

Landbrugsministeriet

Statens Planteavlsforsøg



02 JUNI 1992

Udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede

Grundlag for forskning og modeludvikling

Redaktion: Jørgen E. Olesen
Landbrugscentret
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi
Forskningscenter Foulum
8830 Tjele

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2204 - 1992



Udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede

Grundlag for forskning og modeludvikling

Forfattere:

Jørgen E. Olesen

Carl Chr. Olsen

Jens Petersen

Karl J. Rasmussen

Bo J.M. Secher

Lise Nistrup Jørgensen

Peter Kryger Jensen

Jakob Vester

Annette Ersbøll

Forord

Denne beretning er resultatet af et tværfagligt projekt nedsat i perioden 1/2-31/7 1991 med repræsentanter fra en række afdelinger under Statens Planteavlsvforsøg. Projektgruppen har bestået af:

Annette Ersbøll, Afd. for Biometri og Informatik
 Peter Kryger Jensen, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse
 Lise Nistrup Jørgensen, Afd. for Plantepatologi
 Jørgen E. Olesen, Afd. for Jordbrugsmeteorologi (projektleder)
 Carl Chr. Olsen, Rønhave forsøgsstation
 Jens Petersen, Afd. for Planteernæring og -fysiologi
 Karl J. Rasmussen, Afd. for Kulturteknik
 Bo J.M. Secher, Afd. for Jordbrugszoologi
 Jakob Vester, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse

Projektgruppen ønsker at rette en tak til Werner Riedel, Afdeling for Jordbrugszoologi, for bidrag til afsnittet om nyttedyr, og til Lorens Hansen, Afdeling for Kulturteknik, for bidrag til afsnittet om jordtyper.

Projektgruppen har haft reference til en styregruppe bestående af:

Hans Henrik Christensen, Miljøstyrelsen
 E. Henning Jensen, Statens Planteavlsvforsøg
 Henry Jensen, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
 Arent B. Josefsen, Statens Planteavlsvforsøg (formand)
 Kristian G. Mølle, Statens Planteavlsvforsøg
 Kaj Skriver, Landskontoret for Planteavl

Projektet blev iværksat efter en workshop om udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede afholdt den 17.-18. december 1990 i Viborg.

Denne beretning er sammen med et forslag til projekt om udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede fremlagt på en workshop på Koldkærgård Landboskole den 6. august 1991.

Forskningscenter Foulum, maj 1992

Jørgen E. Olesen

Indholdsfortegnelse

Resumé	9
Summary	10
1. Indledning	11
2. Udviklingstendenser i vinterhvededyrkingen i Danmark	13
2.1 Udbytteforhold	13
2.2 Produktion og anvendelse	14
2.3 Tendenser i gødningsforbruget	14
2.4 Tendenser i pesticidforbruget	15
2.5 Anvendelse som grønne marker afgrøde	16
3. Dyrkningsfaktorer i vinterhvededyrkingen	17
3.1 Vinterhvedens vækst og produktion	19
3.1.1 Fænologisk udvikling	19
3.1.2 Dannelse af blade	20
3.1.3 Dannelse af sideskud	22
3.1.4 Dannelse af aks og kerner	23
3.1.5 Tørstofproduktion	24
3.1.6 Fordeling af assimilater	24
3.1.7 Rodvækst	25
3.2 Klimatiske betingelser	26
3.2.1 Normalklima	28
3.2.2 Mikroklima	30
3.2.3 Meteorologiske registreringer og prognoser	32
3.3 Jordtyper	32
3.4 Sortsegenskaber	35
3.4.1 Resistens	35
3.4.2 Stråstyrke og længde	37
3.4.3 Kvalitetsegenskaber	38
3.4.4 Andre egenskaber	40
3.4.5 Sortsblandinger	40
3.5 Sædskifte	40
3.5.1 Udbytterelationer i sædskifteforsøg	40
3.5.2 Forfrugtens indflydelse på kernekvaliteten	44
3.5.3 Forfrugtens virkning på sygdomsforekomst	44
3.6 Jordbearbejdning	45
3.6.1 Pløjning og furepakning	45
3.6.2 Såbed, såbedstilberedning og såning	46
3.6.3 Jordpakning	49
3.6.4 Undergrundsløsning	50
3.6.5 Pløjefri dyrkning	50
3.6.6 Halmnedmuldning	52
3.7 Såtid og udsædsmængde	53

