarende til 25 pct. af kvælstofbehovet.

### Jynde vad

I Jynde vad er der kørt et syvmarksskifte, hvor kløvergræs har fyldt forholdsvis meget. Der har primært været projektaktiviteter i havre- og kartoffelmarkerne. Der er anlagt følgende behandlinger med gødskning:

1. Ingen gødning
2. 0,8 DE/ha i gylle
3. 1,4 DE/ha i gylle
4. 0,8 DE/ha i dybstrøelse
5. 1,4 DE/ha i dybstrøelse

### Foulum

På Foulumgård har der været udlagt to sædskifter, et kvægbrugssædskifte og et korndomineret svinebrugssædskifte. Kvægbrugssædskiftet er anlagt i 1987, men har siden 1994 været anvendt i et projekt om næringsstofhus holdning, som er nærmere beskrevet nedenfor. Svinebrugssædskiftet har primært været anvendt til projektaktiviteter inden for kartofler og er afsluttet i 2000.

### Årslev

I det økologiske grønsagssædskifte ved Årslev er der dyrket grønsager på 3 ud af 6 marker. Kvælstofforsyningen har været helt baseret på grøngødning og efterafgrøder, da der ikke tilføres husdyrgødning. I stedet er der satset på en effektiv udnyttelse af afgrødernes og grøngødningens eftervirkning. Ud over de tidligere omtalte registreringer måles også arbejdskraftforbrug på udvalgte områder, samt N-min prøver i november og maj for at have et mål for udvaskningsrisikoen og den forventede forfrugtsværdi af efterafgrøder.

I forsøgsarealerne med frugt og bær er der gennemført forsøg med æbler, solbær og jordbær. Desuden er der forsøg med surkirsebær og blommer under usprøjtede forhold. I 2000 blev forsøgene udvidet med et hybenareal.

**Tabel 7 Sædskifter på de økologiske værkstedsarealer ved DJF**

Sted	Flakkebjerg		Jyndeved	Foulum		Askov	Årslev
	FL1	FL2	JY	FO1	FO2	AS	ÅR1
Areal (ha)	16	9	9	7	7		6
Anlægsår	1996	1999	1996	1987	1996	1997	1996
Jordtype	JB6	JB6	JB1	JB4	JB4		
1. afgrøde	Vårsæd	Vårsæd	Vårbyg	Vårbyg	Vårbyg	Vårsæd	Vårbyg
2. afgrøde	Lucerne	Hvidkløverfrø	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs
3. afgrøde	Lucerne	Vinterraps	Kløvergræs	Kløvergræs	Havre	Vintersæd	Grønsager
4. afgrøde	Vårsæd	Vårsæd	Kløvergræs	Havre	Vårbyg	Rodfrugt	Vårbyg
5. afgrøde	Bælgsæd		Havre	Byg/ært	Kartofler		Grønsager
6. afgrøde	Vinterhvede		Rug	Roer			Ærter
7. afgrøde	Rækkeafgrøde		Kartofler				

## 8.2 Langvarige sædskifteforsøg

Der blev i 1996 anlagt et sædskifteforsøg på fire lokaliteter i Danmark: Foulum, Jyndeved, Flakkebjerg og Holeby. Formålet har været at belyse mulighederne for at dyrke mere økologisk korn til modenhed. Alle sædskifterne er anlagt som firemarksskifter og afgrøderne dyrkes henholdsvis med og uden husdyrgødning og med og uden efterafgrøder. Bortset

fra Holeby, hvor der ikke har været gentagelser, har alle parcellerne ligget med to gentagelser. Første sædskifterotation er gennemført i 2000, hvor der er foretaget nogle justeringer i sædskifterne og i måleprogrammet. Der er målt udbytter, næringsstofbalancer, udvaskning af kvælstof og kalium ved hjælp af sugeceller, ukrudtsforekomst (antal og biomasse), sygdomme, samt biomasse og kvælstofoptagelse i efterafgrøderne.

**Tabel 8 De fire sædskifter i langvarige sædskifteforsøg og deres fordeling på lokaliteterne**

Sædskifte 1	Sædskifte 2	Sædskifte 3	Sædskifte 4
Vårbyg m. udlæg Kløvergræs Vårhvede* Lupin (smalbl.)*	Vårbyg m. udlæg Kløvergræs Vinterhvede* Ært/byg*	Vårbyg m. udlæg Kløvergræs Vinterhvede* Sukkerroer	Havre* Vinterhvede** Vinterhvede/triticale** Ært/byg*
Kun på Jyndeved	Alle fire lokaliteter	Flakkebjerg og Holeby	Foulum, Flakkebjerg og Holeby

\* Angiver de steder for der bruges efterafgrøder i behandlinger med efterafgrøder

\*\* Når der indgår efterafgrøder i behandlingen sås afgrøden i fræsede bånd af permanent hvidkløver



### **8.3 Kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer**

På Foulum har der været et særligt værkstedsareal, der er udnyttet til belysning af kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer. Dette areal blev i 1994-1996 anvendt til afgræsningsforsøg, hvor køerne fik tildelt forskellige proteinniveauer i foderet. Græsfoldene havde derfor i 1997 vidt forskellige forhistorie, som blev anvendt som forsøgsbehandlinger. Frem til 2003 vil der fortsat være forsøg med udvaskning fra græsmarker og forfrugtsværdi af kløvergræs. Projektets resultater med forfrugtsværdien af kløvergræs og udvaskning af kvælstof efter ompløjning er omtalt i afsnit 2.1 samt i den supplerende projektbeskrivelse afsnit 9.2.

### **8.4 Jordrelaterede ændringer ved omlægning til økologisk plantedyrkning**

På Askov forsøgsstation er der gennem mere end hundrede år gennemført forsøg med sædskifter og gødskning. I 1996 blev et sædskifte med forskellige gødningsbehandlinger, dvs.

handelsgødning, gylle og ugødet, omlagt til økologisk drift. Behandlingen med handelsgødning blev udskiftet med fast gødning + ajle. De øvrige behandlinger er fortsat, og sædskiftet forsætter som hidtil: Vårsæd – Kløvergræs – Vintersæd – Rodfrugt. Forsøget har fungeret som værkstedsareal for studier af jordens kvalitet.

### **8.5 Næringsstofhusholdning i et økologisk sædskifte**

Sædskiftearealet ved Foulum har været et værkstedsareal siden 1987, og i perioden 1994-1998 har der indgået fire behandlinger med gødskning, dvs. to niveauer af husdyrgødning (0,9 DE og 1,4 DE pr. ha) og to forskellige gødningstyper (gylle og gylle + dybstrøelse). Der blev kun fundet små forskelle mellem behandlingerne mht. udbytte og udvaskning af næringsstoffer, der blev målt ved hjælp af sugeceller. Derfor blev forsøget allerede i 1998 tilpasset, så behandlingerne blev mere ekstreme. Gødningsniveauerne blev i stedet 0,7 DE og 1,4 DE pr. ha, og gødningstyperne blev gylle og dybstrøelse. Forsøget afsluttes i 2002, og værkstedsarealet forventes at blive videreført.

# 9 Uddybende beskrivelse af de enkelte projekter

For at skabe overblik over den samlede forskning er der i det følgende en oversigt over de enkelte projekter, herunder hvad formålet

med projekterne har været, hvilke resultater der er opnået og hvilke publikationer, der er udgivet i forlængelse af projekterne.

## 9.1 Fast staldgødning og kompost

### *Projektnummer og –titel*

I.1 Fast staldgødning og kompost

### *Projektleder*

Svend G. Sommer

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Forskningscenter Bygholm

Postboks 536, 8700 Horsens

Tlf.: 7560 2211, Fax: 7562 4880

E-mail: [SvendG.Sommer@agrsci.dk](mailto:SvendG.Sommer@agrsci.dk)

### *Projektdelegerede*

Hans Benny Rom, Ib Sillebak Kristensen og

Ingrid K. Thomsen, Danmarks Jordbrugs-  
Forskning

Kaj Henriksen og Per Møldrup, Laboratoriet  
for Miljøteknik, Aalborg Universitet

En af de grundlæggende målsætninger i økologisk jordbrug er at holde hus med næringsstofferne og i størst muligt omfang undgå tab. Næringsstoffer er en væsentlig ressource, som ofte er en begrænsende faktor i produktionen. Samtidig kan tab af nærings-

Samtidig kan tab af nærings-stoffer skade det omgivende miljø.

I økologisk jordbrug er der af dyrevelfærdsmæssige årsager stor interesse for fast staldgødning og kompost. I modsætning til gylle er der kun gennemført forholdsvis få undersøgelser af kulstof- og kvælstoftab samt næringsstofomsætning i dybstrøelse.

Anvendelsen af systemer med dybstrøelse samt kompostering af dybstrøelse og fast gødning må forventes at øge ammoniaktabet i forhold til konventionel anaerob gyllehåndtering. Kvælstoftabet ved kompostering kan variere fra 20 til 50%, men der er begrænset viden om stald- og lagertab samt kvælstofgødningsværdien af aerobt behandlede gødninger som dybstrøelse og kompost.

Projektet har på den baggrund haft til formål at gennemføre målinger af tab af kulstof (C) og kvælstof (N) samt næringsstofomsætning i dybstrøelse i stald, lager og mark med henblik på at øge jordforbedrings- og gødningsværdien af den faste staldgødning.

Delmålene har været at:

- Fastlægge C- og næringsstofomsætningen i dybstrøelsesstalde. Undersøge effekten af at ændre på dybstrøelsens tørstof- og N-indhold ved fodring
- Undersøge mulighederne for at øge næringsstoffværdien af dybstrøelse og komposteret dybstrøelse ved komposterings- og markforsøg
- Undersøge, hvorledes aerob og anaerob lagring af dybstrøelse påvirker tab, omsætning og plantetilgængelighed af N i de forskellige fraktioner i gødningen og nettotilførslen af C til jorden
- Undersøge og identificere fysiske og kemiske nøgleparametre i mikrobiel C- og N-omsætning i dybstrøelse samt vurdere N-tilgængelighed og N-tab efter tilførsel til jorden
- Udnytte resultaterne til optimering af en beslutningsstøttemodel

## Sammendrag

### Stald

Undersøgelsen viste, at ammonium i dybstrøelsen hovedsagelig stammer fra omsætning af urea nede i dybstrøelsesmåtten. Hovedparten af det dannede ammonium absorberes af halmen, og mikroorganismene immobiliserer derpå en del af strøelsens indhold af ammonium til organisk ikke-flygtigt N. Derfor er tabet af ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) fra dybstrøelsesmåtten kun ca. 6% af N, afsat i fæces og urin. En komposteringslignende proces i toplagene af måtten forårsager høje temperaturer med maximum i 10 cm dybde og hindrer tilførsel af ilt til bundlagene. Nitrifikations- og metanoxideringsprocesserne i dybstrøelsesmåtten blokeres både af høje  $\text{NH}_3$ -koncentrationer, høje temperaturer, og i de dybere dele af måtten, mangel på ilt. Men

også denitrifikationsprocessen blokeres både i den iltholdige og iltfri del af måtten som følge af høje  $\text{NH}_3$ -koncentrationer, og afgivelse af lattergas fra måtten er ikke målbar. Der er en begrænset metanproduktion ( $\text{CH}_4$ ) i den iltfrie del af måtten, og afgivelsen af metan udgør ca. 10% af den samlede emission af kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) og  $\text{CH}_4$  fra måtten.  $\text{CH}_4$  fra måtten udgør knap 20% af den samlede  $\text{CH}_4$  afgivelse fra kvæg og måtte.

### Lager

I lagringsstudierne i laboratorieskala, var C- og N-tabet fra halmrig husdyrgødning betydeligt højere ved kompostering end ved anaerob lagring. I løbet af tre måneders lagring gik 53% C og 46% N tabt ved kompostering og 24% C og 18% N ved anaerob lagring. Som følge af en lav C:N ratio på ca. 14 var N-tabet højt ved kompostering i laboratoriet. Det var især urin-N, der gik tabt. I storskala var komprimeringen af dybstrøelsen ikke tilstrækkelig til at hindre rigelig tilstrømning af ilt, og der foregik kompostering i denne stak. I et forsøg var stakkene for porøse og komposteringen derfor ubetydelig, fordi varmetabet blev for stort. Det samlede tab af N fra komposten i storskala var fra 12-28% af det oprindelige N-indhold. Det laveste tab (11-16% af total N) var fra komprimerede stakke og stakke overdækket med kompostdug. Disse behandlinger øgede udsendelsen af  $\text{N}_2\text{O}$  og  $\text{CH}_4$ , men tabet af disse to gasser var ubetydeligt i forhold til det samlede gasformige tab af C og N. Udvasning af fosfor (P) var ubetydelig i denne undersøgelse; mens udvasningen af kalium (K) i løbet af en vinterperiode androg ca. 11-15% af K-indholdet i komposten. I løbet af en komposteringsperiode på ca. 50 dage gik 20% af C tabt, og i løbet af mere end 100 dage gik 40-50% af C tabt i form af  $\text{CO}_2$ . Udsendelsen af C medførte en reduktion i tørstofmængden på ca. 20% i løbet af 50 dage og ca. 40% i løbet af mere end 100 dages kompostering.

## Markforsøg

Efter tilførsel til jord bevirkede anaerobt lagret gødning en højere CO<sub>2</sub>-udvikling end komposteret gødning. Det samlede tab af C under lagring, og efter ca. ni måneders inkubation i jorden, var derfor omtrent det samme, uanset lagringsmetode, idet det samlede C-tab under lagring og i gødnin-gen, opblandet i jord, var 59% fra komposteret gødning og 52% fra anaerobt lagret gødning. Med hensyn til den kvantitative tilbageholdelse af C i jord var lagringsmetoden derfor af mindre betydning. Hvede optog en større del af N tilført med urin fra anaerobt lagret gødning. Ved tilførsel af samme gødningsmængde hhv.

komposteret og anaerobt lagret gødning, var der ikke forskel på den totale N-optagelse og tørstofudbytte i hvedeafgrøden, selvom N-indholdet i den anaerobt lagrede gødning kun var ca. 75% af N-indholdet i den komposterede gødning.

## Helhed

Resultaterne af undersøgelserne blev benyttet til udvikling af en gårdmodel for økologiske gårde med dybstrøelsesstalde. Generelt viste modellen god overensstemmelse mellem de simulerede strømme af N, og de på gårdene målte N-niveauer, der kunne beregnes på grundlag af massebalancer.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

- Møller, H.B., Sommer, S.G. & Andersen B.H. 2000. Nitrogen mass balance in deep litter during pig fattening cycle and composting. *J. Agric. Sci. Camb.* 135, 287-296.
- Osada, T., Sommer, S.G., Dahl, P. & Rom, H.B. 2001. Gaseous emission and changes in nutrient composition during deep litter composting. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science.* 51, 137-142
- Sommer, S.G. & Dahl, P. 1999. Nutrient and carbon balance during composting of deep litter. *J. Agr. Engng. Res.*, 74.145-153.
- Sommer, S.G. & Møller H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production- effect of straw content. *J. Agr. Sci. Camb.* 134, 327-335.
- Sommer, S.G. 2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*, 14/2, 123-133.
- Thomsen, I.K., 2000. N and C transformations in <sup>15</sup>N cross-labelled solid ruminant manure during anaerobic and aerobic storage. *Bioresource Technology* 72, 267-274.
- Thomsen, I.K. & Olesen, J.E. 2000. C and N mineralization of composted and anaerobically stored ruminant manure in differently textured soils. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 135, 151-159.
- Thomsen, I. K. 2001. Recovery of nitrogen from composted and anaerobically stored manure labelled with <sup>15</sup>N. *European Journal of Agronomy* 15, 31-41.

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

- Hansen, M.N., Møller, H.B. & Sommer, S.G., 1999. Nitrogen mass balance in deep litter during pig fattening cycle and subsequent storage - effect of straw content. The 10th Nitrogen Workshop in Copenhagen, August 23-26, 1999. Copenhagen. Pp 4.
- Henriksen, K., Olesen, T. & Rom, H.B., 2000. Omsætning af kulstof og kvælstofprocesser I kvægdybstrøelsesmåtter. Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Red. Sommer, S.G. & Eriksen, J.). FØJO-rapport nr. 7, 29-34.
- Thomsen, I. K., 1999. Crop availability of N remaining in <sup>15</sup>N-cross labelled ruminant manure after composting and anaerobic storage. The 10th Nitrogen Workshop, August 23-26, 1999, Copenhagen.
- Thomsen, I. K. & Olesen, J. E., 1999. Soil turnover of carbon remaining in ruminant manure after composting and anaerobic storage. International Composting Symposium, September 19-23, 1999, HaliFax/Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Rom, H.B. & Henriksen, K., 2000. Kvælstoftab fra kvægstalde med dybstrøelse. I Husdyrgødning og kompost – Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Red. Sommer, S.G. & Eriksen, J.). FØJO-rapport nr. 7, 13-20.
- Kristensen, I.S. & Petersen, B.M., 2000. Tab og udnyttelse af kvælstof ved gylle- og dybstrøelssystemer på økologiske og konventionelle malkekvægbrug. I Husdyrgødning og kompost – Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Red. Sommer, S.G. & Eriksen, J.). FØJO-rapport nr. 7, 35-45.
- Sommer, S.G., Dahl, P., Rom, H.B. & Møller, H.B., 1998. Udsendelse of ammonia, nitrous oxide, methane and carbondioxide during composting of deep litter. Proc. from RAMIRAN '98 8th. in. con. on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture, 158-169.
- Sommer, S.G., Thomsen, I.K., Henriksen, K. & Olesen, T. 1997. Dybstrøelse fra stald til mark. Forskningsnytt for økologisk landbrug i Norden, nr. 10, 8-10.
- Sommer, S.G. & Eriksen, J., 2000. Dybstrøelse skal udnyttes bedre. Landsbladet Kvæg, 6, p. 26.
- Sommer, S.G., Eriksen, J., Petersen, S.O., Sørensen, P., Hansen, B. & Hansen, M.N. 2000. Danmark: Husdyrgødning og kompost - næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug. Forskningsnytt Nr. 3. 10-13.
- Sommer, S.G., Hansen, M.N. & Møller, H.B. 2002. Fuld udnyttelse af husdyrgødning. Forskningsnytt, 2, 18-20.
- Sommer, S.G. 2000. Ammoniakfordampning fra diegivende søer på græs. I Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Ed. Sommer, S.G. og Eriksen, J.). FØJO, Danmarks Jordbrugsforskning, Tjele. 61-67
- Sommer, S.G. 2000. Næringsstof og kulstof tab ved kompostering samt gødskningsværdien af kompost. I Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Ed. Sommer, S.G. og Eriksen, J.). FØJO, Danmarks Jordbrugsforskning, Tjele. 21-29.
- Thomsen, I. K. 2000. Lagringens betydning for udnyttelse af fast husdyrgødning. I: Husdyrgødning og kompost. Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug (Eds. Sommer S. G. & Eriksen, J.) FØJO-rapport nr. 7, 101-106.

### **Faglige artikler**

Sommer, S.G., Thomsen, I.K., Henriksen, K. & Olesen, T., 1997. Dybstrøelse fra stald til mark. Forskningsnytt for økologisk landbrug i Norden, 10, 8-10.

Sommer, S.G & Eriksen, J., 2000. Husdyrgødning og kompost-Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug. Forskningsnytt om økologisk jordbrug i Norden. Nr. 3/2000, 10-13.

## 9.2 Biologisk kvælstoffiksering, recirkulering og udvaskning af kvælstof i økologiske dyrkningssystemer

### *Projektnummer og titel*

I.2 Biologisk kvælstoffiksering, recirkulering og udvaskning af kvælstof i økologiske dyrkningssystemer

### *Projektleder*

Erik Steen Jensen  
Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole  
Sektion for Agroøkologi  
Institut for Jordbrugsvidenskab  
Agrovej 10, 2630 Tåstrup  
Tlf.: 3528 3517. Fax: 3528 2175  
E-mail: [ESJ@KVL.dk](mailto:ESJ@KVL.dk)

### *Projektdeltagere*

Finn P. Vinther og Jørgen Eriksen, Danmarks JordbrugsForskning  
Jakob Magid, Jan K. Schjørring, Lars Stoumann Jensen, Torsten Müller, Allan Kwabiah og Henning Høgh-Jensen, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole  
Henrik Hauggaard-Nielsen og Per Ambus, Forskningscenter Risø

Biologisk N<sub>2</sub>-fiksering hos bælgplanter er en central kvælstofkilde i økologiske dyrkningssystemer. I økologiske brug med husdyr har de flerårige N<sub>2</sub>-fikserende afgrøder stor betydning for grovfoderproduktion, N-tilførsel til jord-plantesystemet, herunder opbygning af en god forfrugtverdi til efterfølgende afgrøder, samt vedligeholdelse af jordens frugtbarhed. Projektet har derfor haft til formål at skabe øget viden om betydningen af vigtige plantevækstfaktorer for den biologiske N<sub>2</sub>-fiksering, herunder at udvikle bedre metoder til at bestemme N-fiksering under markforhold, med henblik på at kunne bestemme den langsigtede effekt af N<sub>2</sub>-fikserende planter på jordens frugtbarhed.

Frigørelsen af næringsstoffer fra grøngødninger og afgrøderester, fx efter ompløjning af kløvergræs, udgør en vigtig næringsstofkilde for efterfølgende afgrøder i økologiske dyrkningssystemer. Nedmuldning af afgrøderester og/eller husdyrgødning er desuden en vigtig forudsætning for at vedligeholde dyrkningsjordens frugtbarhed på langt sigt. Projektet har på den baggrund også haft til formål at skabe en mere detaljeret viden om C og N dynamikken i jorden efter nedmuldning af plantemateriale er påkrævet for bedre at kunne forudsige mængden af og tidspunkt for næringsstofferne frigørelse.

Kvælstofbalancer for økologiske og konventionelle brug antyder, at tabene er mindre og udnyttelsen af N er bedre i økologiske brug. Projektet har dermed skullet medvirke til videreudviklingen af dyrkningsmetoder der muliggør en optimal forsyning af N via biologisk N<sub>2</sub>-fiksering, en bedre synkronisering af frigørelsen af næringsstoffer med afgrødernes behov, at jordens frugtbarhed vedligeholdes eller forbedres samt at tabene af næringsstoffer til det omgivende miljø minimeres.

### **Sammendrag**

I projektet er der gennemført tre delprojekter:

- Fiksering og udnyttelse af kvælstof
- Strategier for kvælstoftab og -udnyttelse
- Bestemmelse og modellering af kvælstofudvaskning og -eftervirkning

I det følgende gives et sammendrag af de enkelte delprojekter.

## Fiksering og udnyttelse af kvælstof

Arbejdet i dette delprojekt var yderligere opdelt i fire delmål:

### *Rumlig og tidslig variation i biologisk kvælstoffiksering i kløvergræs*

Formålet med denne del af delprojektet var at estimere den tidslige og rumlige variation i N<sub>2</sub>-fikseringen i kløvergræs under afgræsningsforhold. Endvidere indgik en sammenligning af <sup>15</sup>N-isotop fortyndingsmetoden og den naturlige <sup>15</sup>N-berigelses metode. Undersøgelserne blev udført på et forsøgsareal ved Forskningscenter Foulum og hos tre landmænd. Den samlede N<sub>2</sub>-fiksering var som følge af forskelle i de klimatiske forhold signifikant forskellig i de to år med henholdsvis 128 kg N ha<sup>-1</sup> i 1997 og 59 kg N ha<sup>-1</sup> i 1998. Der blev endvidere målt en betydelig både rumlig og tidslig variation i den samlede planteproduktion og i andelen af kløver. Der kunne ikke måles signifikante forskellen mellem planteproduktionen i de afgræssede parceller og i de ikke afgræssede reference-parceller. En betydelig rumlig variation blev målt i græssets indhold af total N og i jordens indhold af uorganisk N med variationskoefficienter på op til 322%. Denne rumlige variation synes at være stigende igennem vækstsæsonen. Ligeledes blev der målt en betydelig rumlig variation i pNdfa., som varierede fra 0,3 til 1,0 ved anvendelse af <sup>15</sup>N isotop fortyndingsmetoden og fra 0,0 til 1,0 ved anvendelse af forskelle i det naturlige indhold af <sup>15</sup>N. En signifikant negativ korrelation mellem N<sub>2</sub>-fiksering og jordens indhold af uorganisk N og græssets indhold af total-N blev målt. Den samlede reduktion i N<sub>2</sub>-fikseringen som følge af urin- og gødningsafsætninger i marken udgjorde ca. 6%.

### *Omsætning af N i ikke-høstede plantedele*

Formålet med dette arbejde var at bestemme omsætningen af N i ikke-høstede plantedele

og deres rolle for kvælstoføkonomien i kløvergræsmarker.

Markforsøg viste at en betydelig mængde N allokeres til kløverens jordstængler (16 % af total N i planten). I denne type markforsøg er det ikke muligt at kvantificere den mængde N der allokeres til rødderne. Jørgensen og Ledgard (1997) fandt at forholdet mellem N i jordstængler og rødder var ca. 1:0,9. Bruges denne sammenhæng her vil den forventede N-mængde allokeret til rødder kunne beregnes som  $36/0,9 = 40 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Samlet vil det svare til at ca. 76 kg N ha<sup>-1</sup> eller ca. 28 % af den N-mængde der optages i kløverplanterne i en enkelt høstperiode indbygges i plantedele under normal klippehøjde.

N-puljen i plantedelene under klippehøjde er ikke fastlagt for resten af vækstsæsonen, og som klimakammerforsøget viste, vil ca. 50% af denne N-mængde remobiliseres og bruges ved nytilvækst efter afhugning af bladene. Dermed reduceres den N-mængde i gamle rødder og jordstængler, der potentielt kan overføres til jordens organiske N-pulje.

### *Vekselvirkning mellem kvælstoffiksering og kalium/fosforforsyning i blandingsafgrøder*

Formålet med arbejdet var at bestemme vekselvirkningen mellem biologisk kvælstoffiksering og kalium/fosforforsyning i blandingsafgrøder.

I KVL's værkstedsareal (udpinningsmarken) i Tåstrup blev der gennemført et forsøg med hvidkløver og rajgræs i renbestand samt med hvidkløver-rajgræs og i blanding. Rødkløver blev desuden inddraget i forsøget i begrænset omfang. Forsøgsbehandlinger var N (0, 120 kg ha<sup>-1</sup>), P (0, 20 kg ha<sup>-1</sup>) og K (0, 120 kg ha<sup>-1</sup>). Gennem vækstsæsonen 1998 blev der taget slæt 4 gange, og udbyttet af tørstof, N<sub>2</sub>-fiksering, samt tørstoffets indhold af P- og K blev bestemt. Desuden målt løbende æn-



dringer i jordens indhold af vand og plantetilgængeligt P og K. Yderligere blev der i udvalgte parceller nedsat PVC-rør (30 cm diameter, 60 cm dybde), hvori plantebestanden bladmærkedes med  $^{15}\text{N}$  med henblik på at opnå viden om indflydelsen af kvælstof på konkurrencen om P og K.

I laboratoriet blev et system etableret til online målinger af nodulernes nitrogenaseaktivitet. Disse målinger er baseret på nodulernes udskillelse af brint.

I det pågældende projekt har forskningsstrategien været at gennemføre et omfattende markforsøg suppleret med grundlæggende studier under kontrollerede forhold. Denne strategi har været succesfuld idet den har givet os en større forklaringskraft med hensyn til hvilke mekanismer forårsagede de pågældende observationer idet der blev konkluderet følgende:

Rødkløvergræs- og hvidkløvergræsblandinger kan udnytte deres vækstpotentiale under forhold som i øvrigt karakteriseres som ufrugtbare med hensyn til fosfor og kalium. Hverken i blanding eller i renbestand viste rødkløver, hvidkløver eller ren rajgræs synlige symptomer på kalium- eller fosformangel men de responderede alligevel positivt på både fosfor- og kaliumtilførsel. Kløvers evne til at fikse atmosfærisk kvælstof opretholdes under faldende fosfor- og kaliumtilgængelighed.

Der er en vekselvirkningen mellem plantens adgang til fosfor, kalium og kvælstof. Konkurrencen om kalium og fosfor vindes tilsyneladende af hvidkløver under lave kvælstofforhold, mens den vindes af græsset under høje kvælstofforhold. Ved at inkludere hvidkløver i systemet - og derved sikre et stort N input til systemet - favoriseres græsset således, at græs, som dyrkes sammen med kløver, i alle situationer producerer mere tørstof og optager me-

re kvælstof, fosfor og kalium end rajgræs i renbestand.

En direkte bladmærkning af enten hvidkløver eller rajgræs klarlægger den stigende betydning som overførsel af kvælstof fra kløver til græs får for kvælstoføkonomien i en kløvergræsmark. Denne nyudviklede bladmærkningsmetode indikerer at overførsel af kvælstof fra græs til kløver er væsentlig større end hidtil antaget.

Nitrogenase aktiviteten er ikke entydig relateret til hverken planternes fosfor- eller kaliumindhold eller til P- og K-koncentrationen i tørstoffet. Dette indikerer, at reguleringen af kvælstoffikseringen ikke er direkte påvirket af fosformangel, hvilket underbygger observationerne fra markforsøget. Plantens reguleringen af vækst og fiksering under fosfor eller kalium mangel sker således sandsynligvis på helplanteniveau, og i overensstemmelse hermed findes også en svag relation mellem fikseringen af  $\text{CO}_2$  og fikseringen af kvælstof.

#### *Ært og byg dyrket i blanding*

Formålet med dette arbejde var at bestemme effekten af plantevækstfaktorer på konkurrencen mellem ært og byg dyrket i blanding, på kvælstoffiksering og udnyttelsen af uorganisk N i blandingsafgrøder.

Markforsøg viser at byg kan opretholde sin tørstof produktion i byg-ært blandingsafgrøden (IC) selvom plantetallet er reduceres med 50% sammenlignet med dyrkning i renbestand (SC). I blandingen øger byg tørstof produktionen per plante, hvorimod ært har en betydelig reduceret vækst. Kvælstof(N)-fikseringen hos ært i både SC og IC ligger omkring 90-95% af N indholdet akkumuleret i overjordisk biomasse. Byg og ukrudt presser ært til at tilfredsstille sit N behov igennem N-fiksering og ikke via optagelse af jordens N ressourcer.

Markforsøg fra 1998 viser at ukrudt optog omkring 60 kg N ha<sup>-1</sup> i ært PS, hvorimod ukrudtet i blandingsafgrøden kun optog omkring 20 kg N ha<sup>-1</sup>. I blandingsafgrøden benyttes jordens N ressourcer til bygs kerneproduktion og ikke ukrudt biomasse som i ært PS.

Markforsøg i 1999 viste at 95% af ærts rodsystem befinder sig i 0-25 cm dybde hvorimod byg har 25-30% af sit rodsystem i dybden 25-75 cm. Ærters rodsystem udnytter formentligt ikke jordens næringsstofreserver så effektivt som byg, hvilket influere stærkt på konkurrenceevnen overfor byg og ukrudt. Det ses også ved at ært SC efterlader cirka dobbelt så meget uorganisk N i 0-25 cm dybde omkring buskningsfasen sammenlignet med byg SC og IC afgrøden.

Ud fra et forsøg med forskellige ærte- og bygsorter vurderes det at ærts konkurrenceevne i blandingen kan styrkes ved at vælge middelhøje sorter med determineret vækst og almindelige blade. Valg af bygsort er derimod af sekundær betydning. Derudover var det tydeligt at dynamikken i blandingen reguleres af jordens uorganisk N indhold, hvor et øget indhold af uorganisk N i jorden reducerer ært-byg ratioen i blandingen.

Indledende forsøg med forskudt såtid viser at ved eksempelvis at så byg 7 dage efter ært opnås næsten dobbelt så stor tørstofproduktion i ært sammenlignet med samtidig såning. Byg reducerer dog tilsvarende sit udbytte med cirka 30 procent. Denne udsåningsstrategi kan muligvis være et meget brugbart værktøj til at forbedre ærters vækst og dermed forøge N-fikseringen i blandingen.

Afgrøderesters kemiske kvalitet og mikrobielle nedbrydningsforløb i jord har stor indflydelse på N-økonomien i sædskiftet. Tidligere forsøg har vist at enårige bælgplanter udnytter uor-

ganisk N i dybere liggende jordlag dårligere end korn, og samtidig medfører den kemiske kvalitet af frøbælgplanters afgrøderester (rhizodeposition, rødder og halm) at der sker en betydelig nettomineralisering af N i jorden om efteråret, hvorimod der efter nedmuldning af kornhalm forekommer nettoimmobilisering af N.

### **Strategier for kvælstoftab og -udnyttelse**

Delprojektets hovedmål var at undersøge effekten af forskellige grøngødnings/efterafgrøde strategier på N omsætning, tab og udnyttelse i planteproduktionssystemer uden import af gødning.

I en række laboratorie-inkubationsforsøg med materiale fra forskellige grøngødningsplanter (bælgplanter) og fangafgrøder (ikke bælgplanter) kunne plantematerialernes egenskaber (C/N, cellulose, lignin) kun delvis forklare forskellene i N mineraliseringen og -immobiliseringen under inkubationen. Af de undersøgte faktorer havde plantematerialets C/N-forholdet den største indflydelse på N mineraliseringen. Netto N mineraliseringen fra plantematerialer med en høj andel af let nedbrydelige stoffer blev kun i ringe grad påvirket af temperaturen, mens der var en markant indflydelse på C mineraliseringen. Brutto N immobilisering reduceredes voldsomt ved lav temperatur (3°C) ligesom den generelle mikrobielle aktivitet, medens bruttomineraliseringen i de indledende nedbrydningsfaser foregik næsten uafhængigt af temperatur og mikrobiel aktivitet. Der forekom en klar succession i udviklingen af enzymaktiviteter (invertase og xylanase), nært forbundet med nedbrydningsstadiet.

I markforsøg gennem to vækstsæsoner viste nedbrydningen af forskellige fangafgrøder en klar indflydelse af plantematerialerne og forsøgsåret. Netto N mineraliseringen to måneder efter nedmuldning varierede fra 20 til 120

kg N ha<sup>-1</sup>. Brutto N mineraliserings- og immobiliseringsrater var flere gange højere end nettoraterne. Den målte N<sub>2</sub>-fiksering hos en række 1-årige grøngødningsarter var betydelig (hvadenten der anvendtes differens eller 15N-pool dilution metoden), helt op til 150 kg N ha<sup>-1</sup> i de overjordiske plantedele. Markforsøg er gennemført i samarbejde med FØJO-projekt II.2 hvorunder yderligere resultater afrapporteres.

Computersimuleringer med modellen DAISY til fortolkning og generalisering af forsøgsresultater, viste at det var muligt at tilpasse DAISY-modellen til et økologisk sædskifte uden husdyrhold således at afgrødernes tørstofproduktion og N optagelse kunne simuleres tilfredsstillende i gennem hele sædskiftet. Modellen bekræftede tidligere observationer, hvorefter olieræddike er en fangafgrøde med en meget stor evne til at optage overskydende kvælstof efter høst af en kvælstofrig hovedafgrøde. Simuleringen af en økologisk sædskifte med kvæghold (uden nogen form for kalibrering på data) viste en rimelig simulering af biomasseproduktion og N akkumulering i vårbyg efter nedpløjning af flerårige græsmarker, men overvurderede nitratkoncentrationerne i jordvæsken i 1 m's dybde voldsomt i forhold til de målte koncentrationer i sugeceller i den efterfølgende efterårs-vinter periode.

### **Bestemmelse og modellering af kvælstofudvaskning og -eftervirkning**

Formålet med delprojektet var at bestemme og modellere N-udvaskning og -eftervirkning i afgrøder efter nedpløjning af flerårige græsmarker med forskellige forhistorier (alder, sammensætning og N-niveau af afsat husdyrgødning).

I afgræssede kløvergræsmarker sker der en betydelig akkumulering af organisk kvælstof pga. kvælstoffiksering samtidig med, at der kun bortføres en lille del af det fikserede

kvælstof i plantemateriale. I nærværende projekt blev undersøgt skæbnen af græsmarkens store N-pulje efter ompløjning. Ugødet kløvergræs (hvidkløver/alm. rajgræs) og gødet ren rajgræs (300 kg N/ha) blev behandlet forskelligt i 1994-96: 1) slæt, 2) afgræsning med malkekøer med lavt N niveau i suppleringsfoder (140 g N/ko/dag) og 3) afgræsning med højt N niveau i suppleringsfoder (300 g N/ko/dag). N-overskuddet forøgedes betydeligt i rækkefølgen: slæt – afgræsset lav N – afgræsset højt N.

For at forbedre synkroniseringen af N-frigivelsen fra grønsværen efter ompløjning og kornets optagelsesprofil blev der gennemført fræsning forud for pløjning. Formålet var at igangsætte N-mineraliseringen tidligere med større N-tilgængelighed til følge. Fræsning efterfulgt af pløjning forøgede kerneudbyttet med 10-12% og N-optagelsen var forøget med 14% i forhold til pløjningen alene. Øget jordbehandlingsintensitet i foråret kan således have en positiv effekt på udbytte og N-optagelse i korn og formodes derfor samtidig at kunne bidrage til en mindre nitratudvaskning.