3.7.1 Udbytterelationer i forsøg	53
3.7.2 Betydning for overvintringsevnen	55
3.7.3 Indflydelse på buskning	55
3.7.4 Indflydelse på kernekvalitet	56
3.7.5 Rækkeafstandens indflydelse på kerneudbytte	56
3.8 Vækstregulering	56
3.8.1 Vækstregulerende stoffers virkning	56
3.8.1.1 Gibberellin hæmmere	57
3.8.1.2 Ethylen producenter	57
3.8.2 Forsøg med vækstregulering	57
3.8.3 Sorters reaktion på vækstregulering	61
3.8.4 Anvendelse af vækstregulerende midler	61
3.9 Gødskning	62
3.9.1 Kvælstofforbindelser i planter	62
3.9.2 Kvælstofs indflydelse på planteproduktion	63
3.9.3 Kvælstofoptagelse	64
3.9.4 Kvælstof i kerne	65
3.9.5 Kvælstof i halm	66
3.9.6 Kvælstofomsætning i jord	66
3.9.7 Forsøg med gødskning	67
3.10 Ukrudt	69
3.10.1 Spiring og etablering af ukrudt	69
3.10.2 Ukrudtets skadevirkning	72
3.10.3 Bekæmpelsesmetoder og strategier	72
3.10.3.1 Kemisk ukrudtsbekæmpelse	72
3.10.3.2 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse	75
3.11 Skadedyr i vinterhvede	75
3.11.1 Bladlus	76
3.11.2 Almindelig kornbladbille	78
3.11.3 Trips	79
3.11.4 Fritfluer	79
3.11.5 Galmyg	79
3.11.6 Græs- og brakfluer	79
3.11.7 Stankelben	79
3.11.8 Agersnegle	79
3.12 Svampesygdomme	79
3.12.1 Svampesygdommes skade på afgrøden	80
3.12.2 Bekæmpelsesmetoder	82
3.12.3 Udvintringssygdomme	85
3.12.4 Meldug	85
3.12.5 Gulrust	86
3.12.6 Septoria - hvedegråplet og hvedebrunplet	86
3.12.7 Knækkefodsyge	87
3.12.8 Goldfodsyge	90
3.12.9 Andre sygdomme	91
3.13 Vanding	92
3.13.1 Planters vandforsyning og vandforbrug	92
3.13.2 Planters reaktion på vandmangel	93

3.13.3 Forsøg med vanding	94
3.13.4 Vandingsbehov	95
3.13.5 Markvanding	95
3.14 Nyttedyr	96
3.14.1 Naturlige fjender af bladlus i hvede	96
3.14.2 Regnorme	97
3.15 Tab af kvælstof	99
3.15.1 Kvælstofudvaskning	99
3.15.2 Ammoniakfordampning	100
3.15.3 Denitrifikation	100
3.15.4 Kvælstoftab fra planten	100
4. Vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorer	101
4.1 Vekselvirkninger med jordbearbejdning	101
4.1.1 Ukrudt	101
4.1.2 Svampesygdomme	102
4.1.3 Skadedyr	103
4.1.4 Gødskning	103
4.2 Vekselvirkninger med såtid og udsædsmængde	104
4.2.1 Ukrudt	104
4.2.2 Svampesygdomme	104
4.2.3 Skadedyr	105
4.2.4 Vækstregulering	105
4.2.5 Sorter	106
4.2.6 Gødskning	106
4.3 Vekselvirkninger med gødskning	107
4.3.1 Ukrudt	107
4.3.2 Svampesygdomme	107
4.3.3 Skadedyr	111
4.3.4 Vækstregulering	111
4.3.5 Sorter	111
4.4 Vekselvirkninger med vanding	113
4.4.1 Gødskning	113
4.4.2 Svampesygdomme	114
4.4.3 Sorter	114
4.5 Vekselvirkninger med sorter	115
4.5.1 Ukrudt	115
4.5.2 Svampesygdomme	115
4.5.3 Skadedyr	115
4.5.4 Vækstregulering	115
4.6 Vekselvirkninger med ukrudt	116
4.6.1 Svampesygdomme	116
4.6.2 Skadedyr	116
4.6.3 Vækstregulering	117
4.7 Vekselvirkning mellem svampesygdomme og vækstregulering	117
4.8 Vekselvirkning mellem svampesygdomme og skadedyr	117
4.9 Kvantificering af vekselvirkninger	117
4.9.1 Faktorielle forsøg	118

4.9.2 Multifaktorielle forsøg	118
4.9.3 Udnyttelse af monitoringsdata	120
5. Modeller for vinterhvede	121
5.1 Principper for modellering	121
5.2 Oversigt over eksisterende modeller	123
6. Vejledningssystemer for vinterhvede	126
6.1 Udenlandske dyrkningssystemer for vinterhvede	126
6.2 Danske dyrkningssystemer for vinterhvede	126
6.3 Edb-baserede vejledningsprogrammer	126
6.3.1 Udenlandske vejledningsprogrammer	126
6.3.2 Bedriftsløsningen	127
6.3.3 PC-Planteværn	128
6.3.4 MARKVAND	128
7. Modelskelet for vinterhvededyrkning	129
8. Muligheder for reduceret ressourceindsats	150
8.1 Optimal udnyttelse af enkelte dyrkningsfaktorer	150
8.1.1 Sorter	150
8.1.2 Sædsifte	150
8.1.3 Jordbearbejdning	151
8.1.4 Såtid og udsædsmængde	151
8.1.5 Vækstregulering	151
8.1.6 Gødskning	152
8.1.7 Ukrudtsbekæmpelse	152
8.1.8 Skadedyrsbekæmpelse	153
8.1.9 Svampebekæmpelse	153
8.1.10 Vanding	154
8.2 Udnyttelse af vekselvirkninger	154
8.3 Erfaringer med lav-input dyrkningssystemer	155
9. Manglende viden om vinterhvededyrkning	157
10. Konklusion	159
Referencer	161

Resumé

Der er et stigende behov for planlægning og styring i planteproduktionen. Dette behov skærpes af den økonomiske og miljømæssige udvikling med forventning om lavere afregningspriser og krav om mere miljøskånsomme dyrkningsmetoder. Disse udfordringer sammenfattes ofte i begrebet bæredygtigt landbrug.

Vinterhvede er en meget produktiv afgrøde, som dog i sin nuværende form forudsætter en betydelig indsats af hjælpestoffer. Der foreligger en betydelig viden om virkningen af de enkelte dyrkningsfaktorer, mens vekselvirkninger kun i beskedent omfang er belyst.

Indledningsvis gives en oversigt over den eksisterende viden om vinterhvedes vækst og produktion i relation til følgende dyrkningsforanstaltninger og faktorer: sort, sædskifte, jordbearbejdning, såtid, udsædsmængde, vækstregulering, gødskning, ukrudt, skadedyr, svampesygdomme og vanding. Desuden er andre forhold som klima, jordtyper, nytte- og kvælstofstab behandlet.

Der er i oversigten over den eksisterende viden lagt særlig vægt på undersøgelser, der belyser vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorerne. Disse vekselvirkninger er et resultat af samspil mellem processer i jord, planter og atmosfæren og deres tilknytning til dyrkningsforanstaltningerne.

Der er gennemført en systemanalyse af vinterhvedens vækst og produktion i relation til dyrkningsforanstaltninger og naturgivne forudsætninger som f.eks. jordtype og klima. Systemanalysen giver en oversigt over de vigtigste forhold af betydning for samspilseffekterne.