Efter ompløjning af de forskellige typer græsmarker i foråret 1997 blev sået vårbyg med rajgræs efterafgrøde efterfulgt af vårhvede og byg-helsæd i 1998 og 99, ligeledes med rajgræs udlæg. Tilsvarende blev en tilgrænsede mark med forudgående korndyrkning tilsået som reference uden græsforhistorie. Første år efter ompløjning blev der i vårbyg fundet en betydelig forfrugtsværdi af græsmarkerne. På referencemarken med korn som forfrugt blev opnået et maksimalt udbytte på 53 hkg/ha ved tilførsel af 110 kg N. Hvor græs var forfrugt, blev der uden gødningstilførsel opnået et tilsvarende eller endda højere udbytte. Undtagelsen var rajgræs til slæt, hvor der var negativ forfrugteffekt. Andet år efter ompløjning blev der i vårhvede fundet en af-

tagende men stadigvæk betydelig eftervirkning af græsmarkerne. I gennemsnit var 2. års effekten af afgræsningsmarkerne ca. 50 kg N/ha. Tredje år efter ompløjning var der i vårbyg-helsæd kun en ganske ubetydelig forfrugtsværdi af græsmarkerne i størrelsesordenen 10 kg N/ha.

Den kraftige mineralisering, som ompløjning af kløvergræs bevirker, og som en stor forfrugtsværdi er udtryk for, er desuden en potentiel kilde til udvaskning. Den første vinter efter ompløjning af græsmarkerne var udvaskningen dog begrænset. Kun hvor der i foråret var tilført husdyrgødningskvælstof som supplement til græssets forfrugtsværdi, var der betydelige tab. Hvor der ikke var suppleret med husdyrgødning var rajgræsefterafgrøden effektiv til at opsamle overskydende kvælstof. Overordnet set var udvaskningstabene fra rent græs og kløvergræs sammenlignelige. Forskellen i N-balancen i de forskellige græsforhistorier blev kun udtrykt i rent græs,

hvor udvaskningen i begge år blev forøget 3 til 4 gange, når man sammenligner slæt og afgræsning med højt N-niveau i suppleringsfoder.

Det stod klart allerede før projektets start, at der i græsmarkerne var en meget stor pulje af næringsstoffer, som kan frigives ved ompløjning og potentielt udvaskes. Forsøget viste imidlertid, at med korrekt driftledelse (forårsompløjning og brug af fangafgrøder) kan mineralisering af denne pulje give anledning til en betydelig forfrugtsværdi både 1. og 2. år efter ompløjning, uden at nitratudvaskningen forøges væsentligt. Den samlede udvaskning fra et sædskifte afhænger i høj grad af udnyttelsen af N ophobet i græsmarkerne. Udvasningen kan minimeres dels ved at indregne græsmerkernes forfrugtsværdi i den efterfølgende afgrødes gødningsplan og således undlade unødvendig suppleringsgødning, og dels ved at anvende effektive efterafgrøder.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

- Andersen, M.K. & Jensen, L.S. 2000. Low soil temperature effects on short term gross N mineralization-immobilization turnover after incorporation of a green manure. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 511-521.
- \*Eriksen, J. & Høgh-Jensen, H. 1998. Variation in the natural abundance of  $^{15}\text{N}$  in ryegrass-white clover shoot material as influenced by cattle grazing. *Plant and Soil*, 205, 67-76.
- Eriksen J., Askegaard M. & Kristensen, K. 1999. Nitrate leaching in an organic dairy/crop rotation as affected by organic manure type, livestock density and crop. *Soil Use and Management* 15: 176-182.
- Eriksen J. & Søegaard K. 2000. Nitrate leaching following cultivation of contrasting temporary grassland. *Grassland Science in Europe*. 5: 557-579.
- Eriksen, J. & Jensen, L.S. 2000. Soil respiration and nitrogen mineralisation in situ following cultivation of temporary pastures. *Biology and Fertility of Soils* 33: 139-145.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference in pea-barley intercropping. *Field Crops Research* 70, 101-109.

- Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. 2001 Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crop Research*, 72, 185-196.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. 2001. Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops – a field study employing  $^{32}\text{P}$  technique. *Plant and Soil*, 236, 63-74.
- Hauggaard-Nielsen H, Ambus P & Jensen, E.S. 2002. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (in press).
- Hansen B., Kristensen E.S., Grant R., Høgh-Jensen H., Simmelsgaard S.E. & Olesen J.E. 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems – a systems modelling approach. *European Journal of Agronomy*, 13, 65-82.
- \*Høgh-Jensen, H. 1998. System theory as a scientific approach towards organic farming. *Biological Agriculture and Horticulture*, 16, 37-52.
- Høgh-Jensen, H. & Schjoerring, J.K. 2000. Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: direct quantification by  $^{15}\text{N}$  leaf feeding compared with indirect dilution of soil  $^{15}\text{N}$ . *Plant and Soil* 227: 171-183.
- Høgh-Jensen, H. Schjoerring J.K. & Souassana, J.-F. 2002. The influence of phosphorous deficiency on growth and nitrogen fixation of white clover plants. *Annals of Botany* 90:745-753.
- \*Jørgensen, F.V. & Ledgard, S.F. 1997. Contributions from stolons and roots to the total amount of  $\text{N}_2$  fixed by white clover (*Trifolium repens* L.). *Annals of Botany* 80, 641-648.
- \*Jørgensen, F.V., Jensen, E.S. & Schjørring, J.K. 1999. Dinitrogen fixation in white clover grown in pure stand and mixture with ryegrass estimated by the immobilized  $^{15}\text{N}$  isotope dilution method. *Plant and Soil* 208, 293-305.
- Magid, J., Henriksen, O., Thorup-Kristensen, K. & Mueller, T. 2000. Disproportionately high N-mineralization rates from green manures at low temperatures - implications for modeling and management in temperate agro-ecosystems. *Plant and Soil*, 228, 73-82.
- \*Vinther, F.P. 1998. Effects of animal excreta on biological nitrogen fixation in grass-clover. *Plant and Soil* 203, 207-215.
- \*Vinther, F.P. & Jensen, E.S. 2000. Estimating legume  $\text{N}_2$  fixation in a grass-clover mixture of grazed organic cropping systems using two  $^{15}\text{N}$  methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78, 139-147.
- Hansen, J.P. & Vinther, F.P. 2000. Spatial variability of symbiotic  $\text{N}_2$  fixation in grass-white clover pastures estimated by the  $^{15}\text{N}$  enriched method and the natural  $^{15}\text{N}$  abundance method. *Plant and Soil* 230, 257-266.

\* Artiklen er delvist baseret på denne bevilling.

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

- Eriksen, J. & Askegaard, M. 1998. Nitrate leaching in a dairy crop rotation as affected by organic manure type and livestock density. Proceedings of the World Congress of Soil Science, Montpellier, August, 1998.
- Eriksen, J. 1998. Nyeste resultater vedr. kvælstofomsætning på økologiske brug. I "Bilag til Efterårskonference" s. 18-19. 29. september 1998, Hotel Nyborg Strand.
- Eriksen, J. 1998. Kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer. I "Bilag til Økologisk Konference 1998", 23. november 1998, Vingstedcentret.
- Eriksen, J., Høgh-Jensen, H. & Møller Hansen, E. 1999. Using natural abundance of  $^{15}\text{N}$  for estimating biological nitrogen fixation in animal-grazed grass-clover. Workshop transactions for 10th Nitrogen Workshop, 23-26 August 1999, held at KVL, Copenhagen. pp. III.21.
- Hauggaard-Nielsen H., Ambus P. & Jensen E.S. 1999. Intercropping of pea and barley to improve nitrogen use-efficiency in low-input agricultural systems. Poster and short paper to the 10th Nitrogen Workshop, 23 - 26 August, Copenhagen, Denmark.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus P. & Jensen, E.S. 1999. Improved use of N sources by pea-barley intercropping in low-input systems. Short paper and oral presentation to the 12th Australian Nitrogen Fixation Conference, 17 - 22 October, Wagga Wagga, NSW, Australia.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. 2000. Using  $^{15}\text{N}$  and  $^{32}\text{P}$  methodology to study temporal and spatial root dynamics in pea-barley sole and inter-cropping. Short paper and poster to the International Symposium on Nuclear Techniques in Integrated Plant Nutrient, Water and Soil Management, 16 - 20 October, Vienna, Austria.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen E.S. 2001. Improved use of field N sources using pea-barley intercropping – how to choose the right pea variety to increase input from N fixation. Short paper and oral presentation to the 4th European Conference on grain legumes: Towards the sustainable production of healthy food, feed and novel products, 8 - 12 July, Cracow, Poland.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jensen, E.S., Jørgensen, F.V. & Vinther, F.P. 1998. Empirisk model til kvantificering af symbiotisk kvælstoffiksering i bælgplanter. Page 69-82. In *Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske planteproduktionssystemer* (eds.: Kristensen E.S. og Olesen J.E.). FØJO rapport nr. 2.
- Høgh-Jensen, H. 1997. Water and Nitrogen stress on  $\text{N}_2$  fixation, N transfer, and Water Use in mixtures of clover and grass. At: "Studying Stress in Ecological Systems: Pure and Applied Perspectives", afholdt på Roskilde University Centre, 21-24 June, 1997.
- Høgh-Jensen, H. 1999. An optimal proportion of green fallow in stockless farming systems: grain yield, nitrogen leaching and soil organic matter. In: *Designing and testing crop rotations for organic farming* (eds.: Olesen J.E., Eltun R., Gooding M.J., Jensen E.S. & Köpke U.). DARCOF Report no. 1. pp. 223-234.

- Høgh-Jensen, H. & Schjørring, J.K. 1998. Biological nitrogen fixation in grass-clover leys and its transfer to subsequent crops. In *Mixed Farming Systems in Europe* (eds.: Van Keulen H., Lantinga E.A. & Van Laar H.H.). Workshop Proceedings, Dronten, The Netherlands, 25-28 May 1998. A.P. Minderhoudhoeve-reeks nr. 2. pp. 185-190.
- Høgh-Jensen, H. & Schjørring, J.K. 1999. Biological nitrogen fixation under phosphorus and potassium limiting conditions. Workshop transactions for 10th Nitrogen Workshop, 23-26 August 1999, held at KVL, Copenhagen. pp. I.9.
- Høgh-Jensen, H., Rubæk, G. & Schjørring, J.K. 2000. The effect of P- and K-deficiencies on the structure and quality of grass-clover communities. In: *Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands. Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation*, Aalborg, Denmark, 20-25 May 2000.
- Jensen, E.S., Høgh-Jensen, H., Jørgensen, F., Schjørring, J.K. & Vinther, F.P. 1996. Management of biological nitrogen fixation in grass/clover pastures. In 'New Research in Organic Farming'. Eds. N.H. Kristensen and H.Høgh-Jensen, Proceedings from 11th IFOAM Scientific Conference, Copenhagen 11-16 August 1996, IFOAM, Tholey-Theley, ISBN 3-930720-99-X., pp. 89-96.
- Jensen, E.S. 1998. Competition for and utilisation of nitrogen sources by intercrops of pea and barley. In: Van Cleemput, O., Haneklaus, S. Hofman, G. Schnug, E. and Vermoesen, A. Proceedings of the 11th International World Fertilizer Congress, Gent 7-13 Sept. 1997, volume II, p652-659.
- Jensen, E.S., Jørgensen, F.B., Vinther, F.P., Høgh-Jensen, H. & Schjørring, J.K. 1997. Biologisk kvælstoffiksering, -recirkulering og -udvaskning. Temadag i Økologisk Jordbrug d. 10. juni, SP Rapport nr. 15., pp. 101-106.
- Jensen, L.S. & Andersen, M.K. 1999. Short term N mineralization-immobilization turnover in soil after incorporation of green manures as a function of plant litter quality and soil temperature - A comparison of analytical models with the numerical model FLUAZ. In: 10th Nitrogen Workshop – Programme and Abstracts. Copenhagen, Denmark.
- Jensen, L.S., Andersen, M.K., Thorup-Kristensen, K., Mueller, T. & Magid J. 1999. In situ measurements of gross N-mineralisation-immobilization turnover in soil as related to soil biological activity after incorporation of catch crops. In: 10th Nitrogen Workshop – Programme and Abstracts. Copenhagen, Denmark.
- Jensen, L.S., Mueller, T., Eriksen, J., Thorup-Kristensen, K. & Magid, J. 1999. Simulation of plant production and N fluxes in organic farming systems with the soil-plant-atmosphere model DAISY In: J.E Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen and U. Köpke (Eds.) 1999: Designing and Testing Crop Rotations for Organic Farming. DARCOF Report no. 1. Research Centre for Organic Farming, Denmark. 235-247.
- Jensen, L.S., Haugaard-Nielsen, H., Eriksen, J., Mueller, T. & Magid, J. 1999. Modelling carbon and nitrogen turnover in soil and crop growth after incorporation of clover-grass pastures - do we know the critical parameters? In: Proceedings of the conference "Sustainable Management of Soil Organic Matter" (Eds. B. Rees, B. Ball, C. Campbell, C. Watson), held by British Society of Soil Science, 15th to 17th September 1999, Edinburgh, UK.

- Jørgensen, F.V. 1999. Effect of defoliation on N-remobilization during regrowth in white clover. Poster og abstract præsenteret ved 10th Nitrogen Workshop 23 – 26 august 1999. Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole, København.
- Magid J., Askegaard M., Jensen E.S., Kristensen E.S. & Kristensen K.T. 1996. N efficiency in organic food production - considerations for the future. In 'New Research in Organic Farming. Eds. N.H. Kristensen and H. Høgh-Jensen, Proceedings from 11th IFOAM Scientific Conference, Copenhagen 11-16 August 1996, IFOAM, Tholey-Theley, ISBN 3-930720-99-X. pp. 56-57.
- Magid, J., Jensen, L.S., Mueller, T. & Nielsen, N.E. 1998. Dynamics of Carbon, Nitrogen and Quality Indicators in Particulate Organic Matter - applicability of size and size-density separation in process studies. Poster presented at the 16th World Congress of Soil Science, 20. - 26. August 1998 in Montpellier.
- Magid, J., Mueller, T., Luxhøj, J., Henriksen, O., Lyshede, O. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Decoupled N and C cycling at low temperatures - implications for green manure efficiency in temperate agro-ecosystems. In: 10th Nitrogen Workshop – Programme and Abstracts. Copenhagen, Denmark.
- Mueller, T., Jensen, L.S., Thorup-Kristensen, K. & Magid, J. 1999. Nitrogen turnover in soil after incorporation of plant materials with different quality in organic farming systems - Simulation of Lab- and field experiments with the DAISY Model. . In: 10th Nitrogen Workshop – Programme and Abstracts. Copenhagen, Denmark.
- Mueller, T., Thorup-Kristensen, K., Stoumann Jensen, L & Magid J. 1998. The decomposition of green manure and catch crop residues in soils from organic farming. Poster presented at the 16th World Congress of Soil Science, 20. - 26. August 1998 in Montpellier.
- Søgaard, K., Petersen, S.O. & Vinther, F.P. 1996. The effect of N in urine on herbage production, N-fixation and ammonia volatilization. In: Grassland and land use systems (Eds. G. Parente, J. Frame and S. Orsi), 16th EGF Meeting, Italy, Vol 1, p. 615-620.
- Thorup-Kristensen, K., Müller, T. & Magid, J. 1997. Cover crops and nitrogen management - exploring limitations and the applicability of the DAISY model. In: Schröder J.J. (ed.): Long term reduction of nitrate leaching by cover crops, Second progress report of EU concerted action (AIR3) 2108, Wageningen, p. 207-216.
- Vinther, F.P. 1997. Biological nitrogen fixation in grass-clover affected by animal excreta. 11th World Fertilizer Congress, 7 - 13 September, Gent, Belgium. p. 327.
- Vinther, F.P. 2000. Symbiotic nitrogen fixation and N-transfer in a grass-white clover mixture. 18th General Meeting for the European Grassland Federation (EGF2000), 22 – 25 May, Aalborg, Denmark. Grassland Science in Europe 5, 415-417.
- Vinther, F.P. & Jensen, E.S. 1996. Biological nitrogen fixation in an organic farming system. International Federation of Organic Agriculture Movements, 11th IFOAM Scientific Conference, 11-15 August, Copenhagen, Denmark.
- Vinther, F.P. & Aas, O. 1996. Effects of urine on biological nitrogen fixation in a grass-clover pasture. Transactions of 9th Nitrogen Workshop, 9-12 Sept., Braunschweig, Germany, p. 173-176.



Vinther, F.P., Søgaard, K. & Aas, O. 1997. Biological nitrogen fixation in a grass-clover pasture grazed by dairy cows. Proc. 18th Int. Grassland Congr., Manitoba, Canada, June 8-19 . Vol. 1, pp. 10.17-10.18.

### **Faglige artikler**

Eriksen, J., Olesen, J.E. & Hansen, B. 1999. Hvordan kan kvælstofudvaskningen reduceres. Effektiv landbrug, Special, nr. 22:47-49.

Hauggaard-Nielsen H., Ambus P. & Jensen E.S. 1999. Bland afgrøderne og høst mange fordele. Økologisk Jordbrug, nr. 198, 19. årgang.

Hauggaard-Nielsen, H. 1999. Forskning og formidling – bland afgrøderne og lad naturen klare resten. Personalebladet for Forskningscenter Risø, Riposten, 5. august.

Høgh-Jensen, H. 1997. Når kløvergræsset arbejder. Økologisk Jordbrug, 152, 13 juni. p. 5.

Høgh-Jensen, H. 1998. Kløverbestanden bestemmer systemets produktivitet. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden, Nr. 7, pp. 6-7.

Jensen, E.S. & Jørgensen, F. 1997. Dansk forskningsprojekt: Kvælstoffiksering ved afgræsning. Forskningsnytt om Økologisk Landbrug i Norden. Nr. 2, pp. 10-11.

Jensen, E.S. 1999. Kløvergræsmarkens økologi. Miljøforskning 29, 37-41.

Jensen L.S. 2000. Høj kvælstofmineralisering fra fangafgrøder og grøngødninger selv ved lave vintertemperaturer. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden. April 2000.

### **Specialer, afhandlinger etc.**

Christian Andreasen: N-strategi i kløvergræs. Vækst, morfologi og N<sub>2</sub>-fiksering. (Speciale, delprojekt 1.1).

Jacob P. Hansen: Variationer i N<sub>2</sub>-fiksering i afgræsset kløvergræs. (Speciale, delprojekt 1.1)

Gitte Holm. Indflydelse af kvælstof, fosfor og kalium på etablering og symbiotisk N<sub>2</sub>-fiksering i *Trifolium repens* L. (speciale, delprojekt 1.3).

Vibeke Fabricius. Fosfors og kaliums indflydelse på vækst og udvikling i kløver og græs i renbestand og i blanding Botanisk sammensætning samt indhold og fordeling af kvælstof, fosfor og kalium i indsamlede plantefraktioner i hvidkløver (*Trifolium repens* L.) og alm. rajgræs (*Lolium perenne* L.) i løbet af en vækstsæson og en genvækstperiode efter slæt (speciale delprojekt 1.3).

O. Henriksen. Grøngødning I Økologisk Jordbrug - Temperaturens indflydelse på kvælstofmineraliseringen. (Bacheloropgave, delprojekt 2).

O. Tyrsted Jørgensen O. Green Manures as a Source of Nitrogen for a Succeeding Early Vegetable Crop (Speciale, delprojekt 2.)

Lena Tinghuus. Speciale: Inkubationsforsøg i laboratoriet på KVL af semiintakte jordprøver fra Årslev og Foulum forsøgene (delmål 2).

Jens Pedersen Speciale vedrørende effekten af temperatur på N-mineralisering fra grøngødning (jord og plantematerialer fra Årslev) på KVL (delmål 2).

Claus Mose. Speciale om nedpløjningstidspunktet af kløvergræs med et markforsøg udført på Årslev og målingerne udført på KVL (delmål 2).

Mette Klint Andersen (ÅU) Speciale med bestemmelse af brutto-mineralisering og -immobilisering efter nedmuldning af grøngødninger både i laboratorie inkubationer og under feltforhold (delmål 2).

## 9.3 Jordens frugtbarhed i relation til økologisk jordbrugspraksis og jordbearbejdning

### *Projektnummer og titel*

I.3 Jordens frugtbarhed i relation til økologisk jordbrugspraksis og jordbearbejdning

### *Projektledere*

Per Schjønning & Susanne Elmholt  
Danmarks JordbrugsForskning  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf.: 8999 1900, Fax: 8999 1619  
E-mail: Per.Schjønning@agrsci.dk

### *Projektdeeltagere*

Kasia Debosz, Gunnar H. Mikkelsen, R. Labouriau, Karl J. Rasmussen og Lars J. Munkholm, Danmarks JordbrugsForskning  
Iver Jacobsen og Peter Schweiger, Forskningscenter Risø

I økologisk jordbrug afhænger produktionen af jordens frugtbarhed. I den forbindelse spiller jordstrukturen en meget væsentlig rolle, fordi den har betydning for transport af vand, næringsstoffer og varme og dermed for vækst af såvel mikroflora og -fauna som planter.

I projektet er det bl.a. blevet undersøgt, hvorledes de fysiske og biologiske aspekter af jordens frugtbarhed påvirkes af den økologiske dyrkningsform (langtidseffekter) samt af forskellige jordbearbejdningsstrategier (korttidseffekter). I sædkifter på Rugballegård er der gennemført undersøgelser af forskellige jordbearbejdningsystemer. Formålet er her at udvikle forskellige jordbearbejdningsstrategier med speciel relevans for økologiske jordbrugere.

Årsagsmæssige sammenhænge mellem f.eks. den mikrobielle status i jorden og jordens

strukturegenskaber (aggregatstabilitet m.m.) har været et hovedindsatsområde. Dette er undersøgt ved forskellige deskriptive metoder i felten såvel som ved traditionelle laboratoriemetoder. Sidstnævnte er udført både på uforstyrret jord, omlejret jord og aggregater.

Projektet har kombineret fysiske og biologiske målinger. De fysiske målinger har omfattet jordens styrkeforhold analyseret ud fra bestemmelse af forskydningsstyrke på uforstyrret jord, indirekte trækstyrkebestemmelse på enkeltaggregater samt måling af vådstabilitet af aggregater. Videre har måling af ilt-diffusion og luftpermeabilitet givet mulighed for vurdering af hele poresystemets karakteristika. De biologiske målinger, som er gennemført i projektet, omfatter respiration, mikrobiel biomasse, extracellulære polysaccharider, ergosterol, svampehyfelængde samt VAMycorrhiza. Hovedvægten er lagt på en beskrivelse af biologiske parametre, som menes at have betydning for strukturdannelse og -stabilisering.

### **Sammendrag**

Projektet omfattede to forskningsaktiviteter, A og B:

Aktivitet A *Udvikling af forskellige jordbearbejdningsstrategier med speciel relevans for økologiske jordbrugere* havde som hovedformål at udvikle og afprøve jordbearbejdningsstrategier, som er optimale for de specifikke forhold, der gør sig gældende i økologisk jordbrug.

Aktivitet B *Undersøgelser af jordfrugtbarhed* havde som sit hovedformål at få en bedre forståelse af, hvorledes jorden som økosystem opbygger

og vedligeholder en jordstruktur, der er optimal for dens funktion som vækstmedium, herunder effekten af forskellige driftsforanstaltninger.

Projektaktivitet A med udvikling af jordbearbejdningssystemer med særlig relevans for økologisk jordbrug har vist, at det er muligt at gennemføre en ikke-vendende primær-bearbejdning af jorden. Metoden kræver yderligere undersøgelser, herunder med inddragelse af andre metoder til løsning og helst også under mere tørre sommerforhold. Imidlertid viser de nu indhøstede erfaringer, at den undersøgte metode giver udbytter, der selv i vækstår uden tørkestress er på højde med traditionelle pløjssystemer. De detaljerede studier af jordens egenskaber påviste bl.a., at en eksisterende pløjesål blev effektivt brudt og at dette havde gavnlige virkninger på rodvækst og antal rhizobium-rodknolde.

Gennem projektaktivitet B blev der indhøstet kendskab til vigtige jordkvalitetsparametre både i praktiske økologiske bedrifter, i langvarige gødningsforsøg og i ovennævnte jordbearbejdningforsøg. Generelt viste resultaterne, at en jords dyrkningsegenskaber skal ses i lyset af både kort- og langsigtede driftsforanstaltninger. Korttidseffekten af jordbearbejdning og trafik i marken blev påvist at vekselvirke markant med langtidseffekter af sædskifte og tilførsel af organisk gødning.

Jordens fragmenterings-evne og dermed "bearbejdbarhed" fandtes stærkt påvirket af driftsformen. Mange års ensidig korndyrkning uden tilførsel af organisk gødning viste sig at reducere denne vigtige egenskab markant i forhold til langvarig økologisk drift med et grovfodersædskifte. Omvendt var der generelt ikke forskelle i jordens mekaniske egenskaber i konventionelt og økologisk drevne grovfodersædskifter. U hensigtsmæssig megen jordbearbejdning og trafik viste sig at have markant indflydelse på

disse egenskaber. Resultaterne giver derfor et klart signal til økologiske avlere om at være mere opmærksomme på den skadelige effekt af trafik og intensiv jordbearbejdning. Alle undersøgte jorde viste sig at være skadeligt pakkede i lagene under pløjelaget. Da dette også var tilfældet for de langvarigt økologisk drevne ejendomme, er der grund til også at påpege denne skadelige effekt af den mekaniserede driftsform for økologiske landmænd.

Der fandtes en større mikrobiel biomasse i de økologisk drevne marker i forhold til alle både ensidigt og alsidigt drevne konventionelle marker. For fem jorde (både økologiske og konventionelle), der blev drevet med et grovfodersædskifte og med tilførsel af husdyrgødning fandtes en korrelation mellem jordens volumen af porer 0.2-3.0  $\mu\text{m}$  ("protective pore space") og den mikrobielle biomasse. For to jorde med ensidig planteavl og uden anvendelse af husdyrgødning fandtes en lavere mikrobiel biomasse end forventet fra den generelle sammenhæng mellem volumen af disse porer og biomasse for de øvrige jorde.

Der fandtes et højere niveau for polysakkarider og svampehyfer i en økologisk drevet mark med et grovfodersædskifte med græs end i en modsvarende konventionelt drevet mark med et grovfodersædskifte uden græs. For en jord med ensidig planteavl fandtes et lavere niveau for disse jordparametre i forhold til en økologisk drevet jord med grovfodersædskifte. Sammenholdt med data vedrørende jordens struktur-stabilitet har disse resultater givet anledning til opstilling af en lovende arbejdshypotese for fortsatte studier på området.

Mykorrhiza-potentialet (MP) i de undersøgte jorde viste en negativ korrelation til jordens indhold af lettilgængeligt fosfor, mens der ikke kunne udledes effekter direkte fra driftsformen. I et pottforsøg med jordkløver og boghvede fandtes positiv effekt på plantevæksten af pod-

ning med mykorrhiza i den gennem 100 år  
ugødede Askov-jord. Der fandtes ikke entydige  
korrelationer mellem forekomst af mykorrhiza  
og aggregatstabilitet.

Projektets anvendelse af målinger på flere 'ana-  
lyse-niveauer' har påvist, at det er muligt med  
"reduktionistiske" målinger i laboratoriet at  
evaluere praksis-relevante jordegenskaber, som  
de manifesterer sig i felten.

## **Publikationer m.m.**

### **Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter**

- Debosz, K., Vogensen, L. & Labouriau, R. 2002. Carbohydrates in hot water extracts of soil aggregates as influenced by long-term management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33, 623-634.
- Jensen, U.B., Elmholt, S. & Labouriau, R. 2000. Distribution of ergosterol in organically and conventionally cultivated agricultural soils. *Biological Agriculture and Horticulture* 18, 113-125.
- Munkholm, L.J. & Kay, B.D. 2002. Effect of water regime on aggregate tensile strength, rupture energy, and friability index. *Soil Science Society of America Journal* 66, 702-709.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Petersen, C.T. 2001. Soil mechanical behaviour of sandy loams in a temperate climate: case-studies on long-term effects of fertilization and crop rotation. *Soil Use and Management* 17, 269-277.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P., Debosz, K., Jensen, H.E. & Christensen, B.T. 2002. Aggregate strength and mechanical behaviour of a sandy loam under long-term fertilization treatments. *European Journal of Soil Science* 53, 129-137.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Kay, B.D. 2002. Tensile strength of soil cores in relation to aggregate strength, soil fragmentation and pore characteristics. *Soil & Tillage Research* 64, 125-135.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 2001. Non-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. *Soil & Tillage Research* 62, 1-14.
- Schjønning, P., Elmholt, S., Munkholm, L.J. & Debosz, K. 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88, 195-214.
- Schjønning, P., Munkholm, L.J., Moldrup, P. & Jacobsen, O.H. 2002. Modelling soil pore characteristics from measurements of air exchange: the long-term effects of fertilization and crop rotation. *European Journal of Soil Science* 53, 331-339.

### **Ph.d.-afhandling**

- Munkholm, L.J. 2002. Soil fragmentation and friability: Effects of soil water and soil management. DJF-report, Plant Production, No. 73. Ph.d. thesis, 70 pp.

### **Indlæg ved kongresser, symposier o.l.**

- Axelsen, J.A., Elmholt, S., Bilde, T., Christensen, O.M., Debosz, K., Gjelstrup, P., Kristensen, H.L., Mather, J.G., Mikkelsen, G., Petersen, H. & Rasmussen, K.J. 2000. Jordbearbejdning og biologisk aktivitet i dyrkningslaget. Oral presentation at Landhusholdningselskabets Efterårsseminar, november 2000, Forskningscenter Foulum.
- Debosz, K., Vognsen, L., Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 1998. Impact of soil management on distribution of carbohydrate C and clay dispersibility in different sized soil aggregates. Poster presentation at NJF-seminar no. 286, Soil tillage and biology, Ås, Norway, June 8-10, 1998.
- Elmholt, S. 1998. Fungi as Biological Indicators - experiences from studies on different farming systems. Oral presentation at workshop on "Soil Biology in Relation to Sustainable Land Use", NKJ and SNS, SLU Uppsala, January 15-16th 1998.
- Elmholt, S., Debosz, K., Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 2000. Biotic and abiotic binding and bonding mechanisms in soil. Oral presentation at NJF-seminar No. 310: Soil stresses, quality and care. Ås, Norway.
- Munkholm, L.J. 2000. A direct tension test for measurement of bulk soil tensile strength. Oral presentation at the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". July 2000, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA.
- Munkholm, L.J. & Schjønning, P. 1997. Soil tilth and the quantification of soil friability. Oral presentation at Symposium: Soil quality and soil degradation, Royal Veterinary and Agricultural University.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 1998. Non-inverting soil tillage as a means of optimizing soil tilth. Oral presentation at NJF-seminar no. 286, Soil tillage and biology, Ås, Norway, June 8-10th, 1998.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 1999. Compaction and intensive tillage effects on aggregate tensile strength and soil friability. Poster presentation at the International Workshop of ISSS-Commission I: Soil physics, subsoil compaction and soil dynamics – processes and environmental consequences. 24-26 March 1999, Kiel, Germany.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 2000. Non-inverting tillage: Early-stage effects on soil mechanical behaviour. Oral presentation at the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". July 2000, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA.
- Nielsen, A.L., Munkholm, L.J. & Andersen, M.N. 2000. Effect of soil compaction on root development during the establishment of a pea-barley crop. Oral presentation at the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". July 2000, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA.
- Schjønning, P. 1997. Soil compaction, an important aspect of the quality of cultivated soils. Oral presentation at Symposium: Soil quality and soil degradation, Royal Veterinary and Agricultural University.
- Schjønning, P. 2000. Jordens frugtbarhed og kvalitet. Oral presentation at Landhusholdningselskabets Efterårsseminar, november 2000, Forskningscenter Foulum.

Schjøning, P., Munkholm, L.J., Deboz, K. & Elmholt, S. 2000. Multi-level assessment of soil quality. Oral presentation at NJF-seminar No. 310: Soil stresses, quality and care. Ås, Norway.

Schjøning, P., Munkholm, L.J., Elmholt, S., Deboz, K., Mikkelsen, G.H. & Trautner, A. 2000. Den danske dyrkningsjords tilstand og kvalitet - konsekvenser af trafik og jordbearbejdning. Oral presentation at Landhusholdningsselskabets Efterårsseminar, november 2000, Forskningscenter Foulum.

### **Rapporter m.m.**

Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. & Nuutinen, V. (eds.) 2000. Soil Stresses, Quality and Care. Proceedings from NJF Seminar 310, 10-12 April 2000, Ås. DIAS Report 38, Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum. 179 pp.

Munkholm, L.J. 2000. The spade analysis - a modification of the qualitative spade diagnosis for scientific use. DIAS-report No. 28 Plant Production, Danish Institute of Agricultural Sciences.

### **Faglige artikler**

Axelsen, J.A., Elmholt, S., Bilde, T., Christensen, O.M., Deboz, K., Gjelstrup, P., Kristensen, H.L., Mather, J.G., Mikkelsen, G., Petersen, H. & Rasmussen, K.J. 2000. Jordbearbejdning og biologisk aktivitet i dyrkningslaget. Tidsskrift for Landøkonomi 4/00, 280-289.

Elmholt, S. & Axelsen, J.Aa. 1998. Jordbundens Biologi, pp. 24-46. I: Økologisk Jordbrug – miljø og husdyrvelfærd. Notat til Det Økologiske Fødevareråd i forbindelse med udarbejdelsen af Aktionsplan II for fremme af den økologiske fødevarerproduktion i Danmark.

Elmholt, S. & Axelsen, J. Aa. 1999. Jordens biologi, pp. 51-68. In: Alrøe, H.F. & Andreasen, C.B. (red.). Natur, miljø og ressourcer i økologisk jordbrug. Føjo Rapport 3. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Foulum.

Elmholt, S. & Schjøning, P. 1997. Jordens frugtbarhed. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden, nr. 9, 2-3.

Elmholt, S., Deboz, K. & Knudsen, I.M.B. 1996. Den frugtbare jord: Dyrk naturens eget forsvar. Agrologisk, 3 (1996), 18-19.

Elmholt, S.E., Deboz, K., Schjøning, P., Munkholm, L.J. & Rasmussen, P. 1997. Jordens frugtbarhed -mikrobiologi og jordstruktur. Side 107-124 i: Kristensen, E.S. (red.): Proceedings fra temadag om økologisk planteproduktion. SP-rapport 15-1997. Danmarks JordbrugsForskning.

Elmholt, S., Munkholm, L.J., Deboz, K. & Schjøning, P. 2000. Biotic and abiotic binding and bonding mechanisms in soils with long-term differences in management, pp. 53-62. In: Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. & Nuutinen, V. (eds), Soil Stresses, Quality and Care. Proceedings from NJF Seminar 310, 10-12 April 2000, Ås. DIAS Report 38, Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum.

Elmholt, S., Schjøning, P. & Munkholm, L.J. 1997. Økologi og forskning. Landbrugsmagasinet 26, 7.

Munkholm, L.J. 1999. Stik spaden i jorden. Økologisk jordbrug, 194, 11.

- Munkholm, L.J. 1999. Spadeprøve testet i forsøg. *Økologisk jordbrug*, 194, 11.
- Munkholm, L.J. 2000. A direct tension test for measurement of bulk soil tensile strength. Proceedings of the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". (CD-Rom). Ed. J.E. Morrison. Published by P. Dyke, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA, 9 pp.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P., Nielsen, L. & Rasmussen, K.J. 1999. Økologisk planteavl og jordpakning. Planteavlsberetning for Køge-Ringsted Landboforening, 187-189.
- Munkholm, L.J., Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. 2000. Non-inverting tillage: Early-stage effects on soil mechanical behaviour. Proceedings of the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". (CD-Rom). Ed. J.E. Morrison. Published by P. Dyke, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA, 9 pp.
- Nielsen, A.L., Munkholm, L.J. & Andersen, M.N. 2000. Effect of soil compaction on root development during the establishment of a pea-barley crop. Proceedings of the 15th international conference of the international soil tillage research organization, "ISTRO-2000". (CD-Rom). Ed. J.E. Morrison. Published by P. Dyke, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Texas USA, 9 pp.
- Schjønning, P. 1996. Den frugtbare jord: Jordstrukturen skal plejes som din vigtigste afgrøde. *Agrologisk*, 3 (1996), 16-17.
- Schjønning, P. 1998. Jordpakning koster vedvarende udbyttetab. *Landsbladet-Mark* 10-98, 26-27.
- Schjønning, P. 1998. Sådan minimerer du pakning af jorden. *Landsbladet-Mark* 10-98, 28.
- Schjønning, P. 2000. Jordens frugtbarhed og kvalitet. *Tidsskrift for Landøkonomi* 4/00, 290-292.
- Schjønning, P. & Elmholt, S. 1996. Den frugtbare jord: Frem med spaden. *Agrologisk*, 3 (1996), 20-21.
- Schjønning, P., Munkholm, L.J., Deboz, K. & Elmholt, S. 2000. Multi-level assessment of soil quality – linking reductionist and holistic methodologies, pp. 43-52. In: Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. & Nuutinen, V. (eds), *Soil Stresses, Quality and Care. Proceedings from NJF Seminar 310, 10-12 April 2000, Ås. DIAS Report 38, Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum.*
- Schjønning, P., Munkholm, L.J., Elmholt, S., Deboz, K & Jensen, U.B. 1999. Jordens strukturegenskaber - et centralt element i frugtbarhedsbegrebet. *MILJØFORSKNING*, 39, 7-14.
- Schjønning, P., Munkholm, L.J., Elmholt, S., Deboz, K., Mikkelsen, G.H. & Trautner, A. 2000. Den danske dyrkningsjords tilstand og kvalitet - konsekvenser af trafik og jordbearbejdning. *Tidsskrift for Landøkonomi* 4/00, 293-300.
- Schjønning, P., Munkholm, L.J. & Rasmussen, K.J. 1999. Økologer skal køre med små vogne. *Økologisk Jordbrug*, nr. 187, p. 11.
- Schjønning, P. Munkholm, L.J. & Rasmussen, K.J. 1999. Jordpakning og jordløsning. *Effektivt Landbrug*, nr. 11, p. 8-9.



## 9.4 Plantesundhed og kvalitet i relation til dyrkningsstrategier og sortsvalg

### *Projektnummer og titel*

I.4 Plantesundhed og kvalitet i relation til dyrkningsstrategier og sortsvalg

### *Projektleder*

Kirsten Brandt  
Danmarks JordbrugsForskning  
Kirstinebjergvej 10, 5792 Aarslev  
Tlf.: 6599 1766, Fax: 6599 2566  
E-mail: [Kirsten.Brandt@agrsci.dk](mailto:Kirsten.Brandt@agrsci.dk)

### *Projektdeleger*

Carsten Iversen, Per Nielsen Kudsk & Lars Porskjær Christensen, Rikke Nørbæk, Danmarks JordbrugsForskning  
Niels Elmegaard, Danmarks Miljøundersøgelser  
Ane Bodil Søgaard, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

En central betragtning i økologisk jordbrug er, at sund jord giver sunde planter, som har en høj ernæringsmæssig værdi for mennesker og dyr. En plantes sundhed er et udtryk for dens evne til at beskytte sig mod ydre påvirkninger.

I dette projekt er eksempler på én type forsvarsmekanismer, de sekundære metabolitter, blevet undersøgt. Sekundære metabolitter indgår i plantens interaktioner med skadegørere og gavnlige organismer, og har samtidig afgørende betydning for fødevarers smag, farve, duft og ernæringsmæssige kvalitet.

Projektets hovedtema har været at sammenligne de virkemidler, der står til rådighed for den økologiske jordbruger mht. at påvirke sundhedstilstanden og kvaliteten af de dyrke-

de planter. Da både miljø og sortsvalg er vigtige elementer i planters sundhed og kvalitet, har det været projektets formål at undersøge, hvilken af disse elementer, der er vigtigst at optimere inden for de rammer, der naturligt sættes af driftsformen.

## Sammendrag

I projektet var det målet at udpege de generelle strategier, som viser den største og mest signifikante variation i udvalgte sekundære metabolitter med særlig betydning for plantesundhed og kvalitet, for at opbygge et videngrundlag som kan udnyttes i fremtidige anvendelsesorienterede projekter til optimering af disse egenskaber. Ud fra undersøgelser af vilde planter og teoretiske betragtninger var det forventet at dyrkningsbetingelser og sortsvalg ville have store, til dels forudsigelige, effekter på indhold af stoffer med forskellige fysiologiske funktioner i planten.

Fenoler har betydning for plantesundheden, f.eks. angreb af visse svampe, men nogle fenolers hovedfunktion formodes at være beskyttelse mod UV-stråling og disse indgår i så fald ikke i forsvarsreaktioner. Fenolerne, herunder anthocyanin, har også interesse for den ernæringsmæssige kvalitet fordi de som anti-oxidanter formodes at hæmme kræft og hjerte/karsygdomme. Flygtige stoffer (aromastoffer) er afgørende for smagen og har også betydning for forekomsten af insekter og mider. Alkaloider (f.eks. gramin og hordenin i byg) er ofte toksiske og indgår i planternes forsvarssystemer.

Som modelplanter var valgt solbær, byg og ært.

### **Solbær**

Bladenes indhold af fenoliske stoffer blev målt parallelt med registreringer af solbærplanters markresistens (svampesygdomme) for planter af 5 sorter dyrket med forskellige dækafgrøder eller svovlsprøjtning, og der blev målt duftstoffer i blade og forekomst af solbærmider. Kvalitetssegenskaber (anthocyaniner, C-vitamin og aromastoffer) af bær fra de samme planter blev også målt. Angrebsgrad af flere sygdomme var korreleret med indhold af bestemte derivater af fenoliske syrer. Hverken typen af dækafgrøder eller svovlsprøjtning viste betydning for fenolindhold og (UV-absorberende) flavonoider viser ingen korrelation med sygdomsangreb. Et planlagt Ph.D. studium for Carsten Iversen måtte opgives af personlige årsager.

### **Byg**

Her blev fenoler og alkaloider undersøgt. I byg formodes gramin at have betydning for insektangreb, ved at formeringen af bladlus hæmmes. Gramin og hordenin udskilles i jorden via rødderne, og kan hæmme spiringen af andre planter. Det var derfor målet at undersøge udskillelsen fra rødderne og effekten af stofferne på spirende frø af ukrudtsarter.

Resultaterne ang. gramin viser væsentlige systematiske sortsforskelle i indholdet i blade og rodexudater. Moderne sorter mangler gramin i fuldt udviklede blade, men nogle kan udskille alkaloider fra rødder. Der kan vises effekter på ukrudt og bladlus, men de er ikke entydige. Arbejdet i relation til ukrudt fortsættes i et nyt projekt under programmet "Økologisk planteværn". De fleste fenoliske stoffer i både byg og hvede blev isoleret og identificeret, herunder to helt nye flavonoider, et i hver af byg og

hvede. Indholdet af de fenoliske syrer var stærkt korreleret med f.eks. gødningstilførsel og plantealder, mens indholdet af flavonoider, som udgør størstedelen af fenolerne, ikke var korreleret med forhold af betydning for resistens. Kun skygge, som ikke i sig selv er af betydning for sygdomsangreb, påvirker indholdet af flavonoider mere end af fenoliske syrer. Det er dermed for første gang under markforhold eftervist hvilken mekanisme der ligger bag forøget sygdomsfølsomhed ved overgødskning.

### **Ært**

For ært skulle også undersøges fenolen pisatin i forskellige plantedele og sorter, i sunde planter og i planter smittet med ærteråd. Men de udenlandske samarbejdspartnere kunne ikke opfylde løftet om at sende referencestof af pisatin, og vore egne undersøgelser viste flere stoffer med næsten samme egenskaber, som andre nok tidligere havde målt under et. Vi fandt mindst et stof som konsekvent optrådte i størst mængde i inficerede rødder, men det var ikke pisatin, og der var ikke nok til oprensning og identifikation. Da der desuden skete flere uheld i forbindelse med dyrkningsforsøg og opbevaring af prøver blev denne del meget nedprioriteret til fordel for korn.

### **Fælles for arterne**

På tværs af arterne bekræfter vore data at forskellige typer af fenoler har forskellige fysiologiske roller i bladene, og at denne "arbejdsdeling" går igen i så forskellige arter som byg, hvede og solbær. Projektet har også vist, at de forskelle som skyldtes sort og dyrkningsforhold var uafhængige, der kan altså opnås en additiv effekt ved både at vælge den bedste sort og dyrke den under de forhold, som befordrer de ønskede egenskaber, f.eks. grad af resistens.

## Publikationer m.m.

### Artikler i internationale tidsskrifter

- Harder, L.H. & Christensen, L.P. 1999. A new flavone O-glycoside from wheat leaves (*Triticum aestivum*). Zeitschrift für Naturforschung 55c, 337-340.
- Nørbæk, R., Brandt, K. & Kondo, T. 2000. Identification of flavone C-glycosides including a new flavonoid chromophore from barley leaves (*Hordeum vulgare* L.) by improved NMR techniques. J. Agric. Food Chem. 48(5), 1703-1707.

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

- Brandt, K., Iversen, C., Lindhard Pedersen, H., Harder, L.H., Christensen, L.P. & Christensen, B.T. 1999. Variation in levels of phenolic secondary metabolites in commercially important varieties: Potential agronomic effects. Abstract of invited lecture, Joint meeting: Nutritional Enhancement of Phenolic Plant Foods in Europe and Bioactive Plant Cell Wall Components in Nutrition and Health, p. 32.
- Harder, L., Christensen, L.P., Christensen, B.T. & Brandt, K. 1998. Contents of flavonoids and other phenolics in wheat plants grown with different levels of organic fertilizer. Polyphenols Communications 98: 495-496.
- Iversen, C.K., Lindhard Pedersen, H. & Brandt, K. 2000. Phenolic compounds and disease resistance of 5 blackcurrant varieties in an organic growing system. Presentation at "9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau in Weinsberg", 1.-2-february 2000.
- Iversen, C.K., Austad, T. & Lindhard Pedersen, H. 1998. Phenolic compounds and disease resistance in four blackcurrant varieties. Proceedings Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung. Krankheitsresistenz und Pflanzenschutz; Dresden 23/24. March 1998.
- Iversen, C. & Austad, T. 1997. Phenolic compounds in blackcurrant leaves and berries grown without pesticides. Poster presenteret ved "8. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau in Weinsberg", 13-14/11/1997.

### Faglige artikler

- Brandt, K., 1999. Næringstilførselens betydning for indholdet af fenoliske sekundære metabolitter i økologisk dyrkede hvedeblade. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden (6), 10-11.
- Brandt, K., 1999. Plantesundhed og kvalitet. Miljøforskning 39, 26-30.
- Brandt, K., 1999. Utal af plantestoffer. Økologisk Jordbrug, 206, 8.

## 9.5 Samspil mellem jordbundens fauna, kvælstofdynamik og plantevækst - forsøg og simuleringssmodeller

### *Projektnummer og titel*

I.7 Samspil mellem jordbundens fauna, kvælstofdynamik og plantevækst - forsøg og simuleringssmodeller

### *Projektledere*

Jørgen Aagaard Axelsen  
Danmarks Miljøundersøgelser  
Afdeling for Terrestrisk Økologi  
Vejlsovej 25, Postboks 314, 8600 Silkeborg  
Tlf.: 8920 1400, Fax: 8920 1413  
E-mail: [jaa@dmu.dk](mailto:jaa@dmu.dk)

Jørgen E. Olesen, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum  
Henning Petersen, Naturhistorisk Museum, Mølslaboratoriet

### *Projektdelegerede*

Poul Henning Krogh, Martin Holmstrup og Hanne Lakkenborg Kristensen, Danmarks Miljøundersøgelser  
Peter Gjelstrup, Naturhistorisk Museum, Århus  
Ole M. Christensen og Janice G. Mather, Aarhus Universitet  
Søren Christensen, Københavns Universitet

I økologisk jordbrug er sammenhængene på bedriften afgørende for hele systemets stabilitet, ydeevne og effekt på omgivelserne. Effekterne af nogle af disse sammenhænge viser sig først over en årrække, og kan være vanskelige at belyse i eksperimentelle forsøg og undersøgelser. Der er derfor behov for at opbygge simuleringssmodeller, der kan belyse relevante biologiske og miljømæssige aspekter i økologisk jordbrug på bedriftsniveau.

Samspil mellem fauna, mikroflora og fysisk-kemiske faktorer i jorden er på kort sigt kritiske for afgrødens overlevelse og vækst. På længere sigt er samspillet afgørende for dyrkningsjordens kvalitet. I økologisk jordbrug, som er baseret på udnyttelse af de naturlige økologiske processer, må organismernes rolle i jordbundsprocesserne formodes at være mere betydende end normalt antaget for konventionelt jordbrug. Mængden af organismer har da også vist sig generelt at være meget højere i økologiske end i konventionelt dyrkede marker.

Kvælstof, der bliver mineraliseret fra organisk stof såsom døde plantedele eller husdyrgødning, bindes generelt hurtigt i jordens mikroflora, bakterier og svampe. Derved hindres udvaskning, men kvælstoffet gøres også utilgængeligt for planterne. En væsentlig del af jordfaunaen får sin hovednæring ved at æde svampe og bakterier. Dyrene kan derved bidrage til mobilisering af kvælstof, så det gøres tilgængeligt for planterødderne og mikrobiel genvækst.

Projektets hovedformål har på den baggrund været at fremskaffe viden om jordbundfaunaens betydning for næringsstoffdynamikken i jorden samt at syntetisere viden om kvælstofdynamik i økologiske dyrkningssystemer i simuleringssmodeller.

### **Sammendrag**

Projektet har dels omfattet felt- og laboratorieundersøgelser af jordbundsfæunaen og dennes relation til mikrofloraen og den dermed forbundne indflydelse på næringsstofferne dynamik, og dels udvikling af simule-

ringsmodeller for henholdsvis faunaens populationsdynamik og for kvælstofdynamikken i økologiske sædskifter. Der har på alle områder været et udstrakt samarbejde med en række øvrige FØJO-projekter.

Projektet har været opdelt i fire adskilte hovedmål:

1. At identificere interaktioner imellem jordorganismer og estimere effekten af disse interaktioner på kvælstofdynamikken i økologisk jordbrug.
2. At estimere mikrofaunaens rolle for kvælstofforsyningen til planters vækst i økologiske sædskifter omfattende kornafgrøder, efterafgrøder og kløvergræs.
3. At adaptere en eksisterende sædskiftesimuleringsmodel til forholdene i økologisk jordbrug.
4. At vurdere forekomsten af de mest betydende Collembolarter og overfladelevende prædatorer i økologisk jordbrug ved hjælp af en simuleringsmodel.

I det følgende gives et kort sammendrag af de delprojekter, som er gennemført i forhold til hovedmålene.

### **Identifikation af interaktioner imellem jordorganismer og deres virkning på kvælstofdynamikken**

En sammenligning af regnormefaunaen på landbrugsbedrifter forskellige steder i Danmark viste, at det gennemsnitlige antal regnorme er mindst i konventionelle kornavlbase-rede jordbrug (ca. 30 individer pr m<sup>2</sup>), medens økologiske gårde med græsrigt sædskifter, afhængig af jordtype, kan have langt tættere regnormebestande. Regnormebestanden øgedes med en faktor 20 over en 10-årig periode efter omlægning af en mark på Foulum fra konventionel til økologisk drift.

Et toårigt feltforsøg med reduktion af regnormepopulationen ved hjælp af el-uddrivning viste kun beskeden og kortvarig nedgang i regnormebestanden i de "reducerede" parcel-ler. Ingen af de øvrige undersøgte dyre-grupper: enchytræer, collemboler og mider, viste signifikante påvirkninger som effekt af regnorme-reduktionen. Der kunne heller ikke påvises effekt af regnormeuddrivningen på jordens kvælstofpuljer og mineraliseringsevne eller på plantebiomassen og dennes C- og N-indhold ved høst. Der var stærk reduktion af alle dyregrupperes tæthed og biomasse imellem prøvetagningerne i april og maj 1997, hvor kløver-græsmarken blev omlagt og tilsået med byg. Samtidig øgedes kvælstofindholdet i jor-den. En anden reduktion af faunaen fandt sted mellem september og november 1997, hvor jorden blev bearbejdet og tilsået med vinterhvede. I perioden efter jordbearbejdning voksede faunapopulationerne og kvælstofindholdet aftog. Alle dyregrupperes populations-tæthed og biomasse var ved de fleste prøve-tagninger høj sammenlignet med de fleste værdier opgivet i litteraturen for landbrugsjor-de. Faunaens effekt på kvælstoffrigørelsen blev beregnet. Regnorme bidrog i 1997 med 69,2 kg N ha<sup>-1</sup>, heraf størstedelen fra regnorme dræbt i forbindelse med jordbearbejd-ningen. Enchytræerne bidrog med ca. 9 kg N ha<sup>-1</sup>, medens collembolernes direkte andel i N-frigørelsen var ubetydelig (183 g N ha<sup>-1</sup> i 1997, 311 g N ha<sup>-1</sup> i 1998).

Et mesokosmosforsøg med 6 forskellige grupperinger af mesofaunaarter (collemboler, enchytræer, rovmider) med stigende kompleksitet viste ingen direkte påvirkning af bygplan-ters optagelse af <sup>15</sup>N fra tilsatte kløverblade, men der var signifikant positiv effekt på skud-biomassen ved høst som effekt af de fleste arts-kombinationer.

### **Mikrofaunaens rolle for kvælstofforsyningen til planters vækst i økologiske sædskifter**

Mark- og laboratorieforsøg over mikrofaunaens betydning for kvælstofforsyning i økologisk jordbrug har belyst mikrofaunaens rolle ved nedbrydningen og vurderet svampe og bakteriers relative betydning ud fra nematodsamfundets struktur. En markant forøgelse af bakterivore og fungivore nematoder samt mikroarthropoder var karakteristisk for plante-substratet, men var med de valgte afgrøder ikke påvirket af den forudgående afgrøde. Resultaterne fra markforsøget blev bekræftet af inkubationsforsøg. Omnivore nematoder ser ud til at kunne regulere betydningen af de forskellige bakterivore grupper, afhængigt af ressourcen. Samlet har mikrofaunaundersøgelserne givet detaljeret viden om dynamikken i den mikro-bielle aktivitet, der ikke vil kunne opnås ved undersøgelse af mikro-organismerne selv.

### **Tilpasning af en eksisterende sædskiftesimuleringsmodel til økologisk jordbrug**

FASSET-modellen er blevet udvidet med en model for konkurrence mellem flere plantearter. Denne model anvendes til at simulere afgrøder hvori indgår flere arter, herunder kløvergræs og byg/ært. Kløvergræsmodellen er samtidigt blevet udformet således at den også omfatter en model for den rumlige variation i afsætning af urin og fæces under afgræsningsforhold. Dette indebærer, at modellen fremover vil kunne benyttes til simulering af næringsstofomsætning og tab i systemer, hvor afgræssende dyr indgår som en væsentlig bestanddel.

Kvaliteten af de foreliggende data for samdyrkede arter har dog ikke været tilstrækkelig høj. Der er derfor iværksat indsamling af data for både kløvergræs og byg/ært. De indsamlede data for vækstforløbet i byg/ært ved forskellige niveauer for kvælstofomsætning i jor-

den viste, at konkurrence mellem arterne startede meget tidligt i vækstforløbet. Kvælstofniveauet påvirkede også den overjordiske konkurrence mellem arter gennem påvirkning af især bladarealet, der var relativt højere for byg ved de høje kvælstofniveauer.

Kvælstof er en af de væsentligste produktionsbegrænsende faktorer i økologisk jordbrug. Det er derfor afgørende at simuleringsmodellerne på realistisk vis kan beskrive udbytteresponsen af forskellige kvælstofniveauer, uanset om dette skyldes gødning eller anden forfrugtsvirkning. Der er gennemført en sammenligning af metoder til at beskrive denne respons. Simuleringsresultaterne er sammenlignet med data fra Danmark og USA for forløb af kvælstofoptag, bladareal og biomasse ved forskellige niveauer for N-gødsning, samt med data fra Danmark for udbytterespons på stigende mængder kvælstof i gødning. Resultaterne viser, at FASSET-modellen bedre end de fleste andre modeller kan beskrive effekten af kvælstofniveau på planteproduktion.

Effekten af kvælstof på planteproduktionen skyldes påvirkning på både afgrødens lysoptag og på lysudnyttelseseffektiviteten. Under konventionelle forhold vil påvirkningen af lysudnyttelseseffektiviteten oftest være meget ringe, men analyse af data fra forsøg under økologisk dyrkning viser, at denne variabel er af væsentlig betydning i økologisk jordbrug. FASSET-modellen beskriver effekten på begge faktorer tilfredsstillende og de målte effekter på lysudnyttelseseffektiviteten stemmer overens med parameterværdierne i modellen. FASSET-modellen kan derfor med nogen tillid anvendes også for økologisk dyrkning. Der mangler dog endnu en validering af FASSET-modellen mod data fra hele sædskifter. Denne del af projektet har måttet udskydes som følge af øget indsat i projektet til indsam-

ling af essentielle data til kalibrering af modellen.

### **Forekomst af Collembolarter og overfladelevende prædatorer i økologisk jordbrug**

Projektets mål var at indsamle viden til og opbygge en simuleringsmodel, der kan benyttes til at vurdere forekomsten af Collemboler og de mest betydende overfladelevende insektprædatorer i økologiske sædskifter. Modeludviklingen er blevet slået sammen med modeludviklingen på projekt IV.3, hvorved der er blevet udviklet en decideret fødenetsmodel, der omfatter hele jordbundens fødenet. Denne fødenetsmodel er blevet koblet sammen med afgrøde- og jordmodulerne fra FASSET (hovedmål 3). Der er herved opnået en meget omfattende model. Modellen er færdigprogrammeret og er klar til parameterisering, validering og brug i scenarieanalyser.

I den empiriske del er der blevet undersøgt hvilken kvalitet de mest almindeligt forekommende springhale har for to vigtige overfladelevende polyfage prædatorer, edderkoppen *Erigone atra* og løbebilleren *Bembidion lampros*. Resultaterne viste, at de fleste springhale var at begrænset fødekvalitet, men dog

brugbare, for *B. lampros*; og at den overflade-tilknyttede springhale *Isotoma anglicana* var af fremragende kvalitet for *E. atra*. Dette vil sige at mange springhale vil fremme forekomsten af *B. lampros*, og at en stor forekomst af *I. anglicana* vil fremme edderkoppebestanden betydeligt. Begge dele vil være af stor betydning for den naturlige bekæmpelse af skadedyr, især bladlus.

For at vide, hvad der fremmer de enkelte springhalearter blev det også undersøgt hvilke mikrosvampe de enkelte arter foretrækker som fødekilde. Resultater fra laboratoriet viste en generel præferens for *Alternaria*, *Cladosporium* og *Fusarium*. I markundersøgelser er der fundet korrelation imellem Collembolsamfundet og række faktorer, heriblandt tiden fra såning (dvs. vinter eller vårafgrøder), cellulolytiske svampe, actinomyceter, gærsvampe, porøsitet,  $K^+$  og sidst på sommeren sandindholdet.

Endelig er der under projektet foretaget undersøgelser af forekomsten af springhale og mider i grøngødede forsøgspareller. Disse undersøgelser viste tætheder på op til 120.000 springhale  $m^{-2}$  og 90.000 mider  $m^{-2}$ .

## **Publikationer**

### **Artikler i internationale tidsskrifter og bøger**

- Axelsen, J.A., Thorup-Kristensen, K. 2000. The collembola community in plots fertilized with different types of green manure. *Pedobiologia*, 44: 556-566.
- Bilde, T., Axelsen, J.A. & Tøft, S. 2000. Value of Collembola from agricultural soils as food for the carabid beetle *Bembidion lampros*. *Journal of Applied Ecology* 37: 672-683.
- Hansen, B., Kristensen, E.S., Grant, R., Høgh-Jensen, H., Simmelsgaard, S.E. & Olesen, J.E. 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems - a modelling approach. *European Journal of Agronomy* 13, 65-82.
- Jamieson, P.D., Berntsen, J., Ewert, F., Kimball, B.A., Olesen, J.E., Pinter, P.J. Jr, Porter, J.R. & Semenov, M.A. 2000. Modelling CO<sub>2</sub> effects on wheat with varying nitrogen supplies. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82, 27-37.

- Marcussen, B.M., Axelsen, J.A. & Toft, S. 1999. The value of two Collembola species as food for a Linyphiid spider. *Entomologia, Experimentalis et Applicata* 92, 29-36.
- Olesen, J.E., Berntsen, J., Hansen, E.M., Petersen, B.M. & Petersen, J. 2002. Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. *European Journal of Agronomy* 16, 279-296.
- Olesen, J.E., Petersen, B.M., Berntsen, J., Hansen, S. & Jamieson, P.D. Comparison of methods for simulating effects of nitrogen on green area index and dry matter growth in winter wheat. *Field Crops Research*, 74, 131-149.
- Petersen, H. 2000. Collembola populations in an organic crop rotation: Population dynamics and metabolism after conversion from clover-grass ley to spring barley. *Pedobiologia* 44, 556-566.
- Thomsen, I.K. & Olesen, J.E. C and N mineralization of composted and anaerobically stored ruminant manure in differently textured soils. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 135, 151-159.
- Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Schjøning, P., Jensen, B. & Christensen, B.T. Net mineralization of soil N and <sup>15</sup>N-ryegrass residues in differently textured soils of similar mineralogical composition. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 277-285.

#### **Indlæg ved internationale konferencer, seminarer mv.**

- Axelsen, J.A. 1998. The food value of five species of collembola for two epigeic polyphagous predators. *Nordic Soil Zoology Symposium, Lund Sverige 6 - 8 november, 1998.*
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Olesen, J.E., Hutchings, N. & Jacobsen, B.H. 1999. FASSET - An integrated economic and environmental farm simulation model. In M. Donatelli, C. Stockle, F. Villalobos & J.M.Villar Mir (red): *Proceedings of the International Symposium Modelling Cropping Systems, Lleida, 21-23 June 1999, Catalonia, Spain.* s. 45-56.
- Berntsen, J., Petersen, B.M. & Jacobsen, B.H. 1998. FASSET - An integrated economic and environmental farm simulation model. In J.E. Olesen (red): *Modelling crop growth and quality. NJF-seminar 289,* s. 22.
- Filser, J. & Krogh, P.H. 1998. Do different mesofauna communities affect the N-turnover in arable soils? *The 8th Nordic Workshop "Will soil animal ecology remain traditional, or?" Lund, Sweden, 6-8 November 1998.*
- Filser, J. & Krogh, P.H. 2000. Decomposer food web interactions in a microcosm experiment with arable soil. *XIII<sup>th</sup> International Colloquium on Soil Zoology, 14 - 18 August 2000, České Budějovice, Czech Republic.*
- Hutchings, N., Berntsen, J. & Petersen, B.M. 1998. Grazed grass/clover pasture: Modelling production and nitrate leaching. In J.E. Olesen (red): *Modelling crop growth and quality. NJF-seminar 289,* s. 10.
- Jacobsen, B.H., Olesen, J.E., Petersen, B.M., Berntsen, J. & Boye, C. 1998. FASSET - A dynamic whole farm simulation model. In H. van Keulen, E.A. Lantinga & H.H. van Laar (eds): *Proceedings of an International Workshop on Mixed Farming Systems in Europe, Dron-*



ten/Wageningen, The Netherlands, 25-28 May 1998. Ir. A.P. Minderhoudhoeve-series no. 2, 217-223.

Krogh, P.H. & Filser, J. 1998. The influence of soil fauna on plant available N with special respect to collembola leagues. Indlæg ved INTECOL VII International congress of ecology Firenze 19-25 July 1998.

Krogh, P.H. & Filser, J. 2000. The impact of food web complexity and collembolan leagues on nitrogen turnover during barley growth. XIII<sup>th</sup> International Colloquium on Soil Zoology, 14 - 18 August 2000, České Budějovice, Czech Republic.

Petersen, H. 1998. Ecology of Collembola in conventional and organic farming systems. Foredrag ved Vth International Seminar on Apterygota. Córdoba, Spanien. September 1998.

### **Indlæg ved nationale konferencer, seminarer mv.**

Axelsen, J.A. 1999. Biologisk aktivitet i dyrkningslaget set i relation til jordbearbejdning. Indlæg på LØJ-Seminar: Jordbearbejdning og jordfrugtbarhed, 27 september 1999.

### **Rapporter mv.**

Andersen, S.B. 1997. Effekten af biotiske og abiotiske faktorer på Collembol-samfundet i forskellige jorde, med og uden tilsætning af kobber. Speciale, Odense Universitet.

Christensen, O.M. & Mather, J.G. 1997. Regnorme som øko-ingeniører i jordbruget: fra konventionel til økologisk jordbrug. SP-rapport 15, 135-142.

Kristensen, E.S. & Olesen, J.E. (red.) 1998. Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer. FØJO rapport 2.

Møller-Marcussen, B. 1997. Værdien af to Collembolarter som føde for en tæppespindende edderkop. Speciale, Århus Universitet.

Petersen, H. & Gjelstrup, P. 1997. Jordbundsfaunaens betydning i økologisk jordbrug. - SP-rapport 15, 125-133.

### **Populærvidenskabelige artikler**

Axelsen, J.A., Marcussen, B.M., Andersen, S.B., Bilde, T., Elmholt, S., Debosz, K. & Thorup-Kristensen K. 1999. Sammenhænge imellem jordens frugtbarhed, springhaler og overfladelevende prædatorer i økologisk jordbrug. Miljøforskning, 39, 15 - 20.

Eriksen, J., Olesen, J.E. & Hansen, B. 1999. Hvordan kan kvælstofudvaskningen reduceres. Effektivt Landbrug nr. 22, 47-49.

Hansen, B., Kristensen, E.S. & Olesen, J.E. 1998. Kvælstofbalancen i økologisk jordbrug. Jord og Viden 13/1998, 24-27.

## 9.6 Grønsager

### *Projektnummer og titel*

II.2 Grønsager

### *Projektleder*

Kristian Thorup-Kristensen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afdeling for Vegetabilsk Fødevarer  
Forskningscenter Årslev  
Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev  
Tlf.: 6599 1766, Fax: 6599 2598  
E-mail: [Kristian.ThorupKristensen@agrsci.dk](mailto:Kristian.ThorupKristensen@agrsci.dk)

### *Projektdelegerede*

Kai Grevsen, Lars Bødker og Bo Melander,  
Danmarks JordbrugsForskning

Projektets mål var at bidrage til forbedrede muligheder for økologisk grønsagsproduktion i Danmark. På den baggrund var der udvalgt en række væsentlige problemstillinger for produktionen.

På bedrifter med en betydelig andel grønsager eller andre salgsafgrøder i sædskiftet vil kvælstofforsyningen blive et problem. Derfor er der gennemført praktiske undersøgelser af, hvordan efterafgrøder kan indpasses i sent høstede grønsagsafgrøder. Der er endvidere gennemført undersøgelser af, hvordan forskellige grøngødningsafgrøder påvirker systemets samlede kvælstofbudget og timingen af kvælstofforsyningen. Formålet er at give avlerne et bedre grundlag for at vælge grøngødningsafgrøder, der på en gang kan reducere udvaskningstabene og sikre en god eftervirkning.

Hurtig etablering er vigtig i økologisk jordbrug for at fremme kulturplanternes tolerance over for sygdomme og skadedyr og mulighederne for effektiv ukrudtsbekæmpelse. Meto-

der til at fremme grønsagernes etablering og tidlige vækst er blevet undersøgt. Håndlugning betyder meget store omkostninger i mange økologiske grønsagskulturer, og metoder, der kan reducere omkostningerne ved at forebygge eller bekæmpe ukrudt, især i afgrøderækkerne, undersøges. Der gennemføres forsøg, hvor metoder til at fremme planteetablering kombineres med ukrudtsbekæmpelsesmetoder, for at udvikle samlede strategier til reduktion af ukrudtsproblemet.

Endelig er det undersøgt, hvordan efterafgrøder kan anvendes til at forebygge udbredelsen af jordbårne sygdomme. Forsøgene gennemføres som markforsøg på smittede arealer, hvor de praktiske muligheder og resultater kan undersøges. Jord- og planteprov fra markforsøgene bruges til studier af nogle af de mekanismer, der er ansvarlige for sygdomshæmningen, for at få en bedre forståelse og anvendelighed af resultaterne.

## Sammendrag

I det følgende er der et kort sammendrag af resultaterne fra de fire delprojekter, som blev gennemført i projektet.

### **Grøngødning og efterafgrøder**

Mangel på N er en af de vigtigste faktorer der begrænser udviklingen af økologisk grønsagsproduktion og planteproduktion generelt. Vi har arbejdet med efterafgrøder og grøngødning der etableres efter høst af en hovedafgrøde. Vi fandt at grøngødning der blev etableret sidst på sommeren kan bidrage med betydelige mængder N til den følgende afgrøde, og forbedre dybdefordelingen af det tilgængelige N i jorden. Den forbedrede dybdefordeling var specielt værdifuld forud for afgrøder

som løg og salat der har overfladisk rod-system. Måling af rodvækst på 5 grønsagsarter viste meget forskellige rodvækstrater. Rod-dybden ved høst varierede fra kun 25 cm for løg til 100 cm for gulerod og tidlig kål; forskelle som er vigtige for optimal placering af grønsagsarterne i et sædskifte.

Også imellem efterafgrøder viste der sig at være store forskelle i rodvækst. De korsblomstrede arter havde den dybeste rodvækst, og de var i stand til at udnytte dybe jordlag, under 100 cm dybde, som andre efterafgrøder ikke kunne nå. Forskelle i rodvækst er afgørende for de forskellige efterafgrøders evne til at udtømme jorden og reducere N udvaskning.

### **Konservesærter**

Konservesærter er en vigtig grønsagsafgrøde i Danmark. I økologisk dyrkning er ukrudt et alvorligt problem, men ukrudtet kan ikke bekæmpes med de metoder der bruges i andre grønsagsafgrøder. Vi har undersøgt mulighederne for at øge ærteafgrødens konkurrenceevne overfor ukrudt ved at øge plantetætheden og ved at vælge sorter med høj konkurrenceevne. Forøgelse af plantetætheden havde en klar effekt på konkurrenceevnen, og vi fandt signifikante forskelle imellem sorterne. Sorter med hurtig tilvækst i starten havde den bedste konkurrenceevne. I praksis betyder det at sorter med store frø og normal bladtype ser ud til at være de bedst egnede til økologisk dyrkning.

### **Ukrudtsbekæmpelse**

Håndlugning er meget omkostningskrævende i økologisk grønsagsproduktion. Problemet er størst i afgrøder med langsom etablering og lav konkurrenceevne. Vi har derfor undersøgt

metoder til ukrudts-bekæmpelse i løg og porre. Målet var at finde optimale kombinationer af metoder til fysisk ukrudts-bekæmpelse, så der efterlades mindst muligt ukrudt afgrøderækkerne. Metoder som frø-priming og gødningsplacering, der kan øge afgrødens konkurrenceevne viste ikke nogen effekt på ukrudts-bekæmpelsen. Optimale kombinationer af flammebehandling, radrensning, ukrudtsstrigling eller børsterensning reducerede antallet af ukrudtsplanter der blev efterladt i rækkerne med fra 40% til 90%, og det viste sig at tidsforbruget til håndlugning blev reduceret tilsvarende.

### **Sædskiftesygdomme**

Bælgplanter er vigtige afgrøder i økologisk dyrkning, da de er afgørende for N forsyningen i dyrknings-systemet. En af de faktorer der begrænser dyrkningen af bælgplanter er sædskiftesygdomme, især ærter er følsomme. Vi har undersøgt muligheden for at reducere problemerne med rodsygdomme på ærter ved at dyrke efterafgrøder. Generel reducerede efterafgrøder koloniseringen af ærternes rod-system med *Aphanomyces euteiches* og forekomsten af rodsygdomme generelt. Samtidig blev koloniseringen med de gavnlige mycorrhizasvampe blev øget. Dette blev endda fundet efter korsblomstrede efterafgrøder som ikke opformerer mycorrhiza i jorden.

Resultaterne resultat bekræfter at efterafgrøder kan reducere forekomsten af sædskiftesygdomme. Resultaterne viser dog samtidig, at vi ikke kender nok til de sygdomshæmmende mekanismer til at vi kan rådgive om hvilke arter af efterafgrøder og hvilken dyrkningsmetode der kan forventes at give den bedste effekt.

## Publikationer

### Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Axelsen, J.A. & Thorup-Kristensen, K. 2000 Collembola and mites in plots fertilised with different types of green manure. Accepted by *Pedobiologia* 44, 556-566.
- Eriksen, J. & Thorup-Kristensen, K. 2002. The effect of catch crops on sulphate leaching and availability of S in the succeeding crop. *Agric. Ecosyst. and Environment* 90, 247-254.
- Larsen, J., Mansfeld-Giese, K. & L. Bødker 1999. Quantification of *Aphanomyces euteiches* in pea roots by the use of fatty acid signatures (Accepted for *Mycological Research*).
- Thorup-Kristensen, K. & 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.
- Thorup-Kristensen, K. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their effect on nitrogen leaching losses? *Plant and Soil* 230, 185-195.

### Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

- Bødker, L. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Effect of green manure crops on root rot and arbuscular mycorrhizal fungi in pea roots. 337-344. 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.*
- Bødker, L. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Effekt af efterafgrøder på angreb af ærterodrød og kolonisation af mycorrhizasvampe i ærterødder (Effect of green manure crops on root rot and arbuscular mycorrhizal fungi in pea roots. I: DJF rapport nr. 10, 16. Danske Planteværnskonference, pp 65-70.
- Eriksen, J., Askegaard, M., Olesen, J.E. & Thorup-Kristensen, K. 1999. The sulphur balance of organic crop rotations in Denmark. 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 251-256.
- Jensen, L.S., Müller, T., Eriksen, J., Thorup-Kristensen, K. & Magid, J. 1999. Simulation of plant production and N fluxes in organic farming systems with the soil-plant. 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 235-248.
- Magid, J., Henriksen, O., Thorup-Kristensen, K. & Müller, T. 2001. Decoupled C and N cycling at low temperatures - implications for green manure efficiency in temperate agro-ecosystems. *Plant and Soil*, 228: 73-82 (<<http://www.wkap.nl/oasis.htm/275952>>).
- Melander, B. & Jensen, R.K. 1998. Perspectives and reality about physical weed control in row crops. Abstract. 3rd EWRS Workshop on Physical Weed Control, Wye College, UK, 23-25 March, 1998, <http://www.microtec.net/~clodan/workshop.htm>.
- Melander, B. 1998. Economic Aspects of Physical Intra-Row Weed Control in Seeded Onions. Proceedings of the 12th International IFOAM Scientific Conference, Mar del Plata, 180-185.