Der er endvidere givet en oversigt over mulighederne for at reducere ressourceindsatsen i vinterhvededyrkningen. Disse muligheder hænger nøje sammen med dyrkningsøkonomi og miljømæssige konsekvenser. Det er især på posterne vedrørende jordbearbejdning, udsæd, gødning og kemikalier, at der er mulighed for besparelser. Dette forudsætter dog en mere intensiv styring af produktionen.

Der er behov for at kunne optimere praktiske beslutninger vedrørende vinterhvededyrkning i forhold til driftsøkonomi og miljø. Dette kræver bl.a. bedriftsspecifik beregning af omkostninger og mulighed for at indrette dyrkningspraksis efter de aktuelle pris- og omkostningsrelationer samt evt. miljørestriktioner. Disse forhold bør indbygges i et dyrkningsprogram til vejledning vedr. dyrkning af vinterhvede.

Der er på en række områder behov for yderligere forskning til øget forståelse af sammenhængene mellem dyrkningsfaktorerens virkning. Denne viden vil kunne udnyttes i praksis gennem en integreret dyrkningsvejledning for vinterhvede i form af en beskrivelse af forståelsen af samspilseffekter i dyrkningen. Dette kræver en modelmæssig integration af viden på tværs af discipliner. Sådanne modeller vil f.eks. kunne anvendes ved tilrettelæggelse af behandlingsstrategier for planteværn og gødskning.

Summary

There is an increasing need for planning and control in crop production. This need is accentuated by the development in farm economy and environmental awareness with expectations of lower product prices and demands for reduced environmental impact from crop production. These challenges are often described by the concept of sustainable agriculture.

Winter wheat is a very productive crop. Optimum production, however, requires substantial inputs of fertilizer and pesticides. There is a large knowledge base on the effects on single crop production factors in winter wheat. The knowledge on interactions between crop production factors are more limited.

A review is given of the existing knowledge on winter wheat growth and productivity in relation to a number of crop production factors: cultivar, crop rotation, soil tillage, sowing time, sowing rate, growth regulation, fertilization, weed control, pest and disease control and irrigation. The knowledge on influence of other factors e.g. climate, soil type, fauna and nitrogen loss is also reviewed.

In the review special emphasis has been put on investigations, which quantify interactions between crop production factors. These interactions are the results of processes in the soil, plants and the atmosphere and their relations to management.

In addition to the review a system analysis of the winter wheat crop production system has been made. The system analysis relates crop management and effects of climate, soil type etc. to crop growth and productivity. The system analysis gives an overview of the most important factors involved in deter-

mining interactions in winter wheat cropping.

An overview is also given of the possibilities of reducing resource use in winter wheat production. These opportunities are closely related to economy and environmental impact. Savings are likely to be available with regard to soil tillage, sowing rate and use of fertilizers and chemicals for control of weeds, pests and diseases. Such reductions will require intensified production management.

There is a need for optimizing practical decisions in winter wheat cropping in relation to farm economy and environmental impact. This will require farm specific calculations of costs and a possibility to adapt cropping strategy to the actual prices and costs and to any environmental restrictions. Such factors should be incorporated in an integrated advisory system for winter wheat.

There are in several areas a need for further research to increase the understanding of interactions between crop production factors. This knowledge may be used in practical agriculture through an advisory system, which contains a model of the current understanding of interactions. Such a model must be developed across current research disciplines. This model may also be used to devise strategies for use of e.g. fertilizer and pesticides.

1. Indledning

Der er et stigende behov for planlægning og styring i planteproduktionen. Dette behov skærpes af den økonomiske og miljømæssige udvikling.

På den økonomiske side er der forventninger om lavere interventionspriser i EF (Landbrugsministeriet, 1991). Lavere afregningspriser for planteprodukterne må medføre en reduktion af dyrkningsomkostningerne, hvis rentabiliteten i dyrkningen skal opretholdes. Lavere priser vil i yderste konsekvens medføre, at visse dyrkningstekniske foranstaltninger bliver urentable.