- Mueller, T., Thorup-Kristensen, K., Stoumann Jensen, L. & Magid, J. 1998. The decomposition of green manure and catch crop residues in soils from organic farming. Poster presented at the 16th World Congress of Soil Science, 20. - 26. August 1998 in Montpellier.
- Thorup-Kristensen, K & Sørensen, J.N. 1998 Root growth and soil nitrogen depletion by vegetable crops. In: Proceedings of the Workshop Nitrogen use Efficiency in intensive cropping systems, ed.: Alt, K. Hannover, pp 39-42.
- Thorup-Kristensen, K. 1997. Anvendelse af grøngødning og efterafgrøder. I: Ed. Kristensen, E.S. Økologisk Planteproduktion, SP-rapport nr 15,47-62.
- Thorup-Kristensen, K. 1997. Root growth of nitrogen catch crops. In: Long term reduction of nitrate leaching by cover crops, Seconc progress report of EU concerted action (AIR3) 2108, ed.: Schröder J.J., Wageningen, pp. 147-154.
- Thorup-Kristensen, K., Müller, T. & Magid, J. 1997. Cover crops and nitrogen management - exploring limitations and the applicability of the DAISY model. In: Long term reduction of nitrate leaching by cover crops, Seconc progress report of EU concerted action (AIR3) 2108, ed.: Schröder J.J., Wageningen, pp. 207-216.

### **Faglige artikler**

- Axelsen, J.A., Marcussen, B.M., Andersen, S.B., Bilde, T., Elmholt, S., Debosz, K. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Sammenhænge imellem jordens frugtbarhed, springhaler og overfladelevende prædatorer i økologisk jordbrug. *Miljøforskning* 39, 15-20.
- Bødker, L. 2000. Rødsygdomme på ært - kan problemet undgås? Seminar om planteværn 2000. Landbrugsagrøder. Landbrugets Rådgivningscenter. Landskontoret for Planteavl, Skejby. 31-33.
- Melander, B. & Hartvig, P. 1998. Helt tæt på rækken. *Økologisk Jordbrug* 24 april, 7.
- Melander, B. & Willumsen, J. 2000. Strigling i løg og porre. *Økologisk Jordbrug*, (uge 14).
- Melander, B. 1999. Brænder og radrenser holder såporrer rene. *Økologisk Jordbrug* 9 april 1999, 8-9.
- Melander, B., Korsgaard, M. & Willumsen, J. 1999. Resultater og erfaringer med ukrudtsbekæmpelse i økologiske frilandsgrønsager. 16. Danske Planteværnskonference / Plantebeskyttelse i økologisk jordbrug / Sygdomme og skadedyr, 85-95.
- Østergaard, H.S., Tersbøl, M. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Efterafgrøder, effekt på nitratudvaskning og kvælstofforsyning. Landskontoret for Planteavl, Skejby, December 1999, pp 14.
- Rasmussen, K., Melander, B., Rasmussen, J. & Rasmussen, I.A. 1998. Kapitel 4. Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse. "Ukrudtsbekæmpelse i landbruget", Danmarks Jordbrugsforskning 3. udgave 1998, 191-212.
- Tersbøl, M., Østergaard, H. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Efterafgrøder kan hente masser af kvælstof, *Landsbladet Mark*, nr 3 1999 side 22-24.
- Tersbøl, M., Østergaard, H. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Sådan får du mest ud af efterafgrøden, *Landsbladet Mark*, nr. 3 1999 side 25.
- Thorup-Kristensen, K. 1998. Miljøkrav med perspektiv. *Agrologisk* 16(12), 23-24.

- Thorup-Kristensen, K. 1998. Nedmuld efterafgrøde i foråret på sandjord, Landsbladet Mark, nr. 7 1998 side 18-19 (juli 1998).
- Thorup-Kristensen, K. 1998. Planternes rødder kan fange kvælstof, Økologisk Jordbrug 18(175), 8.
- Thorup-Kristensen, K. 1999. Efterafgrøder i grønsagsdyrkning. Grønne Fag, 4, 11.
- Thorup-Kristensen, K. 1999. Økologisk grønsagsproduktion uden kvælstofimport. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden nr. 7, 8-9.
- Thorup-Kristensen, K., Bødker, L., Grevsen, K. & Melander, B. 1999. Forskning for at løse problemer i grønsagsdyrkning. Forskningsnytt om økologisk jordbrug i Norden. Forskning i økologiske grønsager. 1999(5): 8-12.
- Thorup-Kristensen, K., Grevsen, K., Melander, B. & Bødker, L. 1998. Forskning i økologiske grønsager. Jordbrugsforskning 2(5), 4-8.
- Thorup-Kristensen, K., Grevsen, K., Melander, B. & Bødker, L. 1998. Forskning i økologiske grønsager. Jordbrugsforskning 2(5), 4-8.
- Østergaard, H.S., Tersbøl, M. & Thorup-Kristensen, K. 1999. Efterafgrøder - effekt på nitratudvaskning og kvælstofforsyning. <http://www.lr.dk/planteavl/diverse/lpk07-151-efterafgrder.htm>

## 9.7 Kartoffler - kvalitetsaspekter

### *Projektnummer og titel*

II.3 Kartoffler – kvalitetsaspekter

### *Projektleder*

Jens Peter Mølgaard  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afd. for Plantevækst og Jord  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf.: 8999 1840, Fax: 8999 1839  
E-mail: [JensP.Molgaard@agrsci.dk](mailto:JensP.Molgaard@agrsci.dk)

### *Projektdeleger*

Gunnar Mikkelsen og Søren Holm, Danmarks  
JordbrugsForskning

Ved produktion af økologiske kartofler opstår der ofte kvalitetsproblemer i forbindelse med næringsstofforsyning og rodfiltsvamp. Kartoffler har behov for kvælstof i en forholdsvis begrænset del af vækstsæsonen. Selv en mindre overforsyning med kvælstof først og/eller sidst i vækstsæsonen har uheldige virkninger. Af hensyn til en række kvalitetsparametre er en tilstrækkelig forsyning med kalium af stor betydning. Rodfiltsvamp trives godt i økologiske jorde på grund af den store mængde organisk stof. Typen, niveauet og fordelingen af det organiske stof har imidlertid stor indflydelse på skadevirkningen. Mere viden om disse centrale faktorer er afgørende for at opnå et godt resultat med økologisk dyrkede kartofler.

Formålet med projektet var at anviser metoder til at opnå en stabil produktion af økologiske kvalitetskartofler, specielt med henblik på at sikre næringsstofforsyningen og minimere angreb af rodfiltsvamp. Udgangspunktet for forsøgene var fem forskellige bedriftssystemer: To gødningsniveauer med gylle, to gød-

ningsniveauer med dybstrøelse og et rent plantebrug. I de forskellige bedriftssystemer gennemførtes en række praktiske tiltag: Nedpløjning af gødning/tallerkenharvning/ nedfældning af gylle før lægning, gradvis hypning/kamformning ved lægning, jordløsning med henblik på frigørelse af næringsstoffer, komposteret/frisk dybstrøelse. De forskellige bedriftssystemer og manipulationer havde effekt på frigivelse og timing af næringsstoffer, effekt på angreb af rodfiltsvamp og påvirker kartoflernes kvalitet. Kvalitetsanalyser, udbytter og jordanalyser blev lagt til grund for sammenligninger af systemer og forsøgsbehandlinger. Et antal sorter blev afprøvet i økologisk dyrkning, kvalitets- og resistensegenskaberne blev analyseret. Der gennemførtes forsøg, dels i de økologiske sædskifter ved henholdsvis Jydevad og Foulum, dels hos økologiske avlere.

### **Sammendrag**

Prøvekogningerne har vist, at der kan opnås kartofler af virkelig fin kvalitet ved anvendelse af frisk eller komposteret dybstrøelse. Smagen af kartoflerne ikke er så god, når der er gødet med gylle. Der er dog ikke tale om, at de smager direkte dårligt, men det højere udbytte og lavere tørstofindhold bevirker, at smagen bliver "fortyndet". Der er også forhøjet nitratindhold og øget tendens til mørkfarvning efter kogning, når der gødes med gylle.

Nedfældning af gylle før lægning resulterede i et højere udbytte såvel totalt som i skrællestørrelsen.

Angrebene af rodfiltsvamp har været meget svage tre af de fire forsøgsår. Forsøgene har på dette punkt en ret begrænset udsagnskraft. Der

var dog som forventet en tendens til stærkere angreb ved brug af dybstrøelse i sammenligning med gylle. Placeringen af gødningen (nedharvning/pløjning) syntes at have betydning for angreb, denne hypotese undersøges i et nyere projekt.

Angreb af skurv på kartoflerne er stærkest ved anvendelse af gylle. Hvor ukrudtsbekæmpelsen er gennemført ved gradvis hypning af kartoflerne er der opnået en skurv-reducerende effekt. Denne behandling har samtidig reduceret antallet af grønne knolde og givet et større udbytte af salgskartofler (40-65 mm) end normalbehandlingen (harvning-hypning). Årsagen til

det forbedrede udbytte er formentlig den lidt tidligere fremspiring, der opnås.

Sortsforsøget har omfattet i alt ti spisesorter. Der er konstateret forskelle i sorterens udbyttepotentiale og resistens overfor kartoffelskimmel. Endvidere foreligger resultater af en række kvalitetsanalyser af sorterne. Flere af de afprøvede sorter har så mange gode egenskaber, at der skønnes at være basis for en kommerciel dyrkning i betragteligt omfang. Den aktuelt dominerende sort, Sava vil dog fortsat have et stort marked grundet den fine spisekvalitet.

## Publikationer

### Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

Mølgaard, J.P. 1997. Organic Potato Production – Quality aspects. A danish Research Project. Joint Agronomy-Utilization Conference of the European Association for Potato Research (EAPR), Abstract of papers, 21-22.

Mølgaard, J.P., Mikkelsen, G. & Holm, S. 1999. Effects of different types of animal manure on the quality of organically grown potatoes. 14th triennial conference of the European Association for Potato Research (EAPR), Sorrento, Italy, Abstracts, 341-342.

Mølgaard, J.P. & Holm, S. 1999. Does common scab on emerging sprouts reduce yield? 14th triennial conference of the European Association for Potato Research (EAPR), Sorrento, Italy, Abstracts, 521-522.

Mølgaard, J.P., Mikkelsen, G. & Holm, S. 2000. Quality of organic potatoes. Proceedings 13th. International IFOAM Scientific Conference, 28-31 August, Convention Center Basel, 300.

Thybo, A.K., Mølgaard J.P. & Kidmose, U. 2002. Effect of different organic growing conditions on quality of cooked potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 12-18.

### Faglige artikler

Mølgaard, J.P. 1997. Dansk projekt satser på kvalitetskartofler. *Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden* nr. 4/1997, 14.

Mølgaard, J.P., Holm, S., Mikkelsen, G. & Thomsen, H. 1997. Produktion af kartofler. I: *Økologisk planteproduktion*. SP-rapport nr. 15, 91-99.

Holm, S. 1998. Sygdomme spiller en stor rolle i økologisk kartoffeldyrkning. *Kartoffelproduktion* 1998/5: 12-16.



- Mikkelsen, G. 1998. Økologisk kartoffeldyrkning – ukrudtskontrol. Kartoffelproduktion 1998/5: 4-6.
- Mølgaard, J.P. 1998. Kartoffler på en ny måde – nye anbefalinger til gødskning og ukrudtsbekæmpelse i økologiske kartofler. Økologisk Jordbrug 18(169): 9.
- Mølgaard, J.P. 1998. Økologisk kartoffeldyrkning – gødskning og kvalitet. Kartoffelproduktion 1998/5: 8-10.
- Mølgaard, J.P. 1999. Økologisk kartoffeldyrkning i Danmark – status og forsøg. Grønn forskning (Planteforsk, Norsk institutt for planteforskning) 2/99: 61-65.
- Mølgaard, J.P. 1999. Kartoffler og kvalitet. Økologisk Jordbrug 19 (201): 13.

## 9.8 Korn og bælgssæd

### *Projektnummer og titel*

Projekt II.4 Korn- og bælgssæd

### *Projektleder*

Ilse A. Rasmussen

Danmarks JordbrugsForskning

Afd. for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse

Tlf.: 5358 6300, Fax: 5358 6371

E-mail: [IlseA.Rasmussen@agrsci.dk](mailto:IlseA.Rasmussen@agrsci.dk)

### *Projektledere*

Rikke Klith Jensen, Lars Monrad Hansen, Johannes Ravn Jørgensen, Bent J. Nielsen, Karsten Rasmussen, Kirsten Brandt og Rikke Nørbæk, Danmarks JordbrugsForskning  
Anders Borgen, Bjarne Jørnsgård & Jakob Weiner, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Hanne Østergård, Forskningscenter Risø

Projektet tog udgangspunkt i ønsket om at øge den økologiske produktion af korn- og bælgssæd til modenhed. I projektet blev der arbejdet med effektivisering af dyrkningsteknikker på markniveau, dyrkningsstrategier på sædskifteniveau, og endelig med sædskifteforsøg for at belyse betydningen af øgede mængder korn- og bælgssæd i sædskiftet. Projektet indeholdt en række delprojekter, som blev kategoriseret i 4 hovedtemaer:

- 1) ukrudts-, sygdoms- og skadedyrsregulering
- 2) afgrødernes næringsstofforsyning
- 3) arts- og sortsvalg specielt i relation til kvalitet

På ukrudtsområdet blev der gennemført forsøg med ukrudtsbekæmpelse i udlægsmarker, udnyttelse af samspilseffekten mellem ukrudtsregulering og forbedret gødningsud-

nyttelse ved placeret gyllenedfældning samt udvikling af reguleringsstrategier, der enten var rettet mod den enkelte mark eller sædskiftet som helhed.

På plantesygdomsområdet blev indsatsen koncentreret om de udsædsbårne sygdomme, hvedens stinkbrand og rugens stængelbrand. Der blev gennemført forsøg med direkte bekæmpelse med bejdsemidler baseret på plan-teudtræk, og hvedesorter blev screenet for resistens mod hvedens stinkbrand.

På skadedyrsområdet var indsatsen koncentreret om bedeblandlus i hestebønne, hvor der arbejdes med udvælgelse af sorter, der har dårlige værtsplanteegenskaber over for bedeblandlus.

Med hensyn til arts- og sortsvalg i relation til kvalitative aspekter blev der arbejdet, dels med den ernæringsmæssige kvalitet og dels med antioxidanter. Antioxidanterne menes at have en række positive effekter på menneskets sundhed, og samtidig menes de at have betydning for planters evne til at afvise svampeangreb. Med hensyn til arts- og sortsvalg fokuserede man specielt på lupin, nøgen havre og vårbyg.

## Sammendrag af resultater

### **Del 1a – Ukrudt**

*I – Metoder til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i korn- og bælgssædsmarker med og uden udlæg*

Ukrudtsbekæmpelse inden såning af udlæg betyder, at udlæggets såtidspunktet forsinkes med risiko for et dårligt etableret udlæg i tørre år. Ved at etablere udlæg og korn i samme række sikres dels etableringstidspunktet, dels muligheden for at foretage en ukrudtsbekæmpelse efter udlæggets fremspiring. Kornet be-

skytter herved udlægget mod ukrudtsharvning, og etableres korn og udlæg i samme række på 24 cm er det muligt at foretage en effektiv radrensning uden at udlægget skades. Er ukrudtsmængden på marken lav, bør ukrudtsbekæmpelsen helt undlades, da bekæmpelse altid vil rumme en risiko for skade. Udlægget bør i stedet have de bedste etableringsbetingelser.

Lupiner tåler såvel blindharvning som ukrudtsharvning og radrensning, så længe de ikke rykkes op af jorden. Lupiner har vist sig, at være meget tolerante overfor meget høje harveintensiteter. En afgrødetildækning på 80% gav, sammenlignet med ubehandlet, ikke nogen forskel i udbytte. Den bedste ukrudtsbekæmpelse blev opnået ved en rækkeafstand på 24 cm og en kombination af ukrudtsharvning og radrensning, hvor bekæmpelseeffekten var på 96%. Ved et højt ukrudtstryk konkurrerer den smalbladede lupin dårligere mod ukrudt, end den gule lupin.

#### *II – Samspil mellem ukrudtsbekæmpelse og gødningsplacering*

Nedfældning af gylle forbedrede den tidlige vækst i vårbyg og den senere vækst i nøgen havre i forhold til slangeudlægning. I begge afgrøder blev udbyttepotentialet forbedret med 15-35 %. Nedfældning reducerede ukrudtsmængden i byg med op til 50%, men havde mindre effekt på ukrudtsmængden i nøgen havre. Nedfældning forbedrede i visse tilfælde effekten af ukrudtsharvning og reducerede skaden på afgrøden.

#### *III - Rækkeafstand, rækkearkitektur og udsædsmængde*

Der var 30% mindre ukrudtsbiomasse ved udsåning af vårhvede i et regelmæssigt mønster kontra rækkesåning, og i kombination med høj udsædsmængde var ukrudtsbiomassen 60% mindre og udbyttet 60% højere end ved "normal praksis". Der er stor forskel på

sorternes evne til at undertrykke ukrudt ved udsåning i et regelmæssigt mønster, og dette ses tydeligst ved meget høje afgrødetætheder (> 700 kerner pr. m<sup>2</sup>).

#### *IV – Udvikling af ukrudtsreguleringsstrategier.*

Der er udarbejdet et review over forebyggelse og regulering af ukrudt i økologisk planteproduktion. Der er afholdt en workshop om plantebeskyttelse i økologisk jordbrug. Sen såning af vinterhvede reducerer udbyttet under ukrudtsfrie forhold, men sen såning reducerer samtidig ukrudtsfremspiringen. Ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse og højt ukrudtstryk blev ukrudtsmængden reduceret ved senere såning. Falsk såbed så ikke ud til at have en effekt på ukrudt eller udbyttet, men kan have effekt på ukrudtsfrøpuljen på længere sigt. Ved højt ukrudtstryk er stor rækkeafstand og radrensning kombineret med ukrudtsharvning mest effektivt, men ved lavt ukrudtstryk må normal rækkeafstand og ukrudtsharvning foretrækkes.

#### **Del 1b – Sygdomsregulering**

##### *I – Udvikling af direkte bekæmpelsesmetoder af hvedens stinkbrand med planteekstrakter og analyse af infektionsniveau i kornprøver af hvedens stinkbrand og rugens stængelbrand*

Jordsmitte af stink- og muligvis også stængelbrand kan forekomme i hvert fald op til 5 år efter sidste inficerede afgrøde i marken. Bejdsning med sennepsmel mod såvel stink- som stængelbrand giver en god bekæmpelseeffekt (> 95%) uden målelig negativ påvirkning af frøenes spireevne, mens der ved bejdsning med mælkepulver forekommer en negativ effekt på spirehastigheden, uden at der derfor altid er en god bekæmpelseeffekt. En række mikrobiologiske bejdsmidler har vist et potentiale for bekæmpelse, og for en del af disse forbedres effekten ved kombination med mælkepulver. Den skadetærskel, der er for stinkbrandsporer i udsæd, bør ikke hæves, men bør tværtimod anvendes på de tidlige

frem-avlsgenerationer for at hindre en tidlig opformering af sygdommen. Skadetærskelen for stængelbrand kan derimod muligvis hæves. Resistensforhold bør dog inddrages. Forholdene omkring såning er af stor betydning for udvikling af sygdommene, og for begges vedkommende gælder, at sen såning reducerer sygdommens udvikling. Et alternativ kan være meget tidlig såning – som udlæg i en vårsæd-safgrøde.

#### *II – Resistente sorter mod hvedens stinkbrand*

Anvendelse af resistente sorter er vigtig i en vedvarende, integreret bekæmpelsespraksis, men hidtil har der ikke været kendskab til resistensforholdene i danske sorter. Der er nu etableret et screeningsprogram for stinkbrand under markforhold med kunstig smitte af testpopulationer, udvalgt blandt 50 forskellige prøver af stinkbrand fra forskellige egne af landet. Resultaterne viser, at de fleste sorter på den danske sortliste er modtagelige for stinkbrand. En gruppe er dog moderat modtagelig, og nogle få sorter har høj resistens. De svenske sorter Tjelvar og Stava, der er testet over flere år, må betragtes som højresistente, mens der i sorterne Trintella og Aspect kun blev fundet svage angreb. Med de opnåede resultater er der bedre muligheder for at anvise sorter til økologisk dyrkning, hvor resistensen udnyttes enten alene eller integreret med andre, egnede bekæmpelsesforanstaltninger. Perspektiverne for videre forædling ser også lovende ud.

### **Del 1c – Skadedyrsregulering**

#### *Regulering af bedebbladlus i hesteønne ved hjælp af sorter med ringe værtsplanteegenskaber*

Kun for én ud af tre sorter var der samhørighed mellem klimakammer- og minivæksthustest på den ene side, og marktest på

den anden side. Marktest er derfor nødvendigt for at få et mere præcist billede af sorterens egenskaber over for bedebbladlus. Sorten Caspar kunne dyrkes uden store angreb af bedebbladlus, mens Colombo og til dels også Quattro, blev udsat for væsentlige angreb af bedebbladlus.

### **Del 3 – Arts- og sortsvalg i relation til kvalitet og udbytte**

#### *I – Udvalgelse og afprøvning af genotyper af lupin.*

Blå lupin er generelt mere termoneutral og tidligere end gul, der tillige er meget modtagelig for den frøbårne sygdom anthracnose. Hurtig udvikling til blomstring og reduceret sideskudsdannelse er nødvendigt for rettidig afmodning. Udbyttet af udvalgte sorter, især uforgrenede, lå mellem 3.1 og 4.9 tons/ha. Helsædsensilage af samdyrket lupin og byg er en god proteinkilde, energitilgængeligheden og fordøjeligheden er dog svagt dårligere end for byg-helsæd.

#### *II – Nøgen havres evne til at producere protein og essentielle aminosyrer*

Udbyttene i nøgen havre er lavere end i almindelig havre, men kvaliteten af nøgen havre er betydeligt bedre.

#### *III – Byg- og nøgne havresorters indhold af antioxidanter under varierende dyrkningsforhold*

Der er gennemført metodeudvikling til bestemmelse af fenoliske stoffer. Der er fundet 15 fenoliske stoffer i bygblade, heraf 2 fenoliske syrer og 13 flavonoider. 8 af disse er oprenset og strukturerne er bestemt. Ét af disse var et helt nyt stof, der ikke tidligere er fundet, 3 var tidligere fundet i byg, 3 var tidligere fundet i andre græsser, og ét var tidligere fundet i tokimbladede.

## Publikationer

### Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Borgen, A. 2000. Perennial survival of common bunt (*Tilletia tritici*) in soil under modern farming practice. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 107(2):182-188.
- Borgen, A. & M.Davanlou 2000. Biological control of common bunt (*Tilletia tritici*) in organic farming. *Journal of Crop Production* 3(5):159-174.
- Borgen, A. & Davanlou, M. 2000. Biological control of common bunt (*Tilletia tritici*) in organic farming. In: "Nature Farming and Microbial Applications", Ed: H.L. Xu, J. F. Parr and H. Umemura. Haworth Press Inc., New York, 159-174.
- Jørgensen, J.R. (submitted). Effect of manure-N on grain yield and chemical composition of organically grown naked oats (*Avena sativa* var. *nuda* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Nørbæk, R., Folsted, D., Bleeg, I.S., Brandt, K. & Kondo, T. Flavone C-glycosides, phenolic acids and nitrogen content in leaves of barley subject to organic fertilization treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (In press).
- Nørbæk, R., Brandt, K. & Kondo, T. 2000. Identification of flavone C-glycosides including a new flavonoid chromophore from barley leaves (*Hordeum vulgare* L.) by improved NMR techniques. *J. Agric. Food Chem.* 48(5), 1703-1707.
- Rasmussen, I.A. (submitted). The effect of sowing strategy, row distance and mechanical weed control on weeds and yield in organic winter wheat. *Weed Research*.
- Rasmussen, K. 2002. Influence of liquid manure application method on weed control in spring cereals. *Weed Research* 42, 287-298.
- Schwinning, S. & Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size-asymmetry in competition among plants. *Oecologia* 113, 447-455.
- Weiner, J., Griepentrog, H.-W. & Kristensen, L. 2001. Suppression of weeds by spring wheat (*Triticum aestivum*) increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38, 784-790.

### Indlæg ved konferencer, kongresser m.m.

- Borgen, A. 2001. Organic seed treatment in control of hill bunt in wheat. Proceedings of the International Conference of Nature Farming and ecological balance 7-10 March in Hisar, India. Page 1.
- Borgen, A. 2000. Winter cereals under-sown in spring crops - an ecological way to reduce soil tillage. Proceedings from IFOAMs 13th International Scientific Conference, Basel 2000.
- Borgen, A. 1998. Research in organic agriculture - contribution to the illumination of the anatomy of scientific reductionism. Poster presentation at the 12th International Scientific Conference on Organic Farming. IFOAM, Argentina 1998.

- Borgen, A. 1998. Designing standards based on the fundamental principles of ecological plant protection. Abstract for the proceedings of the 12th International Scientific Conference on Organic Farming. IFOAM, Argentina 1998. p. 204-5.
- Borgen, A. 1998. Seed treatments in control of common bunt in ecological agriculture. Book of Abstracts, 12th International Scientific Conference on Organic Farming. IFOAM, Argentina 1998. p. 96.
- Borgen, A. 1997. Effects of seed treatments with EM in control of common bunt (*Tilletia tritici*). Proceedings of The 5th International Conference on Kyusei Nature Farming and EM technology. Bangkok 23-25/october 1997.
- Borgen, A. 1997. Markforsøg med flerårig overlevelse af stinkbrand (*Tilletia tritici*) i jord. Den 14. Danske Planteværnskonference. SP-rapport 8:113-120.
- Borgen, A & L. Kristensen 2001. Use of mustard flour and milk powder to control common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat and stem smut (*Urocystis occulta*) in rye in organic agriculture. In: Seed treatment - challenges and opportunities (ed. A.J.Biddle) BCPC symposium proceeding no. 76, p. 141-150.
- Borgen, A. og L. Kristensen 2000: Seed borne diseases - a challenge for organic cereal production. Proceedings from IFOAMs 13th International Scientific Conference, Basel 2000.
- Borgen, A., Kristensen, L. & Kølster, P. 1996. Common bunt (*Tilletia caries*): Regulation in organic farming. Organic Agriculture in Copenhagen August 1996 - Down to Earth and Further Afield. Book of abstracts, 11th IFOAM International Scientific Conference Copenhagen 11-15/8. 1996. p 139-140.
- Hansen, L.M. 2000. Effects of antibiosis in different varieties of faba bean (*Vicia faba*) to the black bean aphid (*Aphis fabae*) grown under organic conditions. Proceeding of the 13th International IFOAM Scientific conference, 110.
- Jensen, R.K. 2000. Mechanical weed control in lupin. Proceedings of the 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control. Elspeet, NL, 20-22 March, 2000. p 17, <http://www.ewrs-et.org/pwc/pdf/Elspeet.pdf>
- Jensen, R.K. & Melander, B. 1999. Mechanical weed control in spring barley with under sown grass clover ley. 11<sup>th</sup> EWRS Symposium Basel, p. 121.
- Jensen, R.K., Melander, B. & Callesen, N.H. 1999. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i lupiner. 16. Danske Planteværnskonference, DJF-rapport nr. 10, 97-106.
- Jensen, R.K., Melander, B. & Jørnsgård, B. 1998. Tolerance of lupin to mechanical weed control. 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legumes – Posters/abstract. Valladolid, Spain, p. 479.
- Jensen, R.K., Melander, B., Jørnsgård, B. & Callesen, N.H., 1999. Mechanical weed control in lupin. 9th International Lupin Conference 1999, Berlin, Germany. 127-128.
- Jørgensen, J.R. & Wollenweber, B. 2000. Effect of manure-N on nutritional value and digestibility of organic grown oats in Denmark. Sixth International Oat Conference "Why Oats?", Canterbury, New Zealand. 13-16 November 2000, 92-96.

- Keatinge, R. & Rasmussen, I. 1999. Application of a holistic interdisciplinary approach to laboratory and field experiments. In: Zanoli, R. & Krell, R. (eds.): Research methodologies in organic farming. First SREN workshop on research methodologies in organic farming, Frick, 30th Sept.- 3rd Oct, 1998. FAO REU technical series 58, 123-125.
- Kristensen, L, Borgen, A. & Kølster, P. 1996. Stinkbrandspores spredning via mejetærskere.13. Danske Planteværnskonference. SP-rapport 4:185-192.
- Melander, B., Rasmussen, K., Rasmussen, I.A. & Jørgensen, M.H. 2001. Radrensning med og uden ukrudtsharvning i vintersæd om foråret i samspil med forskellige dyrkningsfaktorer. 18. Danske Planteværnskonference, marts 2001. DJF Rapport nr. 40, markbrug, s. 211-226.
- Nielsen, B.J. 1998. Resistance against leaf stripe (*Drechslera graminea*) in barley and common bunt (*Tilletia caries*) in wheat. NJF seminar 302: Resistance Biology of Agricultural Crops, 16.
- Nielsen, B.J., Borgen, A. & Kristensen, L. 2000. Control of seed borne diseases in production of organic cereals. The BCPC Brighton Conference - Pest & Diseases 2000 (1), 171-176.
- Nielsen, B.J., Borgen, A., Nielsen, G.C. & Scheel, C. 1998. Strategies for controlling seed borne diseases in cereals and possibilities for reducing fungicide seed treatments. The 1998 Brighton Conference - Pest and Diseases, vol. 3: 893-900.
- Nielsen, B.J. , Christiansen, S. & Østergård, H. 1997. Resistens mod udsædsbårne sygdomme i korn. 14. Danske Planteværnskonference 1997, Sygdomme og Skadedyr. SP Rapport nr. 8, 105-111.
- Nielsen, B.J., Christiansen, S. & Bagge, J.O. 1999. Ny resistens mod frøbårne sygdomme i korn. 16. Danske Planteværnskonference 1999, Sygdomme og Skadedyr. DJF Rapport nr. 10 (1999) 149-160.
- Nielsen, B.J., Nielsen, G.C., Pedersen, J.B. & Tersbøl, M. 1999. Muligheder for produktion af sygdomsfri, økologisk såsæd. 16. Danske Planteværnskonference 1999, Sygdomme og Skadedyr. DJF Rapport nr. 10 (1999) 29-40.
- Nørbæk, R., Brandt, K. & Kondo, T. 2001. Identification of flavone C-glycosides from young barley leaves by improved NMR techniques. (poster). *Third international conference on natural antioxidants and anticarcinogens in food, health and disease (NAHD 2001)* Helsinki, Finland. April 2001, Book of abstracts p. 83-84.
- Rasmussen, I.A. 2001. Strategier for ukrudtsbekæmpelse i økologisk vinterhvede. 18. Danske Planteværnskonference, marts 2001. DJF Rapport nr. 40, markbrug, s. 197-210.
- Rasmussen, I.A. 2000. Sowing time, false seedbed, row distance and mechanical weed control in organic winter wheat. Præsentation på 4rd EWRS Workshop on Physical Weed Control, Elspeet, the Netherlands, 20-22 March, 2000, 5-7. <http://www.ewrset.org/pwc/pdf/El-spect.pdf>
- Rasmussen, I.A. 1999. Forskning vedr. plantebeskyttelse i økologisk jordbrug. I: Rasmussen, I.A. (red.): Plantebeskyttelse i Økologisk Jordbrug – rapport fra en workshop. FØJO-rapport nr. 4, 15-24.

- Rasmussen, I.A., Askegaard, M. & Olesen, J.E. 2000. Weeds and weed control in organic crop rotation experiments. Proceedings 13<sup>th</sup> IFOAM Scientific Conference, Basel 2000. P. 182.
- Rasmussen, I.A., Melander, B., Rasmussen, K., Jensen, R.K., Hansen, P.K., Rasmussen, G., Christensen, S. & Rasmussen, J. 2000. Recent advances in weed management in cereals in Denmark. Proceedings 13<sup>th</sup> IFOAM Scientific Conference Basel 2000. P. 178.
- Rasmussen, I.A.; Melander, B., Rasmussen, K. & Rasmussen, J. 1997. Regulering af Ukrudt. Økologisk Planteproduktion. SP-rapport nr. 15: 63-86.
- Rasmussen, K. 2001. Nedfældning af gylle reducerer ukrudtstrykket. 18. Danske Planteværns-konference, marts 2001. DJF Rapport nr. 42, markbrug, 15-16.
- Rasmussen, K. 2000. Can slurry injection improve the selectivity of weed harrowing in cereals?. Proceedings of the 4<sup>th</sup> EWRS Workshop on Physical Weed Control. Elspeet, NL, 20-22 March, 2000, p. 33-34, <http://www.ewrs-et.org/pwc/pdf/Elspeet.pdf>
- Rasmussen, K. 1999. Feed the crop and starve the weeds. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference, Mar del Plata, Argentina, November 15<sup>th</sup> – 19<sup>th</sup>, 1998. 186-189.
- Rasmussen, K. 1998. Manipulation of competition in spring cereals by slurry injection. Abstract for EWRS workshop: 'Crop-Weed Interactions', Dijon 26-27 November 1998.
- Rasmussen, K. 1998. Slurry application to improve mechanical weed control in cereals. (abstract). 3<sup>rd</sup> EWRS Workshop on Physical Weed Control, Wye College, UK, 23-25 March 1998.
- Rasmussen, K. 1997. Fertilize the crop and starve the weeds. (Abstract). Proceedings, 10<sup>th</sup> EWRS symposium, Poznan, 22-26 June 1997, p. 52.
- Rasmussen, K. & J. Petersen 1997. Gødningsplacerings indflydelse på mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårbyg. 14. Danske Planteværnskonference, Pesticider og Miljø, Ukrudt. SP-rapport nr. 7:193-202.
- Weiner, J. 1997. Applying Current Ideas about Plant Competition to Weed Management. Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Weed Research Society Symposium, Poznan, p. 49.
- Weiner, J., Griepentrog, H.-W. and Kristensen, L. 2001. Increasing the suppression of weeds by cereal crops. Program and Abstracts of the Meeting of the British Ecological Society, 10.
- Weiner, J., Griepentrog, H.-W. and Kristensen, L. 2000. Increasing the suppression of weeds by cereal crops. Abstract for Meeting of Ecological Society of America, 228.

### **Faglige artikler**

- Borgen, A. 2000. Hvedens stinkbrand - en udfordring for principperne for økologisk plantebeskyttelse. Ph.D.-afhandling. KVL, DSR Grafik. 136 pp. <http://www.agsci.dk.dk/~anb/phd.indhold.htm>
- Borgen, A. 1999. Vintersæd etableret som udlæg i dæksæd. Forskningsnytt om Økologisk Landbrug i Norden. 6:6-8.
- Borgen, A. 1999. Husdyrenes rolle på øko-bedriften. Økologisk jordbrug. 186:15.



- Borgen, A. 1999. Dansk øko-kontrol bør godkendes af IFOAM. Økologisk Jordbrug, Januar 1999.
- Borgen, A. 1998. Tidsler er en gave fra himlen. Økologisk jordbrug 180:12.
- Borgen, A. 1998. Har holdningen til økologisk jordbrug konsekvenser for valget af forskningsmetoder? Landbruksøkonomisk Forum 15(3):51-56.
- Borgen, A. 1998. Holismen og kunsten at knække en valnød. Herba - Norsk tidsskrift for jordbrug og ernæring, natur og kultur. årg 35(4):3-9.
- Borgen, A. 1998. Hvad med bivirkninger?. Jord og Viden 20:6-7.
- Borgen, A. 1998. En forskers erfaringer. Forskningsmetodik i økologisk jordbrug. Bilag til workshop om forskningsmetodik i økologisk jordbrug. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO) 27/10-1998 side 32-33.
- Borgen, A. 1998. Hvedens stinkbrand i økologisk jordbrug. Bilag til Temadag den 22/10-1998 om økologisk kornproduktion. Landbrugets Rådgivningscenter side 19-26.
- Borgen, A. 1997. Hvad skal vi egentlig med gensplejdsning? Kronik, Berlingske Tidende 27/1-1997.
- Borgen, A. & Kristensen, L. 1996. Stinkbrand må reguleres. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden 2:9-11.
- Callesen, N.H. 1999. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i lupin. Speciale ved KVL, 51 pp.
- Hansen, L.M. 2000. Forskellige hestebønnesorters (*Vicia faba*) værtplanteegenskaber over for bedebkladus (*Aphis fabae*). DJF-rapport nr. 25, 47.
- Jensen, R.K. 1999. Græs i kornrækken letter ukrudtsbekæmpelsen. Bovilogisk, nr. 4, 17-18.
- Jensen, R.K. 1998. Nye muligheder med lupiner. Økologisk Jordbrug nr. 174, s. 10.
- Jørnsgård B. 2000. Lupin - en ny mulighed til økologisk jordbrug? Økologisk planteavlserbetning. Køge Ringsted Landboforening. Pp 56-58.
- Jørnsgård, B. 1998. Nye muligheder for lupindyrkning. Økologisk konference, bilag.
- Melander, B. & Rasmussen, I.A. 2001. Radrensning tager besværligt ukrudt. Økologisk Jordbrug 21 (246), 9.
- Nielsen, B.J. 2002. Resistens mod stinkbrand i vinterhvede & resistens mod stribesyge i vårbyg. I "Sortsforsøg 2002. Korn, bælgæd og olieplanter", Deneken G. & Pedersen J. B. (eds.), Danmarks Jordbrugsforskning & Landbrugets Rådgivningscenter, 8, 22-23, 36-37.
- Olsen, L. 1997. Vernalisering i lupin. Bachelorprojekt ved KVL, 33 pp.
- Olsen, T. 2000. Samdyrkning af vårbyg og lupin til helsædsproduktion. Speciale ved KVL, Inst. for Jordbrugsvidenskab. Pp. 73.
- Rasmussen, I.A. & Melander, B. 2001. Ukrudtsbekæmpelse i økologisk dyrket vintersæd: resultater og erfaringer. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden, 6, 9-11.
- Rasmussen, K. 2000. Ukrudtsbekæmpelse starter med gylle. Økologisk Jordbrug nr. 211, s. 10.

- Rasmussen, K. 2000. Gyllehåndteringens betydning for ukrudtsregulering i vårsæd. I: Husdyrgødning og kompost, FØJO-rapport nr. 7, Sommer, S.G. og Eriksen, J. (red.), kap. 11, 89-94.
- Rasmussen, K. 1999. Harvning alene gør det ikke. Effektiv Landbrug, Special nr. 22: 51-52.
- Rasmussen, K; Melander, B., Rasmussen, J. & Rasmussen, I.A. 1998. Ikke-kemisk ukrudts regulering. I: "Ukrudtsbekæmpelse i Landbruget" 3. udgave. Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Flakkebjerg, s. 191-212 (Kapitel 4).
- Weiner, J. 2002. Økologi - fremtidens jordbrugsvidenskab. I: Jensen, E.S., Vejre, H., Bügel, S.H., Emanuelsson, J. (red.) Visioner for Fremtidens Jordbrug. Gads Forlag, København, 325-338.
- Weiner, J. 1998. The two meanings of ecology. KVL Mosaik 6 (6), 12-13.

## 9.9 Ukrudtsbekæmpelse og udplantningsteknik

### *Projektnummer og titel*

II.5 Ukrudtsbekæmpelse og udplantningsteknik i rækkeafgrøder

### *Projektleder*

Martin Heide Jørgensen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Forskningscenter Bygholm  
Postboks 536, 8700 Bygholm  
Tlf.: 7560 2211, Fax: 7562 4880  
E-mail: [MartinHeide.Joergensen@agrsci.dk](mailto:MartinHeide.Joergensen@agrsci.dk)

### *Projektdelegerede*

Erik Fløjgaard Kristensen, Bo Melander og  
Jens Willumsen, Danmarks JordbrugsForskning

Bederøer er et godt foder til både kvæg og søer; de giver et højt udbytte og er effektive udnyttede af husdyrgødning. Arealer med renholdte bederøer har samtidig en sanerende effekt på ukrudt i sædskiftet, og da roerne giver et højt udbytte, vil der kunne frigøres grovfoderarealer til dyrkning af korn- og proteinafgrøder. Det kræver en stor manuel indsats at holde økologisk dyrkede roer fri for ukrudt. I dag dyrkes roer derfor stort set ikke på økologiske brug.

Det største problem i ukrudtsbekæmpelse består i at kunne gennemføre en tidlig behandling mod ukrudt i rækkerne. På det tidlige udviklingsstade er det ikke muligt at gennemføre selektiv mekanisk rensning, som kan bekæmpe ukrudt uden at skade roeplanterne. Derfor er det nødvendigt at gennemføre en manuel rensning i rækkerne for at fjerne det først fremspirede ukrudt. Senere er det muligt at anvende strigling eller radrensning med påmonterede skræbepinde til at opnå en selektiv behandling i rækkerne. Dette forudsætter,

at der er en markant størrelsesforskel mellem kulturplante og ukrudt.

I dette projekt var det hypotesen, at det vækstmæssige forspring for kulturplanterne kunne opnås ved at tiltrække (forspire) roerne og udplante disse i renholdt jord. Det blev vurderet, at der efter en periode til rodfæstning af de udplantede planter ville kunne opnås en god selektiv behandling i planterækken, hvor det fremspirede ukrudt kunne bekæmpes allerede på kimbladsstadiet. På denne måde ville det være muligt at eliminere den manuelle indsats til ukrudtsbekæmpelse med rationelle, mekaniserede operationer. Hvis systemet viste sig at kunne fungere tilfredsstillende, ville dyrkningsøkonomien ved produktion af roer kunne forbedres væsentligt, og der ville kunne ske en metodeoverføring til andre afgrøder, f.eks. grønsager.

### **Sammendrag af resultater**

I projektet har der været arbejdet med udvikling af en dyrkningsteknik, hvor primært bederøer udplantes og dyrkes i en mekanisk renholdt jord. Systemet er også afprøvet med løg og porrer. Målet har været, at udvikle en dyrkningsteknik hvor ukrudtsbekæmpelse kan gennemføres med rationelle, mekaniserede processer. Hypotesen, som har dannet grundlag for projektet er følgende: Ved at udplante roer i mekanisk renholdt jord kan der opnås et vækstmæssigt forspring for kulturplanterne i forhold til det fremspirende ukrudt. Hensigten er, at det efter en periode til rodfæstning af de udplantede planter, skal være muligt at gennemføre en effektiv, selektiv ukrudtsbekæmpelse i planterækken. Dette kræver, at rodfæstningen sker så hurtigt, at det fremspirende ukrudt kan bekæmpes på kimbladssta-

diet. I projektet arbejdes med langfingerharver og med radrensere med påmonteret udstyr til bekæmpelse af ukrudt i rækkerne.

Ud fra de opnåede resultater kan det konkluderes, at det er muligt at udplante roer under danske forhold således, at der kan gennemføres en effektiv mekanisk ukrudtsbekæmpelse.

Der har dog været problemer med øget rodforgrening, i forhold til, hvad der ses ved såede roer. Problemet med rodforgrening er blevet reduceret gennem forsøgsperioden via ændring i pottegeometri, udplantningsteknik

samt tiltrækningsprocedure, men problemet er ikke løst fuldt ud.

For at systemet kan blive kommercielt interessant, skal omkostningerne til tiltrækning reduceres, i forhold til, hvad der er kendt fra gartneriafgrøder. En mulighed herfor vil være at anvende mere simple tiltrækningssystemer, som bl.a. kendes fra Finland, hvor tiltrækningen er organiseret decentralt i primitive (plast) drivhuse, og hvor temperaturreguleringen gennemføres med varmekanoner af samme type, som anvendes til korntørring.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

Melander, B., Fløjgård, E., Jørgensen, M.H. & Willumsen, J. Mechanical weed control in transplanted sugar beets. *Weed Research* (submitted).

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

Jørgensen, M.H., 1996. Udplantningsteknik og ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder, Proc. Of NJF-Teknik, 1996. Seminar nr. 268, Århus Danmark.

Jørgensen, M.H. & Kristensen, E.F. Transplanting of Beets to obtain good conditions for mechanical weed control, *AgEng*, Oslo, Paper No. 98-A-027, 7pp.

Melander B. & Jensen R.K. 1998. Perspectives and reality about physical weed control in row crops. Abstract. 3rd EWRS Workshop on Physical Weed Control, Wye College, UK, 23-25 March, 1998

Melander B. 2000 Mechanical weed control in transplanted sugar beets. Abstract. 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control, Elspeet, Holland, 20-22 March, (publiceret på internettet).

### Faglige artikler

Jørgensen, M.H. & Kristensen, E.F. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udplantede økologiske be-deroer. *Maskinbladet*, maj 1997.

Kristensen, E.F. & Jørgensen M.H., 1998. Udplantning af roer, *Forskningsnyt om Økologisk landbrug i Norden*, 1.

Melander, B. 1997. Plant og hold rent. *Økologisk Jordbrug* 11 april 1997, 12.

Melander, B., Korsgaard, M. & Willumsen, J. 1999. Resultater og erfaringer med ukrudtsbekæmpelse økologiske frilandsgrønsager. 16. Danske Planteværnskonference 1999, DJF rapport nr. 10, 85-95.

- Melander B. & Willumsen J. 2000. Striglen kan holde løg og porre rene. Økologisk Jordbrug 7 april, 13.
- Melander, B., Fløjgård, E., Jørgensen, M.H. & Willumsen, J. 2000. Perspektiver for udplantning af roer i økologisk jordbrug. Økologisk Jordbrug (planlagt publicering i indeværende år).
- Melander, B. & Willumsen, J. 2000. Striglen kan skade såløg. Økologisk Jordbrug 20 (214), 13.

## 9.10 Økologisk planteproduktion

### *Projektnummer og -titel*

III Udvikling af økologiske planteproduktionssystemer

### *Projektleder*

Erik Steen Kristensen (FØJO)

### *Projektdelegerede*

Jørgen E. Olesen, Margrethe Askegaard, Jørgen Eriksen, Bent T. Christensen, Kristian Thorup-Kristensen, Hanne L. Pedersen, Ilse A. Rasmussen, Gunnar Mikkelsen, Holger Daugaard og Carsten Iversen, DJF

I 1996 blev der som en del af en fællesindsats omkring forskningen i økologisk jordbrug etableret otte markforsøgsenheder. Disse værkstedsarealer består af økologisk drevne forsøgsarealer, som dækker alle væsentlige økologiske bedriftstyper og jordtyper i Danmark.

Der er tre hovedformål med værkstedsarealerne:

- Beskrive langsigtede effekter af økologiske driftsformer og sædskifter
- Fungere som værkstedsfaciliteter for andre, mere specifikke projekter
- Være ramme og holdepunkt for kommunikation og formidling af forskningsresultater

Værkstedsarealerne har forskellig struktur og forskellige roller i den økologiske forskning. Arealerne består af økologisk drevne sædskifter, som er placeret på traditionelle forsøgsstationer på forskellige jordtyper. Sædskifterne repræsenterer forskellige bedriftstyper, herunder kvægbrug, svinebrug, planteavlbrug, grønsagsdyrkning og frugt og bær. For nogle

af værkstedsarealerne er hver mark i sædskiftet repræsenteret ved en mark med et areal på ca. 1 ha. Dette giver mulighed for at gennemføre forsøg samtidigt med at der vedligeholdes et fast sædskifte. Effekterne af sædskifterne følges ved målinger i referencearealer, som ikke påvirkes af forsøgsbehandlinger. Målingerne omfatter udbytter og næringsstofbalancer (NPK). På nogle af arealerne registreres også ukrudt, sygdomme og skadedyr.

Der er desuden et værkstedsareal med mulighed for forsøg i økologisk frugt og bær. Her følges bl.a. jordens næringsstofstatus og forekomst af ukrudt, sygdomme og skadedyr.

Forsøgsarealet ved Askov er en del af det langvarige gødningsforsøg, som nu er konverteret til økologisk dyrkning. Forsøgsbehandlinger omfatter forskellige mængder og typer af organiske gødninger. Målingerne omfatter udbytter og næringsstofbalancer. Der tages jordprøver hvert fjerde år.

Projektet omfatter endvidere tre forsøg med forskellige sædskifte og gødningsproblemstillinger, som også fungerer som værkstedsarealer for andre projekter. Målingerne omfatter udbytter, næringsstofbalancer og udvaskning af næringsstoffer.

## Sammendrag

Projektet er opdelt i otte delprojekter. Disse omtales kort nedenfor.

### **1 Værkstedsareal ved Flakkebjerg**

Der har lige fra første omlægning af markerne været stor interesse i at udlægge forsøg i de økologiske arealer. I tabel 4 ses de forsøg der har været anlagt i arealerne fra 1996 til 2000.

Det blev tidligt nødvendigt at afvise forsøg fra arealerne, enten fordi der ikke var plads i den relevante mark, fordi der ikke fandtes en relevant afgrøde (f.eks. spinat til frø) eller fordi der ikke var mulighed for vanding. Samtidig er det administrativt vanskeligt at passe forsøg ind i de samme arealer år efter år. Normalt ligger en forsøgsmark efter at være brugt til forsøg i 3-4 år uden forsøg for at egaliseres. I det økologiske værkstedsareal tilstræbes det at forsøgene i en enkelt mark hvert år højst dækker halvdelen af markens areal (bortset fra referencearealet, der holdes fri for forsøg). Det følgende år kan forsøgene så lægges i den modsatte halvdel af marken. Ved gødningsforsøg samt sandsynligvis også ukrudtsforsøg må det dog forventes at der er eftervirkninger ud over det første år. Samtidig kan der være forskelle på hvordan forsøgsarealet og den omgivende mark er behandlet, både med hensyn til gødning, ukrudtsbekæmpelse, efterafgrøde m.m. Også værn, især ubevoksede, kan medføre eftervirkninger. Når der anlægges forsøg i markerne med udlæg af grøngødning, vil forsøgene ligge der i hele den periode, hvor der er lucerne hhv. hvidkløver, og en eftervirkning i adskillige år af sædskifteomløbet, måske hele omløbet, må forventes.

## 2 Værkstedsarealer ved Jyndeved og Foulum

To projekter har benyttet sædskiftet på Jyndeved: "Kvalitetsproduktion af havre til gryn fremstilling" og "Kvalitetsproduktion af økologiske spisekartofler". Begge projekter udnytter de etablerede stor-parceller til netop at få den realistiske tilgang til de reelle forhold i økologiske produktioner, hvor gødskningsaspektet er altafgørende for tolkningen af resultaterne og for at kunne formidle resultaterne realistisk til økologiske avlere.

Et projekt har udnyttet kvægsædskiftet på Foulum: "Planteproduktion, næringsstofhus-

holdning og planteværn i økologiske kvægbrugssædskifter". Dette projekt er forsat i delprojekt 9 i nærværende projekt.

Et projekt har udnyttet svinesædskiftet på Foulum: "Kvalitetsproduktion af økologiske spisekartofler".

## 3 Værkstedsareal for grønsager ved Årslev

Fra FØJO projekt II.2. *Grønsager* har der været placeret en lang række forsøgsopgaver med grønsager, grøngødning, efterafgrøder og rodvækst på arealet. Der er gennemført et antal eksperimentelle undersøgelser fra FØJO projekt I.2. *Biologisk kvælstoffiksering, recirkulering og udvaskning af kvælstof i økologiske dyrkningsystemer* omkring N-fiksering, bruttomineralisering, andre mineraliseringsforhold, samt indsamling af data til modelleringsformål. Der er gennemført undersøgelser af betydningen af grøngødning for jordbundsfauna fra FØJO projekt I.7. *Samspil mellem jordbundens fauna, kvælstofdynamik og plantevækstforsøg og simuleringsmodeller*. Materialer og resultater fra sædskiftet er blevet anvendt til studier af svovlbalancer i økologiske sædskifter i FØJO projekt IV.1. *Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jord-plantesystemet i økologisk planteproduktion*. Fra projekt *Økologisk grønsagsdyrkning* (under forskningsindsatsen Forskning i økologisk jordbrug, 1993-1997) har været udført forsøg med grøngødning til salat. Der har været placeret parceller fra den konventionelle sortsafprøvning af grønsager, for at observere sorterens resistens/ tolerance overfor sygdomme og skadedyr i et økologisk/usprøjtet system. Der har været placeret forsøg fra demonstrationsprojekt med afprøvning af sorter af gulerod, hvidkål og porre fra økologisk frø. Der er endvidere gennemført forsøg til specialeprojekt i værkstedsarealet (se forskeruddannelse).

**Tabel 4 Forsøg (1996-2000) i det økologiske værkstedsareal på Flakkebjerg**

Projekt	Forsøg	Forsøgsår
II.4	Langsigtet effekt af renholdte rækkeafgrøder	1996
II.4	Samspillet mellem ukrudtsregulering og gylleudbringningsmetode	1996 + 1997
II.4	Gyllehåndteringens betydning for ukrudtsregulering i vårsæd	1)
II.4	Gyllehåndteringens betydning for selektiviteten ved ukrudtsharvning i vårsæd	1997 2)
II.4	Kvalitet og udbytte af økologisk dyrket nøgen havre	1997, 1998 + 1999
II.4	Blindharvning i lupiner	1997
II.4	Alm. ukrudtsharvning i lupiner	1997
II.4	Radrensning i lupiner	1997
II.4	Strategier for ukrudtsbekæmpelse i lupiner	1998 + 1999
II.4	Sortsforsøg med lupiner	1997
II.4	Afprøvning af forskellige udbringningsmetoder for gylle i vinterhvede	1997
II.4	Strategier for ukrudtsbekæmpelse i vinterhvede	1998, 1999 + 2000
II.4	Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårbyg med kløvergræsudlæg	1997-1998, 1998-1999
III.1	Observationssorter i vinter- og vårsæd	1999
II.2	Strategier til bekæmpelse af ukrudt i rækken i såporre	1997 + 1998
II.5	Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udplantede bederoer	1997, 1998, 1999
Ph.D.-projekt	Nye fysiske metoder til ukrudtsregulering i roer	1998 + 1999
Frøafgiftsfonden	Screening af frøgræssorter og -arter	1998-1999-2000, 1999-2000-2001
Økologisk udsæd af korn, græs og kløver (DFFE)	Repellerende planter i hvid- og rødkløver til frø	1999-2000
Økologisk udsæd af korn, græs og kløver (DFFE)	Grøngødningsafgrøder i alm. rajgræs til frø	1999-2000
Økologisk udsæd af korn, græs og kløver (DFFE)	Mekanisk renholdelse i frøgræs	1999-2000
Udnyttelse af humanurin som gødning (Miljøstyrelsen)	Udbytte af vårbyg med humanurin eller gylle	1999
Økologisk dyrkning af vinterraps (DLG og DFFE)	Udbytte og kvalitet af vinterraps med forskellige gødningsstrategier	2000
Økologisk dyrkning af vinterraps (DLG og DFFE)	Fremspiring af spildraps ved forskellige stubbearbejdninger	1999 3)

1) (i 1997, 1998 og 1999 lå dette forsøg uden for værkstedsarealet)

2) (i 1998 og 1999 lå dette forsøg uden for værkstedsarealet)

3) (ikke i værkstedsarealet)



#### 4 Værkstedetsareal for frugt og bær ved Årsløve

Værkstedetsarealet har været benyttet i følgende sammenhænge:

*Kvælstofforsyning til solbær.* Forsøg med 5 sorter i 4 dækkulturer i solbær til undersøgelse af kvælstofforsyningen og ukrudtsbekæmpelsen.

*Opstamning af solbær til mekanisk ukrudtsbekæmpelse.* Forsøg med opstamning af 2 sorter for at forbedre mulighederne for mekanisk renholdelse.

*Solbærsorters markeresistens.* Sortsforsøg i solbær for at se sorterens naturlige modstandsdygtighed. 29 sorter har indgået i forsøget.

*Solbærsorters svovltolerance.* Undersøgelse af svovls indvirkning på udbytter og kvalitet af udbyttet i 3 solbærsorter.

*Undersøgelse af fenolske stoffer i solbær.* Afhængigheden af kvælstofniveau og sort på indholdet af fenoler i blade og bær undersøges.

*Jordbærsorters markeresistens.* Sortsforsøg i jordbær for at se sorterens naturlige modstandsdygtighed. 24 sorter har indgået i forsøget.

*Kulturtekniske tiltag mod gråskimmel i jordbær.* Undersøgelse af virkningen på gråskimmelangreb på bærrerne af langfingerharvning og aftopning af planterne med og uden fjernelse af det afklippede materiale.

*Usprøjtede sorter af æble, pære, blomme og surkirsebær.* Sortsforsøg for at se sorterens naturlige modstandsdygtighed. Løbende afprøvning af alle æble- og pæresorter, 8 blommесortер og 3 surkirsebærsorter.

*Dyrkning af skurvresistente æblesorter.* 10 skurvresistentersorters dyrkningsværdi undersøges i 3 dækkulturer.

*Parasitering af skadevoldere i æble.* Specialestuderende fra KVL.

*Feromonfangst af forskellige viklerarter.* Specialestuderende fra KVL.

*Tilstedeværelsen af mycorrhiza på æblerodder.* Specialestuderende fra Odenseuniversitetet.

*Undersøgelse af hvilke skurvvracer vi har i Danmark.* Ph.D. studerende fra KVL.

*Mikrobiologisk bekæmpelse af kirsebærbladplet og æbleskurn.* Ph.D. studerende fra KVL.

*Sortsplantering af minikiwi.* Sortsplantering af 13 minikiwisorter.

Der er endvidere samarbejde med en række forsker i ind- og udland vedrørende økologisk dyrkning af frugt og bær.

#### 5 Langvarige økologiske sædskifteforsøg

Sædskifteforsøget har bl.a. til formål at fungere som værkstedetsareal for andre projektaktiviteter, der knytter sig til og belyser sædskiftemæssige aspekter. Der er foregået følgende supplerende aktiviteter i forsøget:

- Jens-Otto Andersen, Hanne Bay Christensen og Bodil Søgaard. Faktorer der påvirker kvalitet og måling af kvalitet. Kvælstofniveau, lysindstråling, sort. Undersøgelser med udtagning af prøver af vårbyg på de fire lokaliteter til undersøgelse af indholdet af bl.a. sekundære metabolitter.
- Jørgen Eriksen. Miniplotforsøg med tilførsel af svovl i udvalgte parceller i Jyndevad, Foulum og Flakkebjerg. Formålet er at undersøge svovls betydning for udbytte og aminosyresammensætningen i kernerne. Forsøget indgår som en del af projektet "Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jordplantesystemet i økologisk planteproduktion".
- Margrethe Askegaard. Miniplotforsøg med tilførsel af kalium i udvalgte parceller i Jyndevad hvor kalitallene er meget lave. Formålet er at undersøge i hvilket omfang kalium er udbyttebegrænsende. Forsøget udføres i samarbejde med projektet "Tilgængelighed og udnyttelse af kalium fosfor og svovl i jordplantesystemet i økologisk planteproduktion".
- Margrethe Askegaard. Registrering af kaliumindhold i planter på alle 4 lokaliteter. Formålet er at undersøge muligheden for at vurdere planternes K- og P-tilstand i relation til N. Forsøget udføres i samarbejde med projektet "Tilgængelighed og udnyttelse af kalium fosfor og svovl i jordplantesystemet i økologisk planteproduktion".

- Margrethe Askegaard. Registrering af kaliumtallet i jorden på Jyndevad gentagne gange i løbet af vækstsæsonen. Formålet er at undersøge kaliumtallets udvikling over tid med henblik på at kunne anvende kalitallet som styringsfaktor for K-tildeling. Forsøget udføres i samarbejde med projektet "Tilgængelighed og udnyttelse af kalium fosfor og svovl i jord-plantesystemet i økologisk planteproduktion".
- Jørgen E. Olesen og Jørgen Berntsen. Vækstanalyser i ært/byg. Formålet er at beskrive indflydelsen af kvælstofeftervirkninger på dynamikken i konkurrencen mellem vårbyg og ært. Forsøget udføres i samarbejde med projektet "Samspil mellem jordbundens fauna, kvælstofdynamik og plantevækst - Forsøg og simuleringmodeller".
- Ilse A. Rasmussen. Bestemmelse af jordens pulje af ukrudtsfrø. Formålet er at få et grundlag for at bestemme den tidsmæssige udvikling i jordens pulje af ukrudtsfrø. Der er i 1998 udtaget jordprøver i alle parceller i forsøget til bestemmelse af jordens pulje af ukrudtsfrø. Analyse af disse prøver er finansieret under forskningsprogrammet "Fremme af økologisk planteværn baseret på naturens egne forsvarsmekanismer".
- Søren L. Simonsen. Efterafgrøders betydning for kvælstofudvaskning samt for kvælstofoptag og plantevækst i vårbyg. Formålet er at undersøge det tidsmæssige forløb i væksten af en efterafgrøde af rajgræs og kløver og den efterfølgende frigivelse af kvælstof til en vårbygafgrøde. Specialeopgave ved KVL.

I 1997 foretog forskerne tilknyttet sædskifteforsøget en studierejse til Tyskland, England og Skotland, hvor de besøgte sædskifteforsøg og forskere der arbejdede med beslægtede emner. Der er udarbejdet en rapport fra studieturen. Diskussionerne på denne tur gav anledning til nogle ændringer i forsøget der blev effektueret fra 1998. I løbet af de følgende år har forskerne deltaget i forskellige internationale arrangementer, i nogle tilfælde

med præsentation af sædskifteforsøget samt evt. foreløbige resultater: Jørgen E. Olesen, 1998, "Mixed Farming Systems in Europe", Holland, Ilse A. Rasmussen, 1998, FAO-workshop om forskningsmetodik i økologisk jordbrug, Schweiz, Jørgen E. Olesen + Margrethe Askegaard, 1999, NJF-kongres, Norge, Ilse A. Rasmussen, 1999, EWRS-symposium i Basel. Se også publikationslisten.

I 1999 arrangerede forskerne en international workshop om "Designing and testing crop rotations for organic farming", som FØJO var vært for. Der deltog i alt 40 forskere fra 14 lande i Europa og USA i workshoppen, der blev afholdt i Borris. Indlæggen på workshoppen er udgivet som en FØJO-rapport. (Olesen et al., 1999).

## 6 Kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer

Værkstedsarealet har primært været brugt af projekt I.2 hvor forskere fra DJF og specialestuderende fra KVL har undersøgt N-fiksering i afgræsningsmarker, KVL har gennemført modelstudier for sædskiftet og en specialestuderende har brugt det til studier vedrørende omsætning af grønsværen ved pløjning. Desuden bruger projekt IV.1 fortsat arealet.

## 7 Jordrelaterede ændringer ved omlægning til økologisk plantedyrkning (Askov)

Forsøgsarealet har været udnyttet i følgende projekter

- FØJO I.3. Jordens frugtbarhed i relation til økologisk jordbrugspraksis og jordbearbejdning (Per Schjønning). Feltmålinger og jordprøver til B: Undersøgelser af jordfrugtbarhed bl.a. mykorrhizasvampes betydning for dannelse og stabilitet af aggregater.

- FØJO I.4. Planteresundhed og kvalitet i relation til dyrkningsstrategier og sortvalg (Kirsten Brandt). Analyser af sekundære metabolitter i to sorter af vinterhvede.
- FØJO II.3. Kartoffler - kvalitetsaspekter (Jens Peter Mølgaard). Undersøgelser af kvalitetsparametre i to sorter af kartofler.
- FØJO IV.1. Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jord-plantesystemet i økologisk planteproduktion (Margrethe Askegaard). Jord til potteforsøg med kaliumfrigørelse fra jord.
- FØJO IV.4. Kvalitet i relation til forarbejdning, plantesundhed og forædling (Kirsten Brandt). Undersøgelser af bagekvalitetsparametre i to sorter af vinterhvede (Lene Pedersen).
- FØJO VI.1 (Ph.D.). Jordens fragmenteringssegenskaber (Lars J. Munkholm). Jordprøver indsamlet 1997 og 1998.
- FØJO VII.10. Pesticidfri regulering af vigtige kartoffelsygdomme (Jens Peter Mølgaard og Marianne H. Madsen). Kvalitetsanalyser af spise- og stivelseskartofler dyrket 1998.

## 9 Næringsstofhusholdning i et økologisk kvægbrugssædskifte

Forsøget har i 1998 og 1999 fungeret som værkstedsareal for undersøgelser af K-udvaskning og sammenhængen mellem jordens K-status og afgrødernes K-optagelse i forbindelse med projektet "Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jord-plantesystemet i økologisk planteproduktion".

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter og bøger

- Eriksen, J. & Askegaard, M. 2000. Sulphate leaching in an organic crop rotation determined by the ceramic suction cup technique. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78, 107-114.
- Eriksen, J., Askegaard, M. & Kristensen, K. 1999. Nitrate Leaching in an organic dairy/crop rotation as affected by organic manure type, livestock density and crop. *Soil Use and Management* 15, 176-182.
- Eriksen, J. & Høgh-Jensen, H. 1998. Variations in the natural abundance of <sup>15</sup>N in ryegrass/white clover shoot material as influenced by cattle grazing. *Plant and Soil* 205, 67-76.
- Eriksen, J. & Jensen, L.S. 2001. Soil respiration and nitrogen mineralisation in situ following cultivation of temporary pastures. *Biology and Fertility of Soils* 33, 139-145.
- Eriksen, J. & Søgaard, K. 2000. Nitrate leaching following cultivation of contrasting temporary pastures. *Grassland Science in Europe* 5, 477-479.
- Hansen, J.C. & Vinther, F.P. 2001. Spatial variability of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in grass-white clover pastures estimated by the <sup>15</sup>N enriched method and the natural <sup>15</sup>N abundance method. *Plant and Soil* 5, 477-479.
- Olesen, J.E., Askegaard, M. & Rasmussen, I.A. 2000. Design of an Organic Farming Crop-Rotation Experiment. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B, Soil and Plant Science*, 50, 13-21.

### **Artikler på internationale konferencer, seminarer mv.**

- Askegaard, M. 1999. Nutrient management in organic crop production. NJF Kongres Rapport. Jordbrug og Samfund, Ås, 28. Juni-1. Juli, nr. 3. 91-99.
- Askegaard, M., Eriksen, J., Søegaard, K. & Holm, S. 1999. Nutrient management and plant production in four organic dairy farming systems. 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. s. 257-265.
- Askegaard, M., Olesen, J.E. & Rasmussen, I.A. 1999. Agronomic considerations and dilemmas in the Danish crop rotation experiment. 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. s. 63-70.
- Eriksen, J. & Askegaard, M. 1998. Nitrate leaching in a dairy crop rotation as affected by organic manure type and livestock density. I "Proceedings of the World Congress of Soil Science, Montpellier August 20-26.
- Eriksen, J., Askegaard, M., Olesen, J.E. & Thorup-Kristensen, K. 1999. The sulphur balance of organic crop rotations in Denmark. 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. s. 251-256.
- Jensen, L.S., Mueller, T., Eriksen, J., Thorup-Kristensen, K. & Magid, J. 1999. Simulation of plant production and N fluxes in organic farming systems with the soil-plant-atmosphere model DAISY. 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. s. 235-247.
- Jensen, L.S., Haugaard-Nielsen, H., Eriksen, J., Mueller, T. & Magid, J. 1999. Modelling carbon and nitrogen turnover in soil and crop growth after incorporation of clover-grass pastures – do we know the critical parameters. I "Sustainable Management of Soil Organic Matter". British Society of Soil Science 15-17 September 1999, Edinburgh.
- Mikkelsen, G. 1999. Analysing non-replicated data in cropping systems. 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. s. 277-283.
- Olesen, J.E. 1999. Perspectives for research on crop rotations for organic farming. 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. s. 11-20.
- Olesen, J.E., Askegaard, M. & Rasmussen I.A. 1998. Organic crop rotations for grain production. In H. van Keulen, E.A. Lantinga & H.H. van Laar (eds): Proceedings of an International Workshop on Mixed Farming Systems in Europe, Dronten/Wageningen, The Netherlands, 25-28 May 1998. Ir. A.P. Minderhoudhoeve-series no. 2, 63-69.
- Olesen, J.E., Rasmussen, I.A., Askegaard, M. & Kristensen, K. 1999. Design of the Danish crop rotation experiment. 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. s. 49-62.

- Rasmussen, I.A., Askegaard, M. & Olesen, J.E. 1999. Plant protection in organic crop rotation experiments for grain production. 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. s. 321-330.
- Rasmussen, I.A., Askegaard, M. & Olesen, J.E. 1999. Weed control in organic crop rotations for grain production. In: Proceedings of the 11th European Weed Research Society Symposium, Basel, s. 98.
- Thorup-Kristensen, K. & Grevsen, K. 1999. An organic vegetable crop rotation self-sufficient in nitrogen. *Nordisk Jordbrugsforskning* 81(3), 206-214.
- Thorup-Kristensen, K. 1999. An organic vegetable crop rotation self-sufficient 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

### **Artikler på nationale konferencer, seminarer mv.**

- Eriksen J. 1998. Nyeste resultater vedr. kvælstofomsætning på økologiske brug. I "Bilag til Efterårskonference" s 18-19. 29. september 1998, Hotel Nyborg Strand. (Oral præsentation).
- Eriksen J. 1998. Kløvergræssets forfrugtsværdi og udvaskning af næringsstoffer. I "Bilag til Økologisk Konference 1998", 23 november 1998, Vingstedcentret. (Oral præsentation).
- Olesen, J.E., Askegaard, M. & Rasmussen, I.A. Udnyttelse af husdyrgødning i sædskifter til økologisk planteavl. Workshop på Sandbjerg Gods.
- Olesen, J.E., Rasmussen, I.A. & Askegaard, M. 1999. Forsøg med økologiske sædskifter til kornproduktion. *Nordisk Jordbrugsforskning* 81, 125.

### **Rapporter mv.**

- Askegaard, M., Eriksen, J., Søegaard, K. & Holm, S. 1999. Næringsstofhusholdning og planteproduktion i fire økologiske kvægbrugssystemer. DJF-rapport nr. 12, 112 pp.
- Djurhuus, J. & Olesen, J.E. 2000. Characterisation of four sites in Denmark for long-term experiments on crop rotations in organic farming. DIAS report, Plant production no. 33, 74 pp.
- Hansen, J.C. 1999. Rumlig variation i symbiotisk kvælstoffiksering på afgræssede kløvergræs areal. Speciale ved KVL, Institut for Jordbrugsvidenskab
- Olesen, J.E., Askegaard, M. & Rasmussen, I.A. 1997. Forsøg med økologiske sædskifter til kornproduktion. I E.S. Kristensen (Ed.): Økologisk planteproduktion. SP rapport 15-1997, 143-149.
- Rasmussen, I.A., Askegaard, M. & Olesen, J.E. 1999. Ukrudt i økologiske kornsædskifteforsøg. DJF rapport 10-1999, 17-27.
- Tinghuus, L. 1998. Omsætning af kløvergræs, græs og bælplanter. Speciale ved KVL, Institut for Jordbrugsvidenskab.

### **Populærvidenskabelige artikler**

- Askegaard, M. 1999. Nyt fra Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. Økologisk Jordbrug 192, s. 10 + 198, s. 10.
- Askegaard, M., Eriksen, J., Søegaard, K. & Holm, S. 1999. Næringsstofhusholdning og plante-  
produktion i fire økologiske kvægbrugssystemer 1994-1997/98. Forskning i Økologisk  
Jordbrug, nr. 3.
- Askegaard, M., Olesen, J.E. & Rasmussen, I.A. 1997. Økologiske sædskifter til kornproduktion.  
Maskinbladet 255, 51.
- Askegaard, M., Rasmussen, I.A. & Olesen, J.E. 1999. Forsøgssædskifter giver mere viden om  
kornproduktion. Økologisk Jordbrug 191, 14.
- Daugaard, H. 2000. Økologiske jordbærsorter. Grønne Fag 19 (2), 10-11.
- Eriksen, J., Olesen, J.E. & Hansen, B. 1999. Hvordan kan kvælstofudvaskningen reduceres. Ef-  
fektiv landbrug, Special, nr. 22, 47-49.
- Lindhard, H. 1997. Nyt fra Årslev. Nyhedsbrev nr 4, Fejø Forsøgsplantage. Amba, 6-7.
- Lindhard, H. 1997. Frugt kræver bekæmpelse. Økologisk Jordbrug 155 (17), 6.
- Daugaard, H. 1999. Jordbærsorter til økologisk dyrkning. Frugt & Bær 28, 94-95.
- Daugaard, H. 1999. Økologisk produktion af jordbær. Grøn Viden nr. 125, April 1999. Dan-  
marks JordbrugsForskning.
- Lindhard, H. 1999. Aktuel viden i gamle forsøg? Varmtvandsbehandling mod solbærknopgal-  
mider. Frugt og bær 4/99, 102-103.
- Lindhard, H. 1999. Skal Danmark være pesticidfrit? Konsekvenser af pesticidudvalgets arbejde.  
Tidsskrift for Landøkonomi nr. 2/99
- Mikkelsen, G. 1999. Økologisk planteavl er en balanceakt. Landsbladet Mark Maj 1999, 22-24.
- Olesen, J.E. 2000. International forskning i økologiske sædskifter. Økologisk Jordbrug 209, 8.
- Olesen, J.E. (submitted). Europæisk forskning i sædskifter til økologisk jordbrug. Forsk-  
ningsnytt om økologisk landbrug i Norden.
- Olesen, J.E. 1999. Nyt fra Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. Økologisk Jordbrug, 196,  
s. 10 + 202, s. 6.
- Olesen, J.E., Rasmussen, I.A. & Askegaard, M. 1999. Sædskifter til øget produktion af økolo-  
gisk korn. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden 6/1999, 4-5.
- Olesen, J.E., Rasmussen, I.K. & Askegaard, M. (submitted). Danske forskere tester fire sædskif-  
ter. Økologisk Jordbrug.
- Rasmussen, I.A. 1999. Nyt fra Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. Økologisk Jordbrug  
194, s. 10 + 200, s. 8.
- Rasmussen J. & Askegaard M. 1996. Tæt på økologiske dyrkningssystemer. Jord og Viden 1996  
nr 24, 20-21.

- Thorup-Kristensen, K. 1997. Grøntsagerne får kvælstof fra grøngødning. Økologisk Jordbrug, nr. 157, 5.
- Thorup-Kristensen, K. 1998. Økologisk grønsagsproduktion uden indkøb af kvælstof. Landsbladet Mark, nr 3 1998 side 24-25.
- Thorup-Kristensen, K. 1999. Økologisk grønsagsproduktion uden kvælstofimport. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden nr. 7, 8-9.

## 9.11 Kalium, fosfor og svovl

### *Projektnummer og titel*

IV.1 Tilgængelighed og udnyttelse af kalium, fosfor og svovl i jord-plante-systemet i økologisk planteproduktion

### *Projektleder*

Margrethe Askegaard  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afd. for Plantevækst og Jord  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf. 8999 1900, Fax: 8999 1719  
E-mail: [Margrethe.Askegaard@agrsci.dk](mailto:Margrethe.Askegaard@agrsci.dk)

### *Projektdeleger*

Jørgen Eriksen, Gitte Rubæk, Jens Peter Mølgård, Danmarks JordbrugsForskning  
Henning Høgh Jensen, Jan K. Schjørring, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

En stigende produktion af økologiske salgsafgrøder vil føre til øget eksport af næringsstoffer fra bedrifterne. Der kan i forskellig udstrækning kompenseres for de eksporterede næringsstoffer, men der er imidlertid et behov for grundlæggende vurderinger af næringsstofferne tilgængelighed og udnyttelse i jordplantesystemet.

I projektet var der fokus på de økologiske markers evne til at forsyne afgrøderne med K, P, og S fra jordens egen næringsstofpulje, både på kort og langt sigt, og der blev set på mulighederne for at fremme udnyttelsen af næringsstoffer i jord med lav næringsstofstatus. Endvidere belyste man konsekvenser af lav næringsstofstatus for udbytte og kvalitet.

## Sammendrag af resultater

Vi undersøgte effekten af fire økologiske systemer (to dyretætheder kombineret med to typer af organisk gødning) på udbytter, K-udvaskning og K-balancer i et seksmarkssædskifte. Gennemsnitlige K-koncentrationer i jordvand ekstraheret vha. sugeceller i 1 meters dybde var 0,6 mg K/l, hvilket korresponderer til en K-udvaskning på 1,5 kg/ha/år. Dette var mindre end forventet ud-fra litteraturværdier. K-balancen varierede fra -12 til +30 kg/ha/år, hvilket dog ikke påvirkede udvaskningen. I et yderligere forsøg med tilførsel af 988 kg K/ha som KCl udgjorde K-udvaskningen kun 0,2% af det tilførte K, mens 40% af det akkompagnerende Cl blev udvasket. Hovedparten af tilført K blev fastholdt i overjorden. Det blev konkluderet, at K-udvaskningen i højere grad var et resultat af gødningshistorien, end af den aktuelle K-balance.

Kartoffelforsøgene viser, at gyllegødskning suppleret med kalium har en udbyttefremmende effekt, mens kvaliteten forbedres både af kalium og svovl.

Sulfatudvaskning og S-balancer blev undersøgt i et planteavlssædskifte på tre lokaliteter i de tre første år efter omlægning til økologisk drift. Sulfatudvaskningen faldt betydeligt i perioden. Svovlbalance viste, at der i fremtiden ikke kan forventes noget væsentligt S-underskud, hvis overskydende S bevares i systemet og synkroniseres med planternes behov. På sandjordene kan der dog, på længere sigt være behov for at tilføre en plantetilgængelig svovlkilde. Sulfatudvaskning og S-balancer blev ligeledes undersøgt i et kvægbrugssædskifte, der har været økologisk siden 1987.



For at reducere den relativt store S-udvaskning blev forskellige efterafgrøder indledningsvis undersøgt for deres evne til at reducere sulfatkoncentrationen i efteråret, og især de korsblomstrede havde evnen til, effektivt at reducere udvaskningspotentiallet.

Bygplanters evne til at udnytte begrænsede S-ressourcer blev undersøgt. S-tilgængeligheden havde stor indflydelse på planternes N-udnyttelse. Ved tilstrækkelig S-forsyning blev ca. 70% af N i bladene remobiliseret til kernerne i kernefyldningsperioden, mens kun ca. 35% blev det i svovlmanglende planter. Desuden viste det sig, at S er mere immobil i planter end N, idet omkring 50% af kernerne N-indhold skyldes remobilisering fra bladene, mens kun 25% af kerne-S stammede fra remobilisering. Tilgængeligheden af S i kernefyldningsperioden er derfor relativt vigtigere end tilgængeligheden af N. Svovlmangel ved de høje N-niveauer medførte også udtalte forringelser af kernekvaliteten.

Effekten af S-tilførsel på forskellige tidspunkter igennem vækstsæsonen blev undersøgt mht. udbytte, gødningseffektivitet og plantekvalitet. Forsøget viste, at der med et godt resultat kan tilføres en plantetilgængelig svovlkilde på et relativt sent tidspunkt i vækstsæsonen. I forsøget var der synlige mangelsymptomer allerede ved begyndende buskning, og dette kunne der, uden udbyttetab, rettes op på helt ind til midt i strækningsfasen. Ved kraftig S-mangel var der effekt af S-tilførsel efter skridning. Forsøget viste desuden, at S-tilførsel havde en relativt større indflydelse på kernekvaliteten end på udbyttet, og at dette forhold er mere udpræget jo senere S-tilførslen sker.

Det blev undersøgt, hvilken betydning P- og K-forsyningen har for bælgplanters vækst og N<sub>2</sub>-fikserende evne på jorde med lave P- og K-status. Endvidere blev bælgplanters evne til

at mobilisere tungtopløselige P- og K-forbindelser undersøgt. Hvidkløver planter klarer sig godt på jorde med lav P-status (1 mg P/100 g jord) og forholdsvis lav K-status (7 mg K/100 g jord), idet N<sub>2</sub>-fikseringsevnen pr. enhed biomasse opretholdes, selv når væksten er svagt reduceret. Den konkurrencemæssige balance mellem græs og kløver i blanding forrykkes, idet øget adgang til P og K stimulerer græsset på bekostning af hvidkløveren. Rhizodepositionen af N i rodzonen af en kløvergræsmark er kvantitativt set meget omfattende, og der overføres meget større mængder N fra kløver til græsset end hidtil antaget.

Betydningen af jordens P-status for udbyttet og kvaliteten af kløvergræs blev undersøgt i et langvarigt markforsøg med varierende fosforstatus i jorden. Markforsøget omfattede tre behandlinger: '0P', '15P' og '30P', hvor jordens P-status, målt som Olsen P i jorden var hhv. 12, 24 og 36 mg P kg<sup>-1</sup> jord, hvilket svarer til P-tilgængelighed, der anses for hhv. 'for lav', 'netop tilstrækkelig' og 'mere end tilstrækkelig' for uforstyrret vækst af afgrøden. Udbyttet af kløvergræs var da også mindst i jorden med lav P status (0P: 8,4, 15P: 10,6 og 30P: 11,1 tons ha<sup>-1</sup>). Græsudbyttet var generelt lavt, fordi forsøget ikke blev gødet med N dette forsøgsår, og det var upåvirket af jordens fosforstatus. Udbyttet af kløver var derimod generelt højt og tydeligt mindre ved lav P-status i jorden, end ved tilstrækkelig og rigelig P-status. N og P indholdet i både græs og kløver var negativt påvirket af lav P-status i jorden. Vi konkluderer derfor, at ikke kun udbyttet, men også kvaliteten af kløvergræs-afgrøden blev påvirket af jordens P-status. En anden tydelig effekt af den lave P-status i 0P behandlingen var, at det gjorde det nødvendigt for afgrøden at investere flere ressourcer i rodvækst. Rodmassen og rodlængdedensiteten i 0P behandlingen var derfor større, end i de to behandlinger med tilstrækkelig P-forsyning.

## Publikationer

### Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Askegaard, M. & Eriksen, J. 2000. Potassium retention and leaching in an organic crop rotation on loamy sand as affected by contrasting potassium budgets. *Soil Use and Management* 16: 200-205.
- Askegaard, M. & Eriksen, J. 2002. Exchangeable potassium in soil as indicator of potassium status in an organic crop rotation on loamy sand. *Soil Use and Management*, 18, 84-90.
- Eriksen, J. & Askegaard, M. 2000. Sulphate leaching in an organic crop rotation on sandy soil in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 107-114.
- Eriksen, J., Nielsen, M., Mortensen, J.V. & Schjørring, J.K. 2001. Redistribution of sulphur during generative growth of barley with different sulphur and nitrogen status. *Plant and Soil* 230: 239-246.
- Eriksen, J., Olesen, J.E. & Askegaard, M. 2002. Sulphate leaching and sulphur balances of an organic crop rotation on three Danish soils. *European Journal of Agronomy* 17: 1-9.
- Eriksen, J. & Thorup-Kristensen, K. 2002. The effect of catch crops on sulphate leaching and availability of S in the succeeding crop on sandy loam soil in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 247-254.
- Eriksen, J. & Mortensen, J.V. 2002. Effects of timing of sulphur application on yield, S-uptake and quality of barley. *Plant and Soil* 242: 283-289.
- Hansen, B., Kristensen, E.S., Grant, R., Høgh-Jensen, H., Simmelsgaard, S.E. & Olesen, J.E. 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems – a modelling approach. *European Journal of Agronomy* 13, 65-82.
- Hansen, E.M., Høgh-Jensen, H. & Djurhuus, J. 2002. Biological nitrogen fixation in a grazed perennial grass/clover ley and correlation with herbage and soil variables. *European Journal of Agronomy*, 16, 309-320.
- Høgh-Jensen, H., Schjørring, J.K. & Soussana, J.-F. 2002. The influence of phosphorus deficiency on growth and nitrogen fixation of white clover plants. - *Ann Bot.* 90: 745-753.
- Høgh-Jensen, H., Fabricius, V. & Schjørring, J.K. 2001. Regrowth and nutrient composition of different plant organs in grass-clover canopies as affected by phosphorus and potassium availability. - *Ann. Bot.* 88, 153-162.
- Høgh-Jensen, H. & Schjørring, J.K. 2001. Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 439-448.
- Høgh-Jensen, H. & Schjørring, J.K. 2000. Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: direct quantification by <sup>15</sup>N leaf feeding compared with indirect dilution of soil <sup>15</sup>N. *Plant and Soil* 227, 171-183.

### **Indlæg ved kongresser, symposier o.l.**

- Askegaard, M. 1999. Nutrient management in organic crop production. NJF Kongres Rapport. Jordbrug og Samfund, Ås, 28. juni-1. juli, nr. 3, 91-99.
- Askegaard, M. & Eriksen, J. 2000. Potassium retention and leaching in an organic dairy/crop rotation on sandy soil. Preceedings from Eurosoil 2000. University of Reading 4-6 September 2000. British Society of Soil Science. 2 pp.
- Eriksen, J. 1999. The sulphur balance of organic crop rotations in Denmark. I "Designing and testing crop rotations for organic farming" (Eds. Olesen, J.E., Eltun, R., Gooding, M.J., Jensen, E.S. and Köpke, U.) DARCOF Report no. 1, 251-256.
- Høgh-Jensen, H. & Schjoerring, J.K. 1999. Biological nitrogen fixation under phosphorus and potassium limiting conditions. Workshop transactions for 10th Nitrogen Workshop, 23-26 August 1999, held at KVL, Copenhagen. pp. I.9.
- Høgh-Jensen, H. and Schjørring, J.K. 2000. Shoot nutrient indices as indicators of nitrogen, phosphorus and potassium deficiencies in grassland. In Proceeding of Regional IPI workshop "Potassium and Phosphorus: Fertilization effects on soil and crops", pp. 124-131. Lithuania, 23-24 October, 2000.
- Høgh-Jensen H., Rubæk G. and Schjørring J. K. 2000. The effect of P- and K-deficiencies on the structure and quality of grass-clover communities. In Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands (eds.: Søgaard K., Ohlsson C., Sehested J, Hutchings N. J. and Kristensen T.), pp. 406-408. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Aalborg, Denmark, 20-25 May 2000.

## 9.12 Jordbearbejdning, mikroflora, fauna og nitrogenfrigørelsen

### *Projektnummer og titel*

IV.3 Kvalitative og kvantitative sammenhænge imellem jordbearbejdning, mikroflora, fauna og timing af nitrogenfrigørelsen i økologisk jordbrug

### *Projektleder*

Jørgen Aagaard Axelsen  
Danmarks Miljøundersøgelser  
Afdeling for Terrestrisk Økologi  
Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg  
Tlf.: 89201400, Fax: 89201413  
E-mail: [jaa@dmu.dk](mailto:jaa@dmu.dk)

### *Projektdeltagere*

Susanne Elmholt, Kasia Debosz, Gunnar Mikkelsen, Per Schjønning, Jørgen E. Olesen og Karl J Rasmussen, Danmarks Jordbrugs-Forskning  
Paul Henning Krogh, Martin Holmstrup, Hanne Lakkenborg Kristensen og Helene Bracht Jørgensen, Danmarks Miljøundersøgelser  
Ole M. Christensen, Janice G. Mather, Trine Bilde og Boy Overgaard Nielsen, Århus Universitet  
Peter Gjelstrup og Henning Petersen, Naturhistorisk Museum  
Søren Christensen, Københavns Universitet  
Jesper Rasmussen, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole

Fremgangen for økologisk jordbrug drives af forbrugerne, der ønsker varer uden pesticidrester, og gerne vil bidrage til en rigere natur, og af den økologiske landmand, der gerne skal kunne producere de efterspurgte varer til en acceptabel pris. Hensigten med dette projekt var at tilgodese begge parter. Projektet skulle således give viden, der kunne gøre den økologiske landmand bedre i stand til at påvirke

jordens mikroflora og fauna med henblik på en optimal udnyttelse af kvælstof. Desuden skulle projektet give viden om, hvilken "naturkvalitet" m.h.t. jordens og jordoverfladens mikroflora og fauna, der kommer ud af at betale en merpris for økologiske varer. Projektet bestod af tre dele: 1) jordbearbejdning, 2) biologiske og jordfysiske undersøgelser, og 3) modellering.

I jordbearbejdningsdelen undersøgte man betydningen af forskellige jordbearbejdnings effekter på afgrødens kvælstofoptagelse, vækst og udbytte. Der blev foretaget undersøgelser af effekten af pløjning, harvning og en bearbejdning inspireret af Dutzi-systemet. Disse bearbejdningsmetoder blev kombineret med overfladisk jordløsning imellem rækkerne i den voksende afgrøde. Yderligere blev der foretaget afprøvning og udvikling af Kemink Exact systemet. I forsøgene målte man planternes fremspiring og udvikling gennem vækstsæsonen, indflydelsen på ukrudt, plantesygdomme, optagelse af kvælstof gennem vækstsæsonen samt udbytte.

De biologiske og jordfysiske undersøgelser havde fokus på biologiske undersøgelser, hvorfra resultaterne blev knyttet sammen med undersøgelser af jordbearbejdningsmetodernes effekt på jordens porestruktur. I en udvalgt mark i det sædskifte, der blev benyttet til jordbearbejdningsforsøgene, blev der foretaget undersøgelser af effekten af jordbearbejdningsmetoderne på jordens kvælstof, jordbundens fauna og overfladelevende prædatorer. Derudover blev der foretaget en række grundlæggende laboratorieundersøgelser af jordbundsorganismernes afhængighed af porestruktur og fugtighed, samt deres indbyrdes trofiske relationer. Disse undersøgelser skulle bidrage til forståelse af

markresultaterne, og skaffe input til simuleringsmodellen.

Simuleringsmodellen blev skabt ved at kombinere og udbygge eksisterende dynamiske modeller for organisk stof, mikroorganismer, jordbundsfauna og afgrødevækst. Modellerne blev funderet på organismernes fysiologiske behov, og var afhængige af målinger af temperatur og fugtighed. Modellen, som byggede på informationer fra litteraturen, fra andre projekter i økologisk jordbrug, samt fra dette projekt, skulle foretage beregninger af, hvorledes jordbearbejdninger påvirker mængden og kvaliteten af liv i jordbunden, samt frigørelsen af kvælstof. Dette blev, sammen med erfaringerne fra den praktiske forskning, anvendt til at vurdere, hvilke jordbearbejdninger der gav den største frigørelse af kvælstof i planternes vækstperiode under forskellige klimatiske omstændigheder.

## Sammendrag af resultater

Projektet var sammensat af større markforsøg, eksperimenter i marken, laboratorieundersøgelser og matematisk modellering. Der blev lavet større markforsøg med tre forskellige typer af jordbearbejdning:

- Kemink Exact-systemet
- En ikke-vendende primær jordbearbejdning med overfladefræsning og dybtgående jordløsning
- En sekundær overfladisk jordløsning imellem rækkerne i vækstsæsonen

I det følgende sammenfattes resultaterne af både markforsøgene og en række uddybende undersøgelser:

### 1 Kemink Exact-systemet

For at sammenligne Kemink Exact jordbehandlingssystemet og dets komponenter, med et traditionelt jordbearbejdningssystem baseret på pløjning, blev der udført et systemforsøg og to mindre detailforsøg på KVLs forsøgsgård Højbakkegård. Systemforsøget viste entydigt, at Kemink-systemet har en positiv effekt på jordstrukturen. Penetrometermålinger foretaget efter første og tredje år bekræftede dette. Mens selve jordløsningen fungerede tilfredsstillende, blev det hurtigt klart, at Kemink-redskabet har åbenlyse svagheder på lerjord. På trods af en klart løsere jord i Kemink-systemet blev det samlede høstudbytte over de tre forsøgsår således negativt påvirket i Kemink-systemet. Der har dog været en positiv udvikling over tid, således at udbytterne i Kemink-systemet ændrede sig fra at være signifikant lavere i 1998 og 1999, til at være på højde med udbytterne i det pløjede system i år 2000. For roernes vedkommende gav Kemink-systemet et signifikant større udbytte i år 2000, hvilket kunne forklares udfra en særdeles stærk korrelation mellem penetreringsmodstand i jorden og udbytte.

Detailforsøget med opsætning af kamme som alternativ til pløjning viste, at anvendelse af kamme kan reducere kvælstofudvaskningspotentialet. Efter at have opsat kamme i september 1999 havde de pløjede parceller således et indhold af uorganisk kvælstof i 30-60 og 60-90 cm dybde i november, der var hhv. 39% og 51% større end parceller med kamme. Denne udvaskningsreduktion resulterede i øget vækst af den efterfølgende bygafgrøde (10,0% højere tørvægt ved høst i 1999 og 27,6% højere tørvægt ved høst i 2000). Detailforsøget med dybe jordløsninger i roer viste, at mens dybe jordløsninger før såning gav en signifikant udbyttestigning på hhv. 7,0% og 12,4% i 1999 og 2000, var der en negativ effekt af at løsne yderligere i vækstsæsonen.

## 2 Ikke-vendende primær bearbejdning med overfladefræsning og dybtgående jordløsning

Disse forsøg blev foretaget på den økologiske forsøgsgård Rugballegård ved Forskningscenter Bygholm ved Horsens.

Forsøget blev designet til at analysere for effekter af den ikke-vendende jordbearbejdning (omtales i det følgende som Dutzi-bearbejdningen) på jordens porestruktur, mikroflora, fauna, kvælstoffrigørelse og afgrødevækst i sammenligning med almindelig pløjning. Forsøgene blev etableret i et randomiseret blokdesign med fire gentagelser af hver behandling. Prøverne for de forskellige faktorer blev taget så tæt op ad hinanden som overhovedet muligt, så prøverne kunne anses samhörende og indgå i en analyse af sammenhæng imellem faktorerne. Der blev i 1998/99 taget prøver i 3 dybder, 0-4 cm, 8 - 12 cm og 28 - 32 cm. I 2000 blev der yderligere samlet ind i 16 - 20 cm. I 1998/99 blev forsøgene udført som efterårsbearbejdnings, hvor der blev sået vinterhvede, og i 2000 som forårsbearbejdnings, hvor der blev sået vårbyg.

Jordens porøsitet steg for alle bearbejdede dybder lige efter begge bearbejdnings. For alle de undersøgte dybder blev der fundet en signifikant større porøsitet efter Dutzi-bearbejdningen i forhold til pløjning. Tre uger senere (20. oktober 1998) var forskellen imellem bearbejdningerne forsvundet i det øverste lag og var reduceret i de dybere lag. Yderligere 5 måneder senere (23 marts 1999) var der kun en ikke-signifikant tendens til større porøsitet i Dutzi tilbage. I år 2000 i mark B1.1 indikerede målingerne før bearbejdningerne en meget løs overjord. I laget under pløjedybden blev der målt en ganske svagt højere porøsitet i de Dutzi-behandlede parceller sammenlignet med de pløjede. Denne tendens eksisterede ved begge indsamlinger efter bearbejdningen,

men var ikke statistisk signifikant. Der blev ikke fundet en markant pløjesål i nogle af markerne.

Efterårsbearbejdning med pløjning eller Dutzi havde minimal effekt på kvælstofmineraliseringen og på kulstofomsætningen, og ligeledes var der meget få effekter på mikrobiel biomasse C og N i jorden. De bearbejdningssinducerede ændringer på kvælstofomsætningen, mikrobiel biomasse C og N og jordrespiration var størst i det dybe lag (28-32 cm).

De fleste mikrosvampe var fordelt med flest sporer i de øverste jordlag og aftagende tæthed nedad, f.eks. skimmelsvampene. Denne dybdefordeling holdt sig ved begge bearbejdnings, dog med en nedgang i tallet i de øverste fire cm ved pløjning. En af de svampe, der indgik i dette resultat, *Cladosporium* spp., viste en dramatisk nedgang i 0-4 cm laget i de pløjede parceller – givetvis p.g.a. opblanding med andre jordlag. Denne tendens var mindre i Dutzi-behandlingerne. De observerede effekter af bearbejdningerne holdt sig i hele indsamlingsperioden, dvs. frem til marts det følgende år i vinterhveden, og frem til midten af maj i vårbyggen.

Overordnet havde de to typer jordbearbejdning ikke forskellig effekt på mikrofaunaen i felten, hverken umiddelbart efter, eller en måned senere. Dette er fint i tråd med resultaterne af et uddybende forsøg omkring nematoder (se "Uddybende forsøg").

Populationstætheden af Collemboler før jordbearbejdning var usædvanlig høj, især i september 1998, sammenlignet med typiske populationsstørrelser målt i både naturlige og kultiverede jorder (skøn, inkl. interpolerede værdier for de lag, som ikke blev indsamlet: 175.000. m<sup>2</sup>). Begge jordbearbejdningsmetoder førte til en reduktion af collemboltætheden til omkring en tredjedel i efteråret 1998,

og til en halvering i foråret 2000 umiddelbart efter jordbearbejdningen. Den totale populationstæthed i hele jordprofilen forblev lav gennem hele efterårs- og vinterperioden i 1998-99, og gennem foråret 2000. I ingen af de to år var der signifikant effekt af jordbearbejdningstypen på den samlede collembolpopulation i hele jordprofilen. Derimod var der, i begge felteksperimenter, forskelle i populationens vertikale fordeling som følge af jordbearbejdningstypen. Konventionel pløjning resulterede i en inversion af den oprindelige vertikale fordeling, mens den ikke-vendende jordbearbejdning ikke medførte nogen større ændring i det vertikale fordelingsmønster.

Antallet af mider som samlet gruppe, viste forskellig reaktion på pløjning og ikke-vendende jordbearbejdning på de to forsøgsmarker. I 1998/99 var der en forsinket (efter ca 3 uger) generel negativ effekt af bearbejdningerne på midefaunaen, og i 2000 var der et umiddelbart fald i antal mider til ca. 1/3. De forskellige midegrupper og arter reagerede endvidere ikke ens på jordbehandling. Både pløjning og ikke-vendende jordbearbejdning synes imidlertid generelt at skade midefaunaen betydeligt, men især i den del, der blev behandlet med den ikke-vendende metode var der ved forsøgenes slutning flest mider - og i 2000 signifikant flest mider - i de øverste jordlag i forhold til i de pløjede øvre jordlag.

Regnormetæthederne ved den første prøvetagning i 1998/99 var høje (350-550 individer  $m^{-2}$ ). Hvis der interpoleres for hele jordprofilen (0-32cm), er antallet af regnorme ca. 900 individer  $m^{-2}$ . Begge bearbejdningsmetoder resulterede umiddelbart i reduktioner af regnormefaunaen, og signifikante forskelle mellem de to teknikker kunne ikke demonstreres.

Dutzi-metoden var særlig ødelæggende for faunaen, idet den inducerede en signifikant 50%-reduktion af tætheden. Det skyldes

sandsynligvis, at en overfladisk fræsning til en dybde på 5 cm er inkluderet i Dutzi-metoden. Regnorme i de øverste 4 cm var særligt udsatte for jordbehandlingen, idet både tæthed og biomasse reduceredes signifikant med 70% ved begge metoder. Pløjning forårsagede en signifikant forøgelse (>90%) i regnormetætheden i 8-12 cm's dybde. Der blev også i 2000 set meget høje tætheder af regnorme, men der fandtes ingen signifikante forskelle mellem de to bearbejdningsmetoder, hverken få dage eller 2 uger efter jordbehandlingen. Begge metoder resulterede i mindre negative, men ikke-signifikante effekter på antal.

I 1998/99 var der en udbyttenedgang i de Dutzi-behandlede parceller, som lå lige omkring signifikansgrænsen. Hvis en meget ukrudtsbefængt blok blev udeladt fra analysen af resultaterne, var forskellen signifikant. Hvis alle blokke blev medtaget var resultatet lige netop ikke signifikant. I 2000 var der ingen betydelig forskel på udbyttet efter de to bearbejdninger

Analyserne for korrelationer imellem de målte parametre blev foretaget v.h.a. multivariat statistik. Resultaterne viste begge år før bearbejdningerne en stærk korrelation imellem en del af de målte mikrobiologiske parametre og både mide- og collembolsamfundet. Der blev ligeledes før bearbejdningerne fundet en korrelation imellem de jordfysiske parametre og svampefloraen, Collembolsamfundet og midesamfundet i 2000. Denne sammenhæng var svagere i 1998/99. Mange af de målte parametre varierede også med dybden, der tydeligvis var afgørende for variationen i porestørrelsesfordeling. Korrelationerne blev fuldstændig brudt op ved jordbearbejdningerne, hvilket både skyldes kraftig dødelighed hos faunaen, opblanding og ændringer i porestrukturen, der før bearbejdningerne nok var afgørende for den vertikale fordeling. Der blev kun genetab-

leret en lille del af korrelationerne i løbet af prøvetagningsperioderne i de to år.

### 3 Sekundær jordløsning imellem rækkerne i vækstsæsonen

Forsøgene blev i begge år udført i vinterhvedemarker på Rugballegård. I 1999 lå forsøget placeret i de pløjede parceller i ovennævnte forsøg. Jordløsningerne blev udført med en Kress-reenser med påmonterede grubbetænder, der løsnede jorden ned til ca. 8 cm. I 1999 blev jordløsningen foretaget en enkelt gang (18 maj). I 2000 blev jordløsningen foretaget på tre separate tidspunkter med én uges mellemrum.

Jordløsningen gav i 1999 et signifikant lavere tørstofudbytte. Planteprover viste i 1999 ingen signifikante forskelle i tørstofproduktionen, men en klar tendens til en større kvælstofoptagelse på ca. 4 kg N ha<sup>-1</sup>. Dette er i overensstemmelse med jordprøverne, der viser klare tendenser til større mineralsk N-indhold i jorden på både 0-4 cm og 8-12 cm dybde ca. 14 dage efter jordløsningen. Denne forskel i mineralsk N-indhold i jorden er dog forsvundet ved de efterfølgende prøvetidspunkter.

Jordløsningen havde i 2000 ingen signifikant virkning på kerneudbyttet. Derimod var der en signifikant stigning i kvælstofindhold i kerne ved den tidligste løsning, men ikke ved de senere løsninger. Dette resulterede samlet i en øget kvælstofoptagelse på 5 kg N ha<sup>-1</sup> i kerne ved den tidligste løsning, men ingen effekt ved de senere løsninger.

Overfladisk jordløsning i vinterhvede i slutningen af maj viste sig at stimulere jordens kvælstofmineralisering. Denne type jordbearbejdning havde således den ønskede virkning på planternes adgang til kvælstof. Vinterhveden var imidlertid ikke i stand til at udnytte kvælstoffet, idet kvælstofoptagelse og udbytte var upåvirket af behandlingen. Dette skyldes

måske skader af jordløsningsbehandlingen på afgrøden.

I foråret 1999 blev indsamlingen af mikroarthropoder fortsat med prøvetagninger i de pløjede parceller for at vise en evt. effekt af overfladisk jordløsning. Den samlede collembolpopulation voksede signifikant fra den relativt lave værdi i marts til 55.000 m<sup>-2</sup> i de 4 jordlag ved den sidste prøvetagning i juni, hvilket svarer til en skønnet tæthed på 100.000 m<sup>-2</sup> i hele profilen. Der var ingen signifikant effekt af jordløsningen på den samlede collembolpopulation i hele profilen. Med hensyn til regnormtæthed og biomasse fandtes der ingen signifikante effekter af jordløsningen.

Derimod blev der fundet ca. 30% færre edderkopper i løsnede parceller i forhold til kontroller i begge prøvetagninger efter bearbejdningen. Effekten af jordløsning i første prøve viser den direkte mortalitet som følge af jordbehandling, mens effekten i anden prøve antagelig skyldes, at reinvasjon tager forholdsvis lang tid.

### 4 Uddybende forsøg

Der blev udført en række uddybende forsøg, som dels tjente til forståelse af markforsøgene, dels tjente som inputviden til den matematiske simuleringmodel. Her vil kun enkelte af disse forsøg blive omtalt.

A. Simulering af jordbearbejdning i laboratorieforsøg viste i overensstemmelse med de tilsvarende prøver fra feltforsøget ingen effekter på den totale kvælstofmineralisering. Men simulering viste sig alligevel at bevirke en frigivelse af kvælstof fra en beskyttet (inaktiv) kvælstofpulje i jorden. Ved brug af forskellige metoder til forstyrrelse af jordens struktur og den mikrobielle biomasse indikeredes, at effekter af jordbearbejdning på jordens organiske kvælstofpuljer, overvejende skyldtes frigivelse af mikrobiel biomasse.



B. Vi undersøgte effekterne af jordens fugtighed for regnorme og springhaler. Som model for regnorme brugte vi arten *Aporrectodea caliginosa*, som er en af de almindeligst forekommende i landbrugsjord. Ved hjælp af laboratorieforsøg har vi beskrevet, hvorledes denne art responderer i forhold til ændringer i jordens vandpotentiale mht. reproduktion, vækst og overlevelse. For springhaler har vi undersøgt effekter af tørke, og hvilke biologiske mekanismer, springhaler anvender for at overleve tørke.

C. Nematoders afhængighed af tætheden af ressourcer blev også undersøgt. Her sås øget omsætning, jo tættere på hinanden kontrasterende ressourcer var placeret indenfor 6-50 mm afstand, og den mikrobielle omsætning var mindre begrænset af kvælstofmangel med korte afstande. Derimod sås der ikke effekt på nematodesamfundet af en næringsberigelse, der 6 mm væk bevirkede en 3-4 ganges forøgelse af nematodernes antal indenfor få uger. Da de testede jordbearbejdningsmetoder ikke kan forventes at bevirke forskellig jordløsning ned på under 10 mm-skalaen, underbygger modelforsøget således den manglende effekt i felten.

D. Der blev udført laboratorieforsøg med Collemboler som føde for en overfladelevende bille, *Bembidion lampros*, der anses for betydningsfuld for bladlusekontrol. Fem arter af Collemboler med almindelig forekomst i landbrugsjord blev testet som bytte for løbebillerne *Bembidion lampros*, en af de almindeligste prædatorer i agerlandet. De fem undersøgte arter varierede i kvalitet som bytte for billen, hvilket kom til udtryk ved differentieret konsumeringsrate og ægproduktionsrate.

## 5 Matematisk simuleringsmodel

Der er blevet udarbejdet en fødenetsmodel, der kan simulere interaktionerne i nedbryder-

fødenettet i dansk agerjord afhængig af temperatur, fugtighed, porestørrelsesfordeling og jordbearbejdning. Denne fødenetsmodel er blevet sammenkoblet med FASSET-modellen, som anvendes på Forskningscenter Foulum. Fødenetsmodellen er en populationsdynamisk model, som drives af populationernes efterspørgsel efter bytte, og reguleres af, hvor meget bytte den får.

Fødenetsmodellen benytter et udvidet prædator- og byttedyrsbegreb. En prædator er blot en organisme, der lever af noget andet. Tilsvarende er et bytte noget, der bliver ædt eller optaget af en prædator. Således kan organisk stof være bytte, og bakterier eller mikrosvampe kan være prædatorer. Denne modelstruktur er ikke tidligere afprøvet med organisk stof som bytte og mikrofloraen, samt regnorme som "prædatorer". Fordelen ved denne modellering af nedbrydningen af organisk stof er, at der ikke opereres med forskellige "umålelige" puljer af organisk stof. Ulempen er, at det organiske stof i den nuværende model ikke forandrer sit C/N-forhold med tiden, hvilket sker i virkelighedens verden. Der findes i modellen to måder at frigøre kvælstof på:

1. Hvis en organismes/populations føde har et højere kvælstofindhold end organismen efterspørger, vil det overskydende kvælstof blive udskilt som frit kvælstof.
2. Indholdet af kvælstof i den del af føden, der forbrændes til respiration, vil blive udskilt. Frigørelsen af kvælstof modelleres udelukkende ved hjælp af biologiske mekanismer.

Modellen inkluderer også en simulering af jordens porestørrelsesfordeling. Denne fordeling benyttes til at simulere organismernes udbredelse i jordprofilen.

## Publikationer

### Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Bilde, T. & Toft, S. 2000. Evaluation of prey for the spider *Dicymbium brevisetosum* Locket (Araneae: Linyphiidae) in single-species and mixed-species diets. *Ekológia* 19, 9-18.
- Bilde, T. Axelsen, J.A. & Toft, S. 2000. The value of Collembola from agricultural soils as food for a generalist predator. *Journal of Applied Ecology*, 37, 672-683.
- Holmstrup, M. (in press). Sensitivity of life history parameters in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to small changes in soil water potential. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Kristensen, H.L., McCarty, G.W., & Meisinger, J.J. 2000. Effects of soil structure disturbance on mineralization of organic soil N. *Soil Science Society of America. Journal* 64: 371-378.
- Petersen, H. Effects of non-inverting tillage vs. conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field. Manuskript indsendt til *Applied Soil Ecology*
- Holmstrup, M., Sjørnsen, H., Ravn, H. & Bayley, M. (submitted). Dehydration tolerance and water vapour absorption in two species of soil-dwelling Collembola by accumulation of sugars and polyols. *Functional Ecology*.

### Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

- Axelsen, J.Aa., Berntsen, J., Bilde, T., Deboz, K., Elmholt, S., Gjelstrup, P., Kristensen, H.L., Mather, J., Mather-Christensen, O., Olesen, J., Petersen, H., Rasmussen, K. & Schjøning, P. 2000. The effect of soil tillage on the soil ecosystem, soil physical factors, nitrogen and yield – laboratory experiments, field sampling and modelling. Abstract from NJF Seminar 310 Soil Stresses, Quality and Care, 10-12 April 2000, Ås, p. 22.
- Bilde, T. 1999. 18<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology. July 12-17 1999. High Tatra Mountains, Slovakia. "Evaluation of prey for the spider *Dicymbium brevisetosum* Locket (Araneae: Linyphiidae) in single-species and mixed-species diets" (paper).
- Deboz, K. & Kristensen, H.L. 1999. Short-term impact of tillage on N turnover in organic farming. Poster præsentation ved The 10th N-workshop, 23.-26. Aug. 1999, Copenhagen, Denmark, Abstract book I-14:1-4.
- Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. & Nuutinen, V. (eds.) 2000. Soil Stresses, Quality and Care. Proceedings from NJF Seminar 310, 10-12 April 2000, Ås. DIAS Report 38, Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum. 179 pp.
- Henriksen, C.B., Rasmussen, J., Søgaard, C. & Jensen, E.S. 2000. Effect of ridges on soil nitrogen and growth of a subsequent barley crop. In J.E. Morrison (ed): Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference of the International Soil Tillage Research Organization.
- Henriksen, C.B., Søgaard, C. & Rasmussen, J. 2000. Kemink subsoiling may stimulate the growth of sugar beets. In T. Alföldi (ed): Proceedings 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference, s407.
- Rasmussen, J. & Henriksen, C.B. 2000. Jordløsninger - er det svaret? Økologikongres 2000. Troværdighed og succes Kongresbilag: 26-27.

- Mather-Christensen, O. 2000. Sydjyllands Landbrugsskole, Riber Kjærgård (6.11.2000): Regnorme i relation til reduceret jordbehandling og husdyrgødning.
- Petersen, H. 2000. Consequences of different soil tillage methods for collembolan populations in an organic crop rotation. – Poster ved XIII International Colloquium on Soil Zoology, Ceske Budejovice, Tjekkiet 14-18. aug. 2000 (Session 4).
- Andersen, L.J., Axelsen, J.A. & Toft, S. 2000. Value of Collembola from agricultural soil as food for the mite *Hypoaspis aculeifer* – Poster ved XIII International Colloquium on Soil Zoology, Ceske Budejovice, Tjekkiet 14-18. aug. 2000 (Session 4).
- Axelsen, J.A. 2000. Aphysiological driven population dynamic food web model working at the species level. – Poster ved XIII International Colloquium on Soil Zoology, Ceske Budejovice, Tjekkiet 14-18. aug. 2000 (Session 4).

## 9.13 Kvalitet af økologiske planteprodukter

### *Projektnummer og titel*

IV.4 Kvalitet i relation til forarbejdning, plantesundhed og forædling

### *Projektleder*

Kirsten Brandt

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Vegetabilske Fødevarer

Postboks 102, 5792 Årslev

Tlf. 65 99 17 66, Fax 65 99 17 56

E-mail: [Kirsten.Brandt@agrsci.dk](mailto:Kirsten.Brandt@agrsci.dk)

### *Projektdelegerede*

Hanne Østergaard og Ahmed Jahoor

Forskningscenter Risø

Projektet var baseret på en betragtning af planten som et centralt element i det økologiske dyrkningssystem. Planten allokere sine tilgængelige ressourcer til forskellige formål: På den ene side til forsvar mod skadegørere, på den anden side til vækst, herunder produktion af frø og knolde m.m. Dette har konsekvenser for både mængden og kvaliteten af det udbytte, som opnås. Inden for rammerne af det genetiske potentiale kan en plante også ændre allokeringen, som respons på udefra kommende påvirkninger, f.eks. tilgængelighed af næringsstoffer. Optimering af den økologiske dyrkningsform forudsætter, at man forstår og udnytter disse mekanismer, både ved forædling af egnede sorter, og ved at tilpasse dyrkningssystemet, så planternes muligheder udnyttes bedst muligt. Dette er specielt vigtigt for planteprodukter, som skal forarbejdes industrielt og derefter sælges direkte til forbrugeren. Her er høj, ensartet kvalitet af afgørende betydning, men sådanne kvalitetsvarer kan også afsættes til væsentlig højere priser, end foder eller anden bulkvare.

Projektet havde på den baggrund til formål:

- At opnå grundlæggende og strategisk viden om den genetiske baggrund for planternes forsvarsmekanismer, så de kunne optimeres i fremtidige sorter i kombination med højt udbytte og god bagekvalitet i hvede, og dermed danne baggrund for forædling og dyrkning af sorter, der er særligt egnede til økologisk brød- og foderproduktion.
- At udvikle og tilpasse metoder til økologisk dyrkning af havre, så der kan iværksættes dansk produktion af økologiske havregryn af høj kvalitet.
- At beskrive og forstå kvalitetsforskelle i økologisk dyrkede kartofler, og dermed anviser metoder til at producere økologiske spisekartofler med høj spisekvalitet og med gode råvareegenskaber.

## Sammendrag af resultater

Projektet bestod af tre dele, hvede, havre og kartofler:

### **Hvede**

I delprojektet var det planen, at gennemføre fysiologiske og genetiske undersøgelser af udvalgte mekanismer for forsvar mod ukrudt, insekter (bladlus) og sygdom (stinkbrand) i hvede, deres sammenhæng med hinanden, og med bagekvalitet af kornet. I hvert laboratorium skulle de samme genotyper undersøges, så vidt muligt en population af linier fremstillet fra en udvalgt krydsning. Forældrepar, som havde forskellig allelopatisk effekt, skulle udvælges og testes for insektresistens, bagekvalitet og sygdomsresistens. Hvis ingen af disse populationer var egnede, ville andet forsøgs-

materiale blive benyttet, men projektets resultater ville i så fald blive af mere foreløbig karakter.

I del projektet blev der etableret en segregerede population af DH-linier fra en krydsning af sorterne Chul og Club. Det lykkedes dog ikke, som forventet at teste den indenfor dette projekt. Midlerne til testning var opbrugt til metodeudvikling og sortsscreening, inden materialet fra krydsningen var klar til at teste.

En lang række sorter og accessioner af hvede blev testet for allelopatisk effekt på rajgræs og fuglegræs, og der blev vist signifikante forskelle mellem sorterne, men kun i få tilfælde forskel i effekten på de to ukrudtsarter. Dose-response kurven af relevante stoffer (DIMBOA og vanillinsyre, 4-hydroxybenzoesyre, ferulasyre og p-kumarsyre) blev bestemt på 15 forskellige ukrudtsarter ved måling af rodspirernes længde, og viste store forskelle i følsomhed mellem arter og stoffer. Den målte udskillelse af de ovenfor nævnte stoffer er langt mindre end forventet, og der kunne ikke konstateres korrelation mellem alleopati, forekomst af DIMBOA og resistensniveau mod stinkbrand i 21 sorter, som omfattede nogle med høj og nogle med lav allelopatisk evne. For bladlus er der ingen data, fordi forsøgene mislykkedes. Forskelle i karakterer relateret til bageekvalitet er så store, at dette skal tages i betragtning ved valg af dyrkningsmetode, sortsvalg og tilrettelæggelse af forædlingsstrategier, men der er ikke korrelation med de andre egenskaber.

## **Havre**

I delprojektet var det planen at gennemføre en anvendelsesorienteret undersøgelse af mulighederne for at dyrke havre i en kvalitet, der er egnet til fremstilling af havregryn.

Et forsøg med fire sorter og enkelt/dobbelt rækkeafstand viste, at en af de afprøvede sorter giver både god kvalitet og udmærket udbytte i et økologisk sædskifte med lavt smitte-tryk, selv om den ikke har nematoderesistens. Den gode kvalitet består i en passende og ensartet kernestørrelse til anvendelse i grynproduktion. Rækkeafstanden påvirker ikke kernestørrelsen signifikant.

## **Kartofler**

I delprojektet blev kvaliteten af økologiske kartofler fra behandlingerne i projekt II.3 undersøgt. Delprojektet viste, at dyrkningsbehandlingerne gav mindre forskelle i sensorisk kvalitet, end mellem sorter og år. Dybstrøelse gav den bedste kvalitet, men et lavere udbytte. Ved gødskning med gylle var kartoflerne mere misfarvede og mindre gule på overfladen, kartoffelsmagen var mindre, bismagen lidt højere og kartoflerne var mere fugtige (vandende) i forhold til kartofler gødsket med dybstrøelse. Idet en del af de potentielle plantebeskyttende stoffer (coumariner og fenoliske syrer) er bitre, er disse også blevet målt, og resultaterne sammenlignet med de sensoriske undersøgelser. Højest indhold var i nogle af de prøver, der blev dyrket med dybstrøelse, og de havde også den bedste smag.

## Publikationer

### Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Al Hamidi, B., Inderjit, Olofsdotter, M. & Streibig, J.C. 2001. Laboratory bioassay for allelopathy: An example from wheat straw. *Agronomy Journal* 93:43-48.\*
- Harder, L.H. & Christensen, L.P. 2000. A new flavone O-glycoside and other constituents from wheat leaves (*Triticum aestivum* L.). *Z. Naturforsch.* 55, 337-340. \*
- Inderjit, & Dakshini, K.M.M. 1998. Allelopathic interference of chickweed, *Stellaria media* with seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Canadian Journal of Botany* 76: 1317-1321.
- Inderjit, Olofsdotter, M. & Streibig, J.C. 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) interference with seedling growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne*): Influence of density and age, *WEED TECHNOLOGY* 15 (4): 807-812.
- Inderjit, Streibig, J.C. & Olofsdotter, M. 2002. Joint action of phenolic acid mixtures and its significance in allelopathy research, *PHYSIOLOGIA PLANTARUM* 114 (3): 422-428.
- Larsen, E. & Christensen, L.P. 2000. A simple method for extraction and isolation of the cyclic arylhydroxamic acid DIMBOA from maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2556-2558.
- Martens, H.J. & Thybo, A.K. 2000. An integrated microstructural, sensory and instrumental approach to describe potato texture. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33, 471-482.\*
- Olofsdotter, M. 2000. Why won't breeders do what we want? – My View. *Weed Science* 48: (5) 531-531.\*
- Thybo, K. & Martens, M. 2000. Analysis of sensory assessors in texture profiling of potatoes by multivariate modelling. *Food Qual. Pref.* 11, 283-288.\*
- Thybo, A.K., Nielsen, M. & Martens, M. 2000. Influence of uniaxial compression rate on rheological parameters and sensory texture prediction of cooked potatoes. *J. Text. Stud.* 31, 25-40.\*
- Thybo, A.K., Bechmann, I.E., Martens M. & Engelsen, S.B. 2000. Prediction of sensory texture of cooked potatoes using uniaxial compression, near infrared spectroscopy and low field <sup>1</sup>H NMR spectroscopy. *Lebensm. Wiss. u. -Technol.* 33, 103-111.\*
- Thybo, A.K., Mølgaard J.P. & Kidmose, U. 2002. Effect of different organic growing conditions on quality of cooked potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 12-18.

### Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

- Inderjit, Olofsdotter M., 1999. Allelopathy in agroecosystem. Proceedings of 11th EWRS (European Weed Research Society) Symposium 1999, Basel.
- Nielsen, B.J. 1998. Resistance against leaf stripe (*Drechslera graminea*) in barley and common bunt (*Tilletia caries*) in wheat. *NJF seminar* 302: Resistance Biology of Agricultural Crops, 16. \*

Olofsdotter, M. & Mallik, A.U. 2001. Allelopathy symposium. Introduction. Agronomy Journal 93:1-2. \*

Olofsdotter, M., Inderjit 1999. Allelopathy. In Weed Science (eds JE Jensen, C Andreasen & P Seiden) KVL. p 337-355.\*

Olofsdotter, M. 2000. Allelopathy in the agroecosystem. Proceedings of the American Weed Science Conference in Toronto, Canada Feb. 2000. Page 124.\*

**Andre publikationer:**

Nielsen, B.J. 2000. Resistens mod stinkbrand i vinterhvede & resistens mod stribesygge i vårbyg. I "Sortsforsøg. Korn, bælgæd og olieplanter 2000", Deneken G. & Pedersen J.B. (eds), Danmarks Jordbrugsforskning & Landbrugets Rådgivningscenter, 12-15.

*\*angiver publikationer, der ud over projektets resultater også omfatter materiale frembragt i andet regi.*

## 9.14 Udnyttelse af biologisk mangfoldighed til forebyggelse af sygdoms- og skadedyrsangreb

### *Projektnummer og titel*

VII.1 Udnyttelse af biologisk mangfoldighed til forebyggelse af sygdoms- og skadedyrsangreb ved økologisk jordbrugsproduktion.

### *Projektleder*

Seniorforsker Ib Sillebak Kristensen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afd. for Jordbrugssystemer  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf. 8999 1205 - Fax 8999 1200 –  
E-mail: [IbS.Kristensen@agrsci.dk](mailto:IbS.Kristensen@agrsci.dk)

### *Projektdeltagere*

Chris Topping og Trine Bilde, Danmarks Miljøundersøgelser  
John E. Hermansen, Kaare With Jensen, Ulrich Halekoh, Henrik Brødsgaard og Søren Holm, Danmarks JordbrugsForskning.

Projektets har med udgangspunkt i undersøgelser på økologiske bedrifter haft til formål, at:

- Kortlægge udbredelsen af nogle vigtige organismegrupper (bl.a. skadedyrs naturlige fjender) i forhold til landskabsstruktur og dyrkningssystem
- Undersøge, hvorledes dyrkningstekniske foranstaltninger (bl.a. afgrødesammensætning på gårdniveau og regionsniveau samt etablering af overlevelsensmulighed for nytteinsekter) påvirker smittetryk af patogener og skadedyr
- Formulere et robust dyrkningssystem på gårdniveau og regionsniveau

### Sammendrag af resultater

"Bladlusnyttedyr" (edderkopper i 1999 og løbebiller i 1999-2000) er kvantificeret kontinuert gennem 9-12 uger i faldgrubefælder fra afsluttet ukrudtsbekæmpelse i vårsæd (ultimo maj) til begyndende afmodning af korn (primo juli), perioden hvor bladlus opformerer i korn. Der er fundet et uventet højt antal nyttedyr på 240 løbebiller og 690 edderkopper pr. ni uger pr. 93 cm<sup>2</sup> faldgrubefangstareal. Noget overraskende blev der ikke fundet signifikant indflydelse af afstand fra markkant med gunstige overvintringsmuligheder for insekter (græsbevokset og divers plantesammensætning og hævet i forhold til markniveau).

Der blev fanget flest biller i vintersæd og ært og færrest i varig græs. Følgende dyrkningsmæssige faktorer har signifikant negativ indflydelse på løbebilleantallet: antal ukrudtsfarvninger, tidlig pløjning, sen såning, sen ukrudtsfarvning, samt lille andel af bælgplanter, ukrudt og/eller udlæg.

*Pterostichus melenarius* var den mest dominerende og *Agonum dorsale* og *Bembidion lampros* herefter. Der var betydelig forskel i forekomst af løbebiller mellem Sjælland og Jylland. I Jylland var de hyppigst forekommende arter *Bembidion tetracolum* og *Pterostichus*, og på Sjælland var det *Nebria salina* og *Nebria brevicollis*. Effekten er konfunderet med ler- og sandjord samt klima og ukrudt, hvor der var betydeligt mere ukrudt i jyske kornmarker. Shannon-index blev anvendt til at udtrykke diversitet. I varig græs blev fundet laveste diversitet og antal, mens vintersæd havde 4-5 gange højere antal og dobbelt så høj diversitet udtrykt i Shannon-index.



I 1999 og 2001 blev der i maj/juni måned kun fundet få lus og altid under gældende bekæmpelsestærskler. I 2000 var der udbredte og alvorlige luseangreb gennem hele juni måned med stort udbyttetab til følge, især i vårkorn og ærter. Nytteinsekter har således ikke kunnet kontrollere lus i år med kraftige angreb.

For at håndtere et komplekst landskab med forskellig dyrkning i relation til "nytteinsekter" er der udviklet en simuleringsmodel ALMaSS (The animal Landscape and Man Simulation System) for løbebiller (Bilde & Topping, submitted 2002). Simuleringer viser positiv indflydelse af græsbevoksede markkanter og små marker på løbebilleantallet, især de langsomt migrerende løbebiller, når løbebillerne antages at overvintre i græsskellet.

Fra gårdmoniteringer er det således vist, at nytteinsekter er talrige på økologiske brug. De er dels afhængige af højt niveau af "føde" (planterester, frø, tokimbladede (bælplanter og ukrudt), dels af beskyttelse. Intensiv ukrudtsbekæmpelse, sortpløjet jord i længere tid har negativ indflydelse på især edderkopper som dræbes, mens de mere robuste biller synes at tåle nogen jordbearbejdning. Pleje af nyttedyr er således ofte i konflikt med det økonomiske behov for at opnå højt udbytte af monokultur. Imidlertid kan en mere nuanceret viden om insekternes livsforudsætninger formuleret stringent i modeller anvendes til at designe dyrkningssystemer, hvor såvel diverse fauna som højt udbytte burde kunne opnås.

## Publikationer

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

Kristensen, I.S. 2001. Økologisk planteproduktion næringsstofforsyning, ukrudtskontrol og udbytter, 50-51. Hotel Nyborg Strand, Bilag til efterårskonference 2001.

Rasmussen, K., Holst, N. & Kristensen, I.S. 1998. Ukrudt på otte økologiske kvægbrug - betydende faktorer for ukrudtets udvikling 1989-96. Weeds at eight organic livestock farms - factors significant for the dynamic of weeds 1989-1996. 15. Danske Planteværnskonference 1998.

Topping, C. 2002. The use of individual-based modelling to model changes in biodiversity based on agricultural production practices. Biodiversity Status Conference, Nyborg Strand 6th March 2002 .

### Faglige artikler, rapporter m.m.

Holm, S. 1999. Diagnosticering og registrering af skadegørere i økologiske sædskifter. Indlæg ved "Workshop om økologisk plantebeskyttelse i økologisk jordbrug" d. 8. dec. 1998 på Forskningscenter Flakkebjerg. Rasmussen, I.(Red.). FØJO-rapport nr. 4, Kap 3: 25-28.

Kristensen, I.S. 1999. Forudsætninger for planteproduktion på forskellige bedriftstyper. Indlæg ved "Workshop om økologisk plantebeskyttelse i økologisk jordbrug" d. 8. dec. 1998 på Forskningscenter Flakkebjerg. Rasmussen, I.(Red.). FØJO-rapport nr. 4, kap. 4:29-40.

Kristensen, I.S. 1999. Præsentation og diskussion af modelbedrifterne. Indlæg ved "Workshop om økologisk plantebeskyttelse i økologisk jordbrug" d. 8. dec. 1998 på Forskningscenter Flakkebjerg. Rasmussen, I.(Red.). FØJO-rapport nr. 4, kap. 5: 41-44.

Kristensen, I.S. 1999. Økologiske markers nettoudbytte, næringsstofforsyning og afgrødetilstand på kvæg- og plantebrug, 1989-98. Rasmussen, I.(Red.). FØJO-rapport 10, Kap.4.

## 9.15 Bestemmelse af ukrudtsfrøpulje

### *Projektnummer og -titel*

VII.2 Bestemmelse af ukrudtsfrøpuljen i økologiske sædskifteforsøg

### *Projektleder*

Ilse A. Rasmussen

Danmarks JordbrugsForskning

Afd. for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

4200 Slagelse

Tlf.: 5811 3300, Fax: 5811 3301

### *Projektmedarbejdere*

Gitte Rasmussen, Jette Prien, Helle Pedersen,  
Danmarks JordbrugsForskning

I 1997 blev der anlagt økologiske sædskifteforsøg til kornproduktion for at belyse mulighederne for på kort og langt sigt at øge kornproduktionen i økologisk jordbrug. Betydningen af sædskiftets sammensætning og gødningsniveau for udbytte, næringsstofudvaskning og ukrudtsproblemer undersøges. Forsøget indeholder 4 sædskifter med stigende andel af korn og tilsvarende faldende andel af kvælstoffikserende afgrøder (grøngødning og bælg-sæd). Sædskifterne dyrkes med eller uden fangafgrøder og med eller uden gødning.

Et af de overordnede formål med sædskifteforsøget er at følge ukrudtets udvikling i de forskellige sædskifter og med de forskellige behandlinger på de fire forskellige lokaliteter, hvor såvel jordtype som ukrudtsflora varierer.

Formålet med nærværende projektet var at bestemme udgangspunktet for ukrudtsbestanden i de økologiske sædskifteforsøg ved at opgøre jordens indhold af ukrudtsfrø i de enkelte parceller for senere at kunne udnytte det potentiale, der er i de økologiske sædskif-

teforsøg, til at vurdere betydningen af stigende andel af korn i sædskiftet, anvendelse af fangafgrøder samt gødningstilførsel på udviklingen i ukrudtsbestanden.

## Sammendrag af resultater

I foråret 1998 blev der udtaget jordprøver fra 212 parceller i det økologiske sædskifteforsøg. Fra disse prøver blev der udtaget delprøver. På disse delprøver udførtes et forforsøg fra februar 1999 til juni 2000 for at gennemprøve forsøgsproceduren. Efterfølgende blev hovedforsøget udført på en større delprøve fra januar 2000 til november 2001. Prøverne blev placeret i flamingokasser, adskilt fra et underlag af steril jord/sand-blanding med fiberdug. Flamingokasserne blev anbragt udendørs, beskyttet mod regn, fugle og større pattedyr, og de blev holdt opfugtede. Fremspirede ukrudtsplanter blev talt. Med mellemrum blev jorden udtørret, blandet og opfugtet på ny for at fremme fremspiringen. I forbindelse med sidste opfugtning blev jorden tillige behandlet med gibberellinsyre, der yderligere skulle forøge fremspiringen. Prøverne blev i perioder flyttet til overdækkede borde eller uopvarmede væksthuse, dels i perioder hvor volieren ikke var overdækket (vinter), dels for at undgå indflyvning af frø fra ukrudt på omgivende arealer.

Jordprøverne blev i foråret 1998 undersøgt for indholdet af ukrudtsfrø. Resultaterne viser at der var flest frø på Jynde vad og færrest på Flakkebjerg. De hyppigst fundne arter korresponderer med de arter, der er fundet ved optælling af fremspiret ukrudt. Der var ikke forskel på forekomsten af frø i parceller med forskellige behandlinger, hvilket heller ikke kan forventes, da prøverne blev udtaget kort

efter forsøgets start. Der var dog signifikant flere frø i blok 2 end i blok 1 på Jyndeved. Der var også signifikant forskel på antal frø i jorden i forhold til hvilken afgrøde, der var dyrket i 1997, således at der var flest frø efter vinterhvede og færrest efter kløvergræs.

## **Publikationer**

### **Faglige artikler**

Rasmussen, I.A. & Rasmussen, J. 2000. Beskidte rækkeafgrøder giver ukrudt i kornet. Økologisk Jordbrug 20 (217), 14.

## 9.16 Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk frøproduktion

*Projektitel og -nummer*

VII.3 Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk frøproduktion

*Projektleder*

Rikke Klith Jensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

4200 Slagelse.

Tlf.: 5811 3300

Mulighederne for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udlæg af frøgræs er begrænsede, eftersom frøgræs er følsom over for mekanisk påvirkning i udlægssituationen. Nye økologiske regler betinger, at al udsæd brugt i økologisk produktion skal være af økologisk oprindelse. Med den nuværende produktion kan kun 10% af behovet dækkes, hvilket øger interessen for at udvikle mulighederne for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udlæg til frø.

Erfaringerne med mekanisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk frøgræs er ikke store. I praksis undlades ukrudtsbekæmpelsen, eller ukrudtsbekæmpelsen foretages inden frøgræsset sås. Resultatet bliver ofte, at udlægget etableres dårligt på grund af den forsinkede såning. Tidligere undersøgelser med mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frøgræs (Forskningsprogram Frøavl) har vist, at udlæg af almindelig rajgræs etableret i kornrækken muliggør mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frøgræs. Ukrudtsfarvning havde en effektiv bekæmpelse af frøukrudt, men skadede også udlægget. Radrensning var derimod mere skånsom over for udlægget, men havde ikke samme bekæmpelseseseffekt.

På baggrund af disse resultater blev der igangsat forsøg, hvor udlæggets tolerance over for mekanisk ukrudtsbekæmpelse ønskes afprøvet. Ved at opnå en større viden omkring udlæggets placeringsgeometri i relation til konkurrence over for ukrudt og afgrøde er det, sammen med viden om markens ukrudtsbestand og sædskifte, formålet at udvikle en beslutningsmodel for valg af rækkeafstand, udsædsmængde og såtid.

Projektets formål var således, at:

- Afprøve udlæggets tolerance over for mekanisk ukrudtsbekæmpelse
- Opnå større viden om udlæg og udlægsmetoder (udlæggets placeringsgeometri) i relation til konkurrence over for ukrudt og afgrøde
- Afprøve forskellige ukrudtsbekæmpelsesstrategier i frøgræs

### Sammendrag

I projektperioden er der blevet anlagt 2 toleranceforsøg (1999 og 2000) og 1 demonstrationsforsøg (1999) samt endnu et forsøg (2001) anlagt på baggrund af ukrudtskort (ukrudtszoner).

Demonstrations- og toleranceforsøg er alle anlagt således, at udlægget enten er etableret i kornrækken på 24 cm rækkeafstand (dobbelt rækkeafstand) eller imellem kornrækken på almindelig rækkeafstand. Formålet med at placere udlægget i kornrækken er, at udlægget skånes, når der udføres en bekæmpelse, mens formålet ved at placere udlægget mellem kornrækkerne er, at udlægget får den bedst tænkelige etablering og afgrøden kan konkur-

rere mest muligt over for ukrudtet uden ukrudtsbekæmpelse.

Ingen af forsøgene viste nogen signifikant forskel i frøudbyttet uanset udlægsmetode og bekæmpelse. Stigende antal træk med ukrudtsharven i vårbyg med udlæg af alm. rajgræs havde heller ingen effekt på frøudbyttet, og det antages, at den lange vækstperiode fra bekæmpelse til frøhøst giver udlægget go-

de muligheder for at kompensere for en eventuel skade. Ukrudtsbekæmpelse i udlægsåret vil ikke have en nævneværdig effekt på antallet af fremspiret ukrudt til frøhøst året efter. Argumentet for at etablere udlæg i kornrækken er derfor overvejende at give mulighed for ukrudtsbekæmpelse i udlægsåret og derved på længere sigt at kunne bidrage til at nedbringe frøukrudtpuljen i sædskiftet.

## **Publikationer m.m.**

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

Jensen, R.K. & Melander, B. 1999. Mechanical weed control in spring barley with under sown grass clover lay. 11th EWRS Symposium 1999, Basel.

### **Faglige artikler**

Jensen, R.K. 1999. Ukrudt i økologisk frøgræs. Dansk Frøavl, nr. 4-60, April 1999.

Jensen, R.K. 1999. Græs i kornrækken letter ukrudtsbekæmpelsen. Bovilogisk, nr. 4 17-18, April 1999.

Jensen, R.K. 1999. Udlæg i kornrækken giver mulighed for effektiv mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udlægsåret. Tidsskrift for Frøavl, nr. 7 10-11, April 1999.

Jensen, R.K. 2000. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i udlægsmarker. Dansk Frøavl, nr. 3: 42-43, marts 2000.

## 9.17 Allelopati i byg

### *Projektnummer og titel*

VII.4 Allelopati i byg

### *Projektleder*

Seniorforsker Per Kudsk  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afd. for Plantebeskyttelse  
Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse  
Tlf.: 5811 3300, Fax: 5511 3301

### *Projektdeleger*

Solvejg Mathiassen og Lars Porskjær Christensen, Danmarks JordbrugsForskning

Udenlandske forsøg har vist, at byg tilsyneladende besidder allelopatiske egenskaber, og at det specielt skyldes de to alkaloider gramin og hordenin, som dannes både i blade og rødder. I et tidligere FØJO projekt (Projekt I.4: Plantesundhed og kvalitet i relation til dyrkningsstrategier og sortsvalg) blev de allelopatiske egenskaber hos nogle få danske bygsorter sammenlignet med japanske landsorter og nogle af bygplantens vilde slægtninge (*Hordeum spontaneum*).

Dyrkningsforsøg i petriskåle viste, at de vilde slægtninge og en række af landsorterne udskilte betydeligt større mængder hordenin end de danske sorter. Indledende forsøg med nogle få ukrudtsarter viste endvidere, at både gramin og hordenin har effekt på spiring og rodvækst.

En forudsætning for at udnytte allelopati er, at de effekter, der observeres i laboratorieforsøg, også vil være til stede under markforhold, samt at det genetiske grundlag for allelopati er

til stede i det forædlingsmateriale, som plante-forædlerne arbejder med.

Projektets hovedformål var på den baggrund 1) at undersøge variationen i nordiske bygsorters allelopatiske egenskaber under laboratorie- og marklignende forhold med henblik på at vurdere i hvilket omfang allelopati kan udnyttes i praksis som et element i en samlet strategi for styrkelse af bygplanters konkurrenceevne over for ukrudt, og 2) at fastlægge dosis-respons for hordenin med henblik på at vurdere sandsynligheden for biologiske effekter af de mængder hordenin, der påvises i vækstmediet.

Der blev indsamlet i alt 99 sorter og vildtyper. Der er anvendt 3 testmetoder til at undersøge det indsamlede materiales allelopatiske egenskaber. Der blev ikke fundet signifikante effekter i de 2 testmetoder, hvor der er anvendt markjord som vækstmedium. Resultaterne fra en testmetode, hvor vandagar anvendes som vækstmedium foreligger endnu ikke. Hordenin blev påvist i betydelig højere koncentrationer end gramin i vækstmediet ved dyrkning på filtrerpapir i petriskåle. Variationen inden for sorter og vildtyper var meget stor, hvilket gjorde det vanskeligt at drage konklusioner vedrørende sorternes evne til at udskille hordenin. Imidlertid var de målte koncentrationer generelt betydeligt lavere end de estimerede ED<sub>50</sub> doseringer, hvilket understøtter konklusionerne fra screeningsforsøgene.

Resultaterne fra nærværende projekt tyder på, at allelopati spiller en marginal rolle for bygs konkurrenceevne over for ukrudt.

## **Publikationer**

Kudsk, P., Olsen, J., Mathiassen, S.K., Brandt, K. & Christensen, L.P. 2001. Allelopati i byg. DJF Rapport, 42, 43-45.



## 9.18 Regulering af skadegørere ved hjælp af naturstoffer fra planter

### *Projektnummer og titel*

VII.5 Regulering af skadegørere ved hjælp af naturstoffer fra planter

### *Projektleder*

Per Kudsk

Danmarks JordbrugsForskning

Afd. for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse

Tlf.: 5811 3300, Fax: 5811 3301

### *Projektdeltagere*

Lise Nistrup Jørgensen & Lars Monrad Hansen, Danmarks JordbrugsForskning

Jens Christian Sørensen & Susanne Sørensen, KVL

Det er velkendt, at nedmuldning af en række oliefrøafgrøder som f.eks. raps kan reducere og sinke fremspiringen af ukrudt i den efterfølgende afgrøde, ligesom der er set hæmmende effekt på visse jordboende sygdomme. Det er desuden observeret, at der i mange korsblomstrede oliefrøafgrøder findes stoffer, som har repellerende effekt på insekter. Disse effekter tilskrives oftest oliefrøafgrødernes indhold af glucosinolater. Det er imidlertid ikke glucosinolaterne, men derimod deres omdannelsesprodukter, der oftest er de biologisk mest aktive. Produkterne dannes spontant, når plantematerialet beskadiges, idet glucosinolaterne herved i vandige systemer bringes i kontakt med enzymet myrosinase. I intakte planter er glucosinolater og myrosinase derimod lokaliseret i forskellige cellulære rum.

Der er kun meget lidt tilgængelig viden om de forskellige nedbrydningsprodukters biologiske aktivitet, hvilket til dels skyldes, at man ikke hidtil har været i stand til at identificere de mange forskellige typer af produkter, som

dannes under de forskellige typer af reaktionsbetingelser. Derimod har der heller ikke tidligere været mulighed for at fremstille de forskellige produkter under kontrollerede forhold.

Projekt blev derfor etableret med henblik på at undersøge effekten af glucosinolatnedbrydningsprodukter på plantepatogene svampe, skadedyr og ukrudt med henblik på at identificere de biologisk mest aktive glucosinolatprodukter samt at udvikle metodikker, som vil gøre det muligt at identificere og kvantificere effekter af naturstoffer fra andre plantefamilier.

### **Sammendrag af resultater**

Projektets hovedformål var 1) at udvikle teknikker til identifikation og produktion af omdannelsesprodukter fra glucosinolater, dels i ren form og dels i form af uoprensede fraktioner samt 2) at undersøge effekten af 9 udvalgte omdannelsesprodukter af glucosinolater på henholdsvis plantepatogene svampe, skadedyr og ukrudt.

Undersøgelserne viste, at det er muligt at producere større mængder af disse omdannelsesprodukter formuleret i vandige ekstrakter uden brug af petrokemiske solventer, men det er ikke på baggrund af de indhøstede erfaringer muligt at vurdere produktionsomkostninger i forbindelse med en eventuel opskalering af produktionen. Der er endvidere udført en række supplerende undersøgelser med henblik på at undersøge omdannelsesprodukternes stabilitet blandt andet i uoprensede fraktioner, hvor der forekommer en række andre stoffer.

Effektforsøgene har vist, at nogle af de undersøgte omdannelsesprodukter har effekt på skadegørere. Der var en stor grad af sammenfald med hensyn til effekt på plantepatogene svampe og ukrudt, hvorimod det var andre produkter, som var mest effektive over for skadedyr. Der blev observeret en vis uoverensstemmelse mellem resultaterne fra henholdsvis laboratorie- og semifield-/markforsøgene, hvilket formodes at skyldes forskelle i den direkte eksponering af skadegørerne. Forsøgene konfirmerede, at de glucosinolater, der er udgangsstof for omdannelsesprodukterne

ingen effekt har over for de undersøgte skadegørere. Derimod blev der opnået samme effekt med glucosinolater tilsat myrosinase som med oprensede fraktioner af de omdannelsesprodukterne, hvilket åbner mulighed for at anvende uoprensede vandige ekstrakter af frø eller andet plantemateriale.

Et nedmuldningsforsøg med 6 plantearter tilhørende korsblomstfamilien viste en signifikant hæmning af spiring og vækst af alm. rajgræs og hejrenæb.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

- Buskov, S., Hasselstrøm, J., Olsen, C.E., Sørensen, H., Sørensen, J.C. & Sørensen, S. 2000. Supercritical Fluid Chromatography as a method of analysis for the determination of 4-hydroxybenzylglucosinolate degradation products. *J. Biochem. Biophys. Methods.* 2000, 43, 157-174.
- Buskov, S., Hansen, L. B., Olsen, C.E., Sørensen, J.C., Sørensen, H. & Sørensen, S. 2000. Determination of ascorbigens in autolysates of various Brassica species using Supercritical Fluid Chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 2000, 48, 2693-2701.
- Buskov, S., Serra, B., Rosa, E., Sørensen, H. & Sørensen, J.C. 2002. Effects of intact glucosinolates and products produced from glucosinolates in myrosinase-catalyzed hydrolysis on the potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* Cv Woll). *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 690-695.

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

- Bagger, C.B., Buskov, S., Sørensen, H., Sørensen, J.C. & Sørensen, S. 2001. Isolering af naturligt forekommende biocider. DJF Rapport 2001, nr. 42, 47-51.
- Bagger, C.L.; Sørensen, H.; Sørensen, J.C. & Sørensen, S. 2001. Biorefining of oilseed crops based on green chemistry technologies. Inviteret foredragsholder ved CAOCS Meeting, Oktober 2001, Winnipeg, Canada.
- Bjergegaard, C., Buskov, S., Ib, K., Sørensen, H., Sørensen, J.C. & Sørensen, S. 2001. Effects of various antioxidants and storage conditions on oxidative degradation of the indole glucosinolate 4-hydroxyglucobrassicin. Proceedings of the EuroFoodChem XI Conference, Norwich, UK, 2001.
- Jørgensen L.N., Kudsk P. & Hansen L.M. 2001. Naturstoffers effekt på skadegørere. DJF Rapport 2001, nr. 42, 39- 41.

Sørensen, H., Sørensen, J.C. & Sørensen, S. 2001. Phytochemicals in Food: The plant as chemical factories. In: Biologically-active phytochemicals in food. Analysis, metabolism, bioavailability and function (Eds. W. P. Pfannhauser, G. R. Fenwick, S. Khokhar) Royal Society of Chemistry, UK, ISBN 0-85404-806-5. 2001, p. 3-12.

Sørensen, H. 2002. Byproduct utilization and application. World Conference and exhibition on oilseed, edible, industrial and specialty oils. Inviteret foredragsholder. Istanbul, Tyrkiet, 2002.

### **Faglige artikler**

Sørensen, J.C. 2001. Analytiske metoder af relevans for optimering af bioprocesteknologier. Dansk Kemi, april 2002.

## 9.19 Kulturplanters værtplanteegenskaber

### *Projektnummer og titel*

VII.6 Udvikling af teknikker til og bestemmelse af forskelle i værtplanteegenskaber blandt vore kulturplanter.

### *Projektleder*

Seniorforsker Lars Monrad Hansen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afdeling for Plantebeskyttelse  
Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse  
Tlf. 5811 3438 - Fax 5811 3301  
E-mail: [LarsM.Hansen@agrsci.dk](mailto:LarsM.Hansen@agrsci.dk)

### *Projektdeltagere*

Gisela Felkl, Danmarks JordbrugsForskning

Skadedyrsangreb i økologiske landbrugsafgrøder anses i dag - med enkelte markante undtagelser - ikke for at være alarmerende. Man må imidlertid forvente, at med større forekomst af økologisk dyrkede marker vil det generelle skadedyrstryk øges på grund af den populationsdynamik, der ligger i store arealer med mulighed for opformering af skadedyr.

Det er derfor vigtigt, at der allerede nu forskes i forskellige muligheder for at forhindre, at denne opformering og den deraf følgende øgede forekomst af skadedyr. Dette gøres bl.a. ved at udnytte naturens egne forsvarsmekanismer.

Planteværn baseret på naturens egne forsvarsmekanismer omfatter fortrinsvis en række prædatorer (løbebiller, rovbiller m.m.), snyltehvepse, galmyg, svirrefluer, som æder eller parasiterer skadedyr. Derudover er der også de mere indirekte mekanismer, der er indbygget som værtplanteegenskaber. Det er bl.a. antixenosis (forskellige fysiske egenskaber der betyder, at skadedyret ikke bryder sig

om at kolonisere eller angribe planten), antibioses (forskellige fysiske-kemiske egenskaber der betyder, at skadedyret ikke kan overleve, får færre unger osv. på planten) og tolerance (planten kan tåle et større skadedyrsangreb end normalt).

Projektet har på den baggrund haft som mål at bestemme værtplanteegenskaber hos forskellige sorter af vårbyg, vinterhvede og hestebønne over for havre-, korn- og bedebldlus med henblik på at finde sorter, som opformerer disse skadedyr mindre end nuværende anvendte sorter.

Endvidere har det været målet at udvikle dyrkningsteknikker, der udnytter de forskellige sorters værtplanteegenskaber, således at bladlus kun i ubetydeligt omfang gør skade på afgrøden

### **Sammendrag af resultater**

Vinterhvede- og vårbygssorter blev screenet for deres evne til at opformere bladlus. Her blev der fundet store sortsforskelle, som kan anvendes i det videre forædlingsforløb.

For at efterprøve væksthushforsøgenes resultater, hvad angår opformering af bladlus, blev der udført markforsøg med vårbygssorterne Otira, Lux og Barke. Der var ikke muligt at eftervise resultaterne.

Der blev udført forsøg med henblik på at tiltrække snyltehvepse ved samdyrkning af vårbyg og boghvede. Generelt set må man konstatere, at der ikke blev fundet signifikante forskelle. Imidlertid var der nogle positive tendenser, idet der i parceller med boghvede

forekom flere snyltehvepse end i parceller uden boghvede.

8 hestebønnesorter er blevet screenet i mini-væksthus- og markforsøg. Colombo viste sig at være den signifikant bedste til opformering af bededbladlus i begge typer forsøg.

I forsøg med henblik på at tiltrække snyltehvepse indgik sorterne Colombo og Caspar, som blev dyrket med og uden boghvede ud-sået imellem parcellerne. Her blev der fundet

flere bladlus i parceller, som er dyrket uden boghvede end i parceller, som er dyrket med boghvede.

To markforsøg er blevet udført i hestebønner med udsåning af kryddermynte mellem nogle af parcellerne med henblik på at forvirre og afskrække bladlusene i at etablere sig på afgrøden. Resultaterne viste, at kryddermynten ikke havde nogen repellerende effekt - snarere tværtimod.

## Publikationer

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

Hansen, L.M. 2000. Effects of antibiosis in different varieties of faba bean (*Vicia faba*) to the black bean aphid (*Aphis fabae*) grown under organic conditions. Proceeding of the 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific conference, 110.

Hansen, L.M. 2000. Forskellige hestebønnesorters (*Vicia faba*) værtplanteegenskaber over for bededbladlus (*Aphis fabae*). DJF-rapport nr. 25, 47.

## 9.20 Biologisk bekæmpelse af gråskimmel

### *Projektnummer og titel*

VII.7 Biologisk bekæmpelse af gråskimmel (*Botrytis* spp.) på frilandsafgrøder

### *Projektleder*

David Yohalem  
Danmarks Jordbrugsforskning  
Forskningscenter Flakkebjerg,  
Afdeling for Plantebeskyttelse, 4200 Slagelse  
Tlf.:5811 3300, Fax:5811 3301

### *Projektdeltagere*

Karsten Nielsen, John Larsen, David Yohalem,  
Steen Lykke Nielsen,  
Danmarks Jordbrugsforskning, Forsknings-  
center Flakkebjerg,  
Afdeling for Plantebeskyttelse, 4200 Slagelse

Gråskimmel (*Botrytis* spp.) er en luftbåren svampesygdom, som angriber alle overjordiske dele af en lang række frilandsafgrøder. Svampen findes overalt i naturen og opformer sig på dødt plantemateriale. Gråskimmel fremmes af kølig temperatur (12-15°C) og høj fugtighed. Angreb af gråskimmel kan forårsage store afgrødetab i bl.a. løg og jordbær. Tabene sker dels i marken, men i endnu større udstrækning i perioden fra høst til salg. Gråskimmel er nekrotrof, hvilket indebærer, at svampen etablerer sig på dødt (nekrotisk) plantevæv, hvorfra den koloniserer levende væv. Dette forhold kan benyttes til at forebygge angreb af svampen gennem tilførsel af antagonistiske organismer, som etablerer sig på forhånd i det døde væv og hindrer svampens etablering og opformering. Det er denne strategi, som benyttes i projektet.

Det største problem med brug af mikrobiologiske antagonister til at bekæmpe gråskimmel er at finde antagonister, som kan overleve og

opformere sig i det specielle klima, som hersker på bladoverflader på friland, hvor specielt periodevis udtørring og UV-stråling er problematisk. Nyere resultater har imidlertid vist, at potentielle antagonister isoleret fra de nekrotiske bladpletter, som fungerer som indgang for gråskimmel, er mere robuste over for de klimatiske udsving.

På den baggrund var det projektets hovedformål at identificere, karakterisere og afprøve mulige antagonister mod gråskimmel i løg.

### **Sammendrag**

Projektet omfattede forskellige delelementer. Da gråskimmel er en lagersygdom, hvor infektioner indtræffer i løbet af vækstperioden, men hvor symptomerne først viser sig 3 måneder efter høst, blev en følsom PCR-analyse udviklet til påvisning og identificering af de adskillige patogener, der forbindes med sygdommen. Samtidig blev der foretaget indsamlinger af isolater af bladlevende svampe, og disse blev testet i laboratoriet på aldrende plantemateriale med hensyn til reduktion i patogenernes aktivitet. Efter screeningsprocessen blev udvalgte isolater undersøgt med hensyn til deres fysiologiske aktivitet og deres indvirkninger på patogenets fysiologi i plantevæv. Den tredje bestanddel bestod i at afprøve effekten af mulige antagonister under markforhold.

Aktiviteter inden for PCR-påvisning og RFLP-differentiering af *Botrytis* spp., der er et patogen over for *Allium cepa*, indgik hvert år i forskningsindsatsen. Ved hjælp af en universelt primet polymerase kædereaktion blev 51 *Botrytis* spp. isolater karakteriseret og screenet for artsspecifikke fragmenter, der forbindes

med *Botrytis aclada*. Et slægtsspecifik primer par blev designet, og efter skæring med et restriktionsenzym var det muligt at differentiere arterne. Der blev udviklet metoder til DNA ekstraktion fra kulturer og fra inficerede materialer.

Metoder til indpodning i marken med *B. aclada* blev udviklet og forfinet i mark- og semimarkforsøg i 1998, 2000 og 2001. I 1998 (1999 efter oplagring) var der sygdom i 70% af løgene. I 2000 blev der udført et semimarkforsøg, og latente infektioner med gråskimmel blev påvist ved brug af PCR-metoden. I 2001 blev der udført et markforsøg med henblik på afprøvning af udvalgte antagonist, og sygdomsniveauer, der oversteg 70%, blev påvist efter oplagring under alle behandlinger. I 1999-2000 blev vigtigheden af frøbåren smitte vurderet i forsøg i klimakamre.

Bakterier, svampe og gærsvampe blev indsamlet og evalueret med hensyn til deres evne til at hæmme sporedannelse fra nekrotiske stykker af løgblade. Der blev foretaget en udvælgelse af de testede isolater, og deres evner blev videre vurderet under laboratorieforhold, under kontrollerede temperatur-, luftfugtigheds- og bladfugtighedsforhold. Isolaternes evne til at hæmme vækst fra nekrotisk til levende væv blev testet. De mest effektive isolater var *Ulocladium atrum* 302 og *Clonostachys rosea* 201. Der blev efterfølgende foretaget undersøgelser af isolaternes enzymproduktion med og uden forekomst af patogener.

I 2000 blev 3 *Ulocladium* isolater evalueret under semifield forhold med hensyn til deres indvirkning på bladkolonisering af patogenet. I 2001 blev *U. atrum* 302, *C. rosea* 201 og gærsvampen *Candida oleophila* 182 evalueret i markforsøg og sammenlignet med vand og fungicid.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

Nielsen, K., Jusetesen, A.F., Funck Jensen, D. & Yohalem, D.S. 2001. Universally primed polymerase chain reaction alleles and internally transcribed spacer restriction fragment polymorphisms distinguish two subgroups of *Botrytis aclada* distinct from *B. byssoidea*. *Phytopathology* 91:527-533.

Nielsen, K. & Yohalem D.S. 2001. Origin of a polyploid *Botrytis* pathogen through interspecific hybridization between *Botrytis aclada* and *B. byssoidea*. *Mycologia* 93:1064-1071.

Nielsen, K., Yohalem, D.S. & Jensen, D.F. 2002. PCR detection and RFLP differentiation of *Botrytis* spp. associated with onion. *Plant Disease* 86:682-686.

### Indlæg ved kongresser, symposier og lignende

Nielsen, K., Justesen, A.F. & Yohalem, D.S. 1998. PCR based detection of latent infections of *Botrytis aclada* in onion bulbs. *Petria* 9: 105-108.

## **Mødeindlæg**

- Nielsen, K., Yohalem, D.S., Green, H. & Jensen, D.F. 2001. Biological control of grey mould (*Botrytis* spp.) in onion. DJF Rapport Biological and Microbial Control of Pests 41: 27-32.
- Nielsen, K., Yohalem, D.S., Green, H. & Jensen, D.F. 2001. Detection of grey mould in onion. 18<sup>th</sup> Danish Plant Protection Conference: Horticulture DJF Rapport 17:55-62.
- Nielsen, K. Yohalem, D.S., Green, H. & Jensen, D.F. 2001. Biological control of grey mould in onion. 18<sup>th</sup> Danish Plant Protection Conference: Horticulture DJF Rapport 17:63-70.



## 9.21 Biologisk sanering af rodpatogener

### *Projektnummer og titel*

VII.8 Biologisk sanering af rodpatogener i økologisk planteproduktion

### *Projektleder*

John Larsen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afdeling for Plantebeskyttelse  
Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse

### *Projektdeltagere*

Lars Bødker & Keld Mansfeld, Danmarks  
JordbrugsForskning  
Inge Knudsen & Dan Funck Jensen, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Organisk gødning udgør en hjørnesten i økologisk planteproduktion. Jorden beriges således med betydelige mængder af organisk materiale i form af husdyrgødning og grøngødning. Denne praksis har ikke alene betydning for planternes ernæring, men formodentlig også for deres sundhed.

Sundhedsaspektet har ikke fået særlig megen forskningsmæssig opmærksomhed. Alligevel er det almindeligt kendt, at tilførsel af organisk materiale til jord øger jordens biologiske aktivitet, hvilket mange ser som et sundhedstegn. En øget biologisk aktivitet er dog ikke i sig selv grundlag for en sund jord. I lighed med mange antagonister kan de fleste rodpatogener ernære sig af organisk materiale, hvilket indebærer en risiko for, at tilførsel af organisk materiale ikke alene øger den naturlige population af antagonister, men også øger jordens indhold af visse rodpatogener. Der er således behov for fremskaffelse af basal viden om, hvordan forskellige typer af organisk materiale påvirker væksten af rodpatogener og antagonister og deres interaktioner. På længe-

re sigt vil sådan basal viden kunne anvendes til en bevidst manipulation af den naturlige population af antagonister for derigennem at hæmme sygdomme forårsaget af rodpatogener.

På den baggrund har projektet haft til formål at frembringe basal viden om vekselvirkninger mellem rodpatogener og sygdomsregulerende mikroorganismer ved tilførsel af organisk materiale til jordøkosystemer med fokus på grøngødning.

### **Sammendrag af resultater**

Projektet skulle belyse, hvordan organisk materiale påvirker væksten af rodpatogener (*Rhizoctonia solani* og *Pythium ultimum*) og antagonister (*Glomus intraradices* og *Clonostachys rosea*) og deres interaktioner. Forsøgene blev udført under kontrollerede forhold i væksthuse og klimakammer.

Som forventet gav tilførslen af organisk materiale en generel vækstforøgelse af mikroorganismer, såvel kendte inokulanter som de naturlige populationer. Betydningen af organisk materiale for væksten af mykorrhizasvampen *G. intraradices* var dog mere kompleks. I en veletableret symbiose blev væksten af mykorrhizasvampens eksterne fase øget med tilførsel af tørret grønbyg, hvorimod etableringen af symbiosen blev kraftigt reduceret ved tilførsel af hvedeklid. Tilførsel af hvedeklid til jorden (1% w/w) forårsagede markante vækstdepressioner hos tomatplanter, sandsynligvis pga. mikrobiel immobilisering af N og P. Meget overraskende blev denne væksthæmning fuldstændig ophævet af mykorrhiza. En mulig forklaring til dette kan være at mykorrhiza øger omsætningen af organisk materiale

ved at øge den mikrobielle aktivitet. Endvidere tyder vores resultater på, at mykorrhizasocierede bakterier måske spiller en vigtig rolle i vækstforøgelsen af det eksterne mycelium ved tilførsel af organisk materiale.

Antagonisten *C. rosea* var ikke virksom mod *R. solani* og blev derimod hæmmet af *R. solani*, såfremt der ikke blev tilført organisk materiale. I modsætning hertil blev væksten af *P. ultimum* reduceret markant af *C. rosea* både med og uden organisk materiale, men mest i kombination med organisk materiale. *C. rosea* er tilsyneladende ikke alene antagonistisk mod rodpatogener, men også plantevækstfremmende. Således resulterede inokulering med *C. rosea* i øget plantevækst og øget indhold af N og P i skud, dog mest i kombination med mykorrhiza. Årsagen til plantevækststimuleringen kan ikke klarlægges ud fra de her opstillede forsøg, men i mikrokosmosforsøg uden planter med tilsætning af 5 mm halmstykker øgede inokulering med *C. rosea* den bakterielle biomasse efter 20 dage, hvilket antyder, at *C. rosea* muligvis øger omsætningen af organisk materiale. I et andet forsøg, hvor effekter af *C. rosea* på naturlige populationer af mikroorganismer blev målt efter 30 og 40

dage, sås dog en markant reduktion i bakteriel biomasse, særligt i behandlinger med organisk materiale. Til trods for at den bedste modvirkning af immobilisering af næringsstoffer blev opnået i behandlinger med coinokulering af *G. intraradices* og *C. rosea*, blev mykorrhizadannelsen såvel internt som eksternt markant hæmmet af *C. rosea* og mest i kombination med organisk materiale.

Biomasse af rodpatogenet *R. solani* blev reduceret efter en 4 ugers nedmuldningsperiode med havre, men var upåvirket af gul sennep og rødkløver. I modsætning hertil øgedes populationen af *P. ultimum* i jord tilsat hvedeklid. *P. ultimum* blev dog reduceret markant af både *G. intraradices* og *C. rosea*.

Konklusionen på projektet er, at tilførsel af organisk materiale til plantedyrkningssystemer både kan hæmme og fremme væksten af rodpatogener. Samspil mellem antagonister og rodpatogener er ligeledes påvirket af organisk materiale, især hvis der er tale om saprotrofe antagonister, som ikke alene hæmmer rodpatogener, men også andre plantegavnige mikroorganismer som f.eks. mykorrhizasvampe.

## Publikationer

### Artikler i internationale tidsskrifter

- Larsen, J. & Bødker, L. 2001. Interactions between pea root-inhabiting fungi examined using signature fatty acids. *New Phytologist* 149: 487-493.
- Mansfeld-Giese, K, Larsen, J. & Bødker, L. 2002. Bacterial populations associated with mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *FEMS Microbiology Ecology* 41: 133-140.
- Ravnskov, S, Larsen, J. & Jakobsen, I. 2003. No impact of the biocontrol bacterium *Burkholderia cepacia* on hyphal P transport of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* (in press *Soil Biology and Biochemistry*)
- Larsen, J, Ravnskov, S. & Jakobsen, I. 2003. Combined effects of an AM fungus and BCA bacteria against the root pathogen *Pythium ultimum* in soil (in press *Folia Geobotanica*)

Justesen, A.F., Yohalem, D., Bay, A. & Nicolaisen, M. Genetic diversity of *Thanatephorus cucumeris* from potato in Denmark (sendt til Mycological Research).

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

Larsen, J., Ravnskov, S. & Jakobsen, I. Combination of biocontrol agents against *Pythium*. Poster ved "Fifth European Congress in Plant Pathology" Giardini Naxos-Taormina/Italien 18-22 september 2000.

Bay, A., Larsen, J., Knudsen, I.M.B. & Bødker, L. Effekter af efterafgrøder og antagonisten *Clonostachys rosea* på rodtiltsvamp. Poster ved 18. Danske Planteværnskonference 3-4 marts 2001.

Albertsen, A.T., Jensen, D.F., Green, H. & Larsen, J. Influence of organic matter on the interaction between the biocontrol agents *Glomus intraradices* and *Burkholderia cepacia*. Poster ved IOBC workshop "Biocontrol agents modes of action and their interaction with other means of control" Sevilla/Spanien 30 nov – 3 dec 2000.

Larsen, J. & Bødker, L. Mode of interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and the root pathogen *Aphanomyces euteiches* IOBC workshop "Biocontrol agents modes of action and their interaction with other means of control" Sevilla/Spanien 30 nov – 3 dec 2000. ORAL.

Thygesen, K., Bødker, L., Rosendahl, S. & Larsen, J. Biocontrol of *Aphanomyces euteiches* the causal agent of pea root rot by arbuscular mycorrhiza. Mundtligt indlæg ved COST ACTION 8.38 "Managing arbuscular mycorrhizal fungi for improving soil quality and plant health in agriculture". Faro/Portugal 3 nov.-3 dec. 2000.

Larsen, J., Ravnskov, S. & Jakobsen, I. 2001. Combination of biological antagonists against *Pythium ultimum*. DJF-rapport 17: 71-75. ORAL.

Jensen, D.F., Green, H., Lübeck, M., Löschenkohl, B. & Larsen, J. 2001. Interactions and monitoring of fungi studied in relation to biological control of root diseases in greenhouse ornamentals. DJF rapport 49 Markbrug: 77-86.

Mansfeld, K., Bødker, L. & Larsen, J. Characterisation of bacterial communities associated with the hyphosphere and hyphoplane of *Glomus intraradices*. Third International Conference on Mycorrhizas "Diversity and integration in mycorrhizas" 8-13 july, 2001, Adelaide, South Australia. ORAL.

Larsen, J., Ravnskov, S. & Jakobsen, I. Use of signature fatty acids to examine interactions between arbuscular mycorrhiza and biocontrol bacteria. 9th International Symposium on Microbial Ecology, 26-30 august 2001, Amsterdam, The Netherlands. ORAL.

Mansfeld, K., Bødker, L. & Larsen, J. Characterisation of bacterial communities associated with mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. 9th International Symposium on Microbial Ecology, 26-31 august 2001, Amsterdam. POSTER

Larsen, J. & Ravnskov, S. Interactions between *Glomus intraradices* and other soil organisms. COST 8.38. Meeting in Pruhonice Prague, september 2001.

Ravnskov, S., Larsen, J. & Jakobsen, I. Interactions between *Glomus intraradices* and the bio-control bacterium *Burkholderia cepacia* and their combined effects on the root pathogen *Pythium ultimum*. COST 8.38. Meeting in Pruhonice Prague, september 2001.

## 9.22 Molekylærbiologisk karakterisering af isolater af rodfiltsvamp fra kartoffelmarker

### Projektnummer og titel

VII.9 Molekylærbiologisk karakterisering af isolater af rodfiltsvamp fra kartoffelmarker

### Projektleder

Seniorforsker Annemarie F. Justesen  
Afd. for Plantebeskyttelse  
Danmarks JordbrugsForskning  
Forskningscenter Flakkebjerg, 4200 Slagelse  
Tlf.: 5811 3468. Fax. 5811 3301  
E-mail: AnnemarieFejer.Justesen@agrsci.dk

### Øvrige projektdeltagere

Seniorforsker Mogens Nicolaisen, Afd. for Plantebeskyttelse, Danmarks JordbrugsForskning

Rodfiltsvamp forårsaget af *Rhizoctonia solani* er i Danmark en alvorlig kartoffelsygdom, som kan resultere i stor udbyttereduktion eller forringelse af kvalitet. *R. solani* er en svamp, som forekommer almindeligt i jorden.

Svampen kan opdeles i såkaldte anastomosegrupper. Isolater tilhørende samme anastomosegruppe kendetegnes ved, at deres hyfer kan vokse sammen, fusionere, hvorved svampen er i stand til at rekombinere uden at have et kønnet stadium.

Det vides, at det overvejende er isolater tilhørende anastomosegruppe 3 (AG-3), som angriber kartoffel, men der er også beskrevet angreb af isolater fra andre grupper. Hvilke anastomosegrupper der findes at være mest udbredte kan bla. skyldes klimatiske forhold.

Der er fundet store forskelle i angreb af *R. solani* afhængig af sædskifte/forfrugt. Eftersom de forskellige anastomosegrupper og evt. un-

dergrupper inden for anastomosegruppen har forskellig evne til at overleve på forskellige værtplanter, er det vigtigt at vide, hvilke grupper der er repræsenteret i Danmark. Det er således vigtigt at kende vekselvirkning mellem forfrugt og undergruppe for derved at kunne tilrettelægge et holdbart sædskifte eller i det mindste kende mulige konsekvenser af et bestemt afgrødevalg. Der er endnu aldrig lavet en systematisk indsamling og karakterisering af *Rhizoctonia* isolater i danske kartoffelmarker.

Projektets hovedformål har på den baggrund været at foretage en molekylærbiologisk karakterisering af isolater af rodfiltsvampen *Rhizoctonia solani* isoleret fra kartoffel samt at underopdele disse inden for anastomosegruppering i relation til f. eks patogenitet og forfrugt. Dette skulle opnås gennem:

- Inddeling i anastomosegrupper vha. sekvensanalyse af ITS (Internal Transcribed Spacer Region)
- Karakterisering af isolater vha. RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)
- Patogenitetstest af indsamlede isolater
- Analyse af korrelation mellem ITS-sekvensdata, RAPD-karakterisering, patogenitet og forfrugt

### Sammendrag af projektets resultater

I projektet er 60 isolater af *Rhizoctonia solani*, rodfiltsvampen blevet isoleret fra stængellæsioner og knolde og indsamlet fra et bredt udsnit af danske kartoffelmarker med forskellige forfrugter og kartoffelsorter i vækstsæsonerne 1996 og 1997.

Analyse af DNA sekvensdata for ITS1 regionen viste, at alle isolater kunne henføres til anastomosegruppe 3 (AG-3) undergruppen PT (Potato Type). Blandt isolaterne fandtes variation på 10 basepositioner i ITS1 DNA-sekvensen. I 45 af de 60 isolater sås mere end én ITS sekvenstype, hvilket kan skyldes at isolaterne højst sandsynligt er heterokaryotiske.

For yderligere at undersøge den genetiske variation blandt de indsamlede isolater blev RAPD anvendt. Med 10 RAPD-primere var det muligt at identificere 39 reproducerbare polymorfe DNA-fragmenter (DNA-markører). Meget få DNA-fragmenter var til stede i alle isolater.

Generelt viste RAPD-analysen en relativt høj grad af genetisk variation blandt de indsamlede isolater, idet der blev identificeret 51 RAPD-fænotyper blandt de 60 isolater. Undersøgelse af genetisk diversitet og differentiering mellem populationer viste ingen signifikant undergruppering af *R. solani* isolater mht. forfrugt eller kartoffelsort, dvs. populationsstrukturen ser ikke ud til at blive påvirket af forfrugt eller kartoffelsort.

## Publikationer

Justesen A.F., Yohalem D., Bay A. & Nicolaisen, M. Genetic diversity of *Thanatephorus cucumeris* from potato in Denmark (submitted to Mycological Research November 2002)

In vitro patogenitetstest af et udsnit af de indsamlede isolater viste, at alle de testede isolater er i stand til at danne mørke hyfer og sklerotier på raps, hvede og gulero. Ingen læsioner på rødder eller stængler kunne observeres. Isolaterne viste ingen patogenitet over for de testede plantearter, og der er snarere tale om en epifytisk interaktion.

Ovenstående undersøgelser indikerer, at forskelle i angreb af *R. solani* afhængig af sædskifte/forfrugt højst sandsynligt skyldes, at hele populationen af *R. solani* i jorden opformerer, idet nogle plantearter er bedre vækstssubstrater end andre for *R. solani* frem for, at det er bestemte, mere virulente undergrupper af *R. solani*, som opformerer.

På basis af den molekylærbiologiske karakterisering må det konkluderes, at læsioner på stængler og sklerotier af kartoffelplanter i Danmark forårsages af AG-3, som er en relativt heterogen gruppe med en høj grad af genetisk variation. Ud fra ITS-sekvensdata vil det være muligt at udvikle en detektionsmetode specifik for AG-3 isolater.

## 9.23 Pesticidfri regulering af vigtige kartoffelsygdomme

### *Projektnummer og titel*

VII.10 Pesticidfri regulering af vigtige kartoffelsygdomme

### *Projektleder*

Jens Peter Mølgaard  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afdeling for Plantevækst og Jord  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf. 8999 1840, Fax 8999 1839

### *Projektdelegerede*

Anne Margrethe Lind, Susanne Elmholt, Helle Hestbjerg, Søren Holm & Lars Bødker  
Danmarks JordbrugsForskning  
Charlotte Thrane, Dorte Pountney, Jan Baunsgaard Pedersen & Stefan Olsson, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole  
Per Væggemose Nielsen, Danmarks Tekniske Universitet

Svampesygdomme er et stort problem i økologisk kartoffelavl. Der forskes derfor i et bredt spektrum af metoder, der kan medvirke til at forebygge sygdommene.

I nærværende projekt har det været formålet at afprøve forskellige kompostekstrakters forebyggende effekt på kartoffelskimmel *Phytophthora infestans*.

Endvidere har det været formålet at studere, hvordan vekselvirkninger mellem forskellige abiotiske og biotiske forhold kan regulere naturlig hæmning af rodtiltsvamp på kartoffel. Der er fokuseret på temperatur, vandpotentialer, næringsstofsammensætning og sortsvalg.

### **Sammendrag af resultater**

Afprøvning af kompostekstrakter under markforhold har været udført i to vækstsæsoner. Der er i alle tilfælde opnået yderst tilfredsstillende komposteringsforløb. Kompostekstrakterne har udvist meget høj mikrobiologisk aktivitet. Der har imidlertid ikke kunnet konstateres nogen skimmelforebyggende effekt af de afprøvede kompostekstrakter.

Det er i laboratorieforsøg påvist, at såvel selve rodtiltsvampens vækst som sklerotiernes antal var størst i jord tilført dybstrøelse. Der blev udført specifikke undersøgelser af betydningen af forholdet mellem C og N i svampens vækstmedium for yderligere at stille skarpt på de forskelle i vækst, der var målt i jordforsøgene. Forsøgene viste, at der blev dannet større sklerotier, og de blev dannet længere væk fra inokulum i medier med højt C/N forhold i forhold til medier med lavt C/N forhold.

Set i forhold til det efterfølgende sygdomstryk på kartofler vil *R. solani* have bredt sig til et større område ved tildeling af dybstrøelse end ved tildeling af gylle og vil derfor kunne forårsage et større angreb på kartoflerne.

Der er udviklet og afprøvet en ELISA-metode til kvantitativ bestemmelse af rodtiltsvamp i jord. Metoden er anvendelig, når der er store mængder inokulum til stede. Dette kan forekomme sent i vækstsæsonen og i forsøg med bevidst inokulering med svampen.

Vekselvirkning mellem forskellige abiotiske og biotiske faktorer indflydelse på naturlig regulering af rodtiltsvamp er undersøgt i laboratorieforsøg. Forsøgene bekræfter markobservationerne, som viser, at dybstrøelsens indhold af halm fremmer angreb af rodtiltsvamp. Det

ses tydeligt, at de stærkeste angreb optræder ved højt smittetryk og lave temperaturer. Øget jordfugtighed fremmer angreb af *R. solani*, men gennemsnitstallene viser dog, at angre-

bene falder igen ved det højeste fugtindhold. Kartoffelsorterne har ikke særlig stor indvirkning på de faktorer, der er blevet målt på.

## **Publikationer**

### **Artikler i internationale tidsskrifter.**

#### **Faglige artikler**

Pedersen, J.B. 2001. "Metode til kvantificering af svampen *Rhizoctonia solani* (AG 3) i jord. Svampen forårsager rodfiltsvamp på kartofler". Kartoffelproduktion.

Pedersen, J.B. 2001. "Undgå dybstrøelse som gødning, og kløvergræs som forfrugt til kartofler, da det øger angrebet af rodfiltsvamp". Landsbladet.



## 9.24 Placering af husdyrgødning

### *Projektnummer og titel*

VII.11 Placering af husdyrgødning i økologiske vårsædsafgrøder med henblik på at fremme afgrødens konkurrenceevne overfor ukrudt.

### *Projektleder*

Seniorforsker Jens Petersen  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afd. Plantevækst og Jord  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf.: 8999 1712, Fax: 8999 1719  
E-mail: [Jens.Petersen@agrsci.dk](mailto:Jens.Petersen@agrsci.dk)

Projektets hovedformål har været at anvise dyrkningsmetoder, der favoriserer afgrøden i forhold til ukrudtet. Aktiviteterne skulle således belyse udvalgte aspekter i forbindelse med placering af flydende husdyrgødning, herunder afgrødens vækst, der er væsentlig for afgrødens egen konkurrenceevne over for ukrudt, og kvælstofoptagelse, herunder planteudnyttelsen af det tilførte kvælstof i husdyrgødningen, hvilket kan medvirke til en forståelse af spillet mellem gødning, jord og afgrøde.

### **Sammendrag af resultater**

I et økologisk sædskifte på Foulumgård blev to vårbygmarker med forskellig forfrugtsværdi udvalgt. Forfrugten i den ene mark var andetårs kløvergræs med knap 300 ukrudtsplanter/m<sup>2</sup>, mens der fandtes omkring 1800 ukrudtsplanter/m<sup>2</sup> i marken med korn og rodfrugt som forfrugt. I småparceller (30×40 cm) blev der udbragt svinegylle, som var tilsat isotopmærket kvælstof (<sup>15</sup>N), hvorved det var muligt at beregne, hvor stor en andel af det tilførte kvælstof afgrøden henholdsvis ukrudtet optog.

I 1999 blev svinegylle tilført som en koncentreret streng eller indarbejdet i et større jordvolumen. Disse udbringningsmetoder blev kombineret med nedbringning til enten 5 eller 15 cm dybde, i alt fire forsøgsled. I den ene halvdel af forsøget blev vårbyg og ukrudt høstet tre uger efter byggens fremspiring. I den anden halvdel blev ukrudt bortluget med håndkraft, og byggen blev høstet ved skridning. Udbringningsmetodernes indflydelse på tørstofproduktionen og optagelsen af kvælstof i afgrøde og ukrudt er beskrevet af Petersen & Sørensen (2000).

Ved udbringning til 15 cm dybde blev ukrudtets optagelse af gødningskvælstof reduceret sammenlignet med udbringning til 5 cm dybde, men samtidig blev afgrødens optagelse af gødningskvælstof forsinket. Indarbejdningsgraden var uden betydning i 15 cm dybde, men ved nedbringning til 5 cm dybde gav den koncentrerede streng (direkte nedfældning) derimod en mindre genfindelse af gødningskvælstof i ukrudtet samt en lidt større genfindelse af gødningskvælstof i afgrøden. Virkningen af udbringningsmetode og dybde på afgrøden fortog sig i løbet af strækningsperioden og var ikke signifikant ved byggens skridning.

I år 2000 blev svinegylle bredspredt i 5 cm dybde eller nedfældet direkte til 5, 10 eller 15 cm dybde. I løbet af busknings- og strækningsperioden blev vårbyggen og ukrudtet høstet seks gange med 5-6 dages mellemrum. Udbringningsmetodernes indflydelse på tørstofproduktionen og optagelsen af kvælstof i afgrøde og ukrudt er beskrevet af Petersen (2002a, b) og Petersen (accepted).

Udbringningsmetoden for svinegylle har indflydelse på konkurrencen mellem afgrøde og ukrudt om tilført gødningskvælstof. Resulta-

terne fra de udførte forsøg viser, at ved bredspredning kan ukrudtet være en ikke uvæsentlig konkurrent til afgrøden om tilført gødningskvælstof, men samtidig kan konkurren-

ceforholdet forskydes til afgrødens fordel ved direkte nedfældning. Således kan afgrødens optagelse øges samtidig med at optagelsen i ukrudtet reduceres.

## **Publikationer**

### **Artikler i internationale tidsskrifter**

Petersen, J. 2003. Weed – spring barley competition for applied nitrogen in pig slurry (accepted).

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

Petersen, J. & Sørensen, P. 2000. Gødningsplaceringens indflydelse på afgrødens vækst og kvælstofoptagelse. I: Sommer, S.G. & Eriksen, J. (Red.) Husdyrgødning og Kompost. Næringsstofudnyttelse fra stald til mark i økologisk jordbrug. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, FØJO-rapport nr. 7/2000, p. 83-88.

Petersen, J. 2002a. Konkurrence mellem afgrøde og ukrudt om tilført husdyrgødningskvælstof. 19. Danske Planteværnskonference 2002, 5. marts på Hotel Nyborg Strand. Danmarks JordbrugsForskning, rapport nr. 64 Markbrug, 119-127.

Petersen, J. 2002b. Ukrudt stjæler gødningskvælstof. Landsbladet nr. 47, 22. november 2002, Landsbladet Agro, p32.

### **Faglige artikler**

Petersen, J., Sørensen, P., Petersen, S.O. & Vinther, F.P. 2000. Vårsæd vinder ved nedfældning af gylle. Landsbladet Mark Februar (nr. 2) 2000.

## 9.25 Forsøg med samdyrkning af hvede og hvidkløver

### *Projektnummer og titel*

VII.12 Påvirkning af konkurrencen mellem hvede og hvidkløver/ukrudt i korn/hvidkløver samdyrkning.

### *Projektleder*

Marian Damsgaard Thorsted  
Danmarks JordbrugsForskning  
Afdeling for Plantevækst og Jord  
Forskningscenter Foulum  
Postboks 50, 8830 Tjele  
Tlf. 8999 1843, Fax. 8999 1631  
E-mail: Marian.Thorsted@agrsci.dk

### *Projektdeeltagere*

Lise Nistrup Jørgensen, Danmarks JordbrugsForskning

I økologisk jordbrug er der behov for dyrkningssystemer til korndyrkning, som er naturligt sunde og giver stabile udbytter. Dertil kommer, at næringsstofhusholdningen er vigtig både set i forhold til afgrøden og sædskiftet, men også i forhold til at minimere udvaskning af næringsstoffer - f.eks. fra den nysåede mark.

Ved dyrkning af korn og hvidkløver sammen, hvor kornet sås på dobbelt rækkeafstand i et permanent plantedække af hvidkløver, er der opnået resultater, som gør det interessant at arbejde med en videreudvikling af systemet. Det permanente plantedække i hvede/kløversamdyrkning kan reducere risikoen for udvaskning af næringsstoffer og tilføre kvælstof til systemet gennem kvælstoffiksering. I tidligere gennemførte forsøg er der fundet et større antal og en større artsdiversitet af nyttedyr ved samdyrkning af vinterhvede og hvidkløver end i hvede som monokultur.

Erfaringerne fra hvede/hvidkløversamdyrkning har vist, at hvidkløver er meget konkurrencestærk i dette dyrkningssystem. Også græsukrudt har været et problem ved denne dyrkningsform. Det er derfor vigtigt at forbedre hvedens konkurrenceevne i systemet for at kunne opnå højere kerneudbytter.

Formålet med projektet er at undersøge muligheden for at forbedre vinterhvedens konkurrenceevne i hvede/kløversamdyrkning, således at hvede udbyttet ved denne dyrkningsform kan øges. Der ønskes også kendskab til, om dyrkningsmåden påvirker angrebsgraden af sygdomme og skadedyr i kornet.

### **Sammendrag af resultater**

Der blev udført to forskellige forsøg for at undersøge muligheden for at øge kornudbytter i korn/hvidkløversamdyrkning. Forekomst af ukrudt samt sygdomme og skadedyr i hvede blev undersøgt.

I det ene forsøg blev betydningen af øget opfræsningsbredde i kløver og øget såbredde af hvede undersøgt. Det viste sig, at både øget opfræsningsbredde i et af to forsøgsår og øget såbredde øgede kerneudbyttet i hvede. Det er ikke muligt at sige noget entydigt om kløvens virkning på ukrudt. Der blev både fundet højere, men i andre tilfælde også lavere mængder ukrudt, hvor kløver var til stede.

I det andet forsøg blev kløveren mellem hvederækkerne børstet på forskellige tidspunkter. Forsøget viste, at det var muligt at hæve kerneudbytterne ved afbørstning af kløveren.

Angreb af septoria blev reduceret ved tilstedeværelse af kløver. Angreb af knækkefodsyge blev øget ved tilstedeværelse af kløver.

## **Publikationer**

### **Indlæg ved kongresser, symposier og lignende**

Thorsted, M.D. 2002. Effects of row width on wheat grain yields in winter wheat/white clover intercrops. Proc. of the VII Congress of the European Society of Agronomy. Cordoba, Spanien. p 547-558.

### **Faglige artikler**

Thorsted, M.D. & Nielsen, E. 2002. Pløjefri dyrkning er også: samdyrkning af korn og kløver. Landsbladet 32.