På den miljømæssige side er der krav om halvering af såvel nitratudvaskningen som pesticidforbruget.

Med Vandmiljøplanens iværksættelse i 1987 blev det vedtaget at reducere landbrugets udledning af kvælstof med 50% over en femårig periode. Det kunne imidlertid i 1990 konstateres, at dette mål ikke kunne nås, selvom alle bindende krav i Vandmiljøplanen er overholdt. Tilsvarende kunne det i foråret 1990 konstateres, at målsætningen i handlingsplanen for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler i landbruget ikke var nået. Målet var en 50% reduktion i pesticidforbruget inden 1997 i forhold til forbruget i 1981-85 målt både i mængde aktivt stof og i behandlingshyppighed. Dette førte til regeringens handlingsplan for en bæredygtig udvikling i landbruget (Landbrugsministeriet, 1991). Denne handlingsplan ligger i fortsættelse af intentionerne og anbefalingerne i Brundtland-kommissionens rapport (Brundtland-kommissionen, 1987). I denne handlingsplan foreslås en række initiativer med henblik på reduktion af miljøbelastningen samtidig med at rentabiliteten i dyrkningen opretholdes. Som en af metoderne peges på udvikling og udbygning af integrerede planteproduktionssystemer.

Geng et al. (1990) definerer bæredygtigt landbrug som et system, der er profitabelt for landmanden, som giver tilstrækkelige mængder sunde fødevarer af høj kvalitet, som minimerer ressourceforbruget, og som ikke har negativ betydning for miljøet. Geng et al. (1990) fandt, at udvikling af bæredygtige systemer i landbruget mest effektivt gennemføres ved system analyse, som giver en ramme for sammenhænge og vekselvirkninger i systemet. Modeller kan herefter udvikles på basis af eksisterende viden og data. Simuleringer med modellerne kan identificere områder med manglende viden og data, som kan danne grundlag for specifikke forsøg og undersøgelser.

Forudsætningen for en rationel og miljøvenlig planteproduktion er et detaljeret kendskab til, hvordan der skabes optimale vækstbetingelser, samtidig med at der økonomiseres med brugen af hjælpepestoffer. Dette forudsætter en integreret forskning og rådgivning, d.v.s. en samlet indsats på tværs af fagområder. Formålet med dette projekt har været at etablere videngrundlaget for udvikling af specifikke vejledningsprogrammer for dyrkning af vinterhvede.

Dyrkningen af vinterhvede er øget i Danmark i de seneste år. Vinterhvede er en meget produktiv afgrøde, som dog forudsætter en betydelig indsats af hjælpepestoffer som gødning og pesticider. Der foreligger en stor viden om virkningen af de enkelte dyrkningsfaktorer, mens der kun i beskedent omfang foreligger viden om vekselvirkninger. En sådan viden er forudsætningen for en reduceret ressourceindsats i dyrkningen af vinterhvede samtidig med, at dyrkningsøkonomien opretholdes eller forbedres. Denne afgrøde er derfor valgt som modelafgrøde for Statens Planteavlsvforsøgs forskningsindsats vedrørende udvikling af dyrkningsprogrammer.

Målsætningen for udvikling af et dyrkningsprogram er udvikling af et vejledningssystem, der kan bidrage til forbedret dyrkningsøkonomi og produktkvalitet samt til reduceret miljøbelastning i form af pesticidforbrug og kvælstoftab. Dette kræver en målrettet forskning, som skal føre til belysning af og dokumentation for en optimal anvendelse af produktionsfaktorerne. Der skal her lægges vægt på faktorer, som er væsentlige for dyrkningsøkonomi og/eller miljøbelastning.

Som grundlag for udvikling af et dyrkningsprogram gennemgås i denne rapport i hovedtræk den eksisterende viden omkring dyrkning af vinterhvede. Såvel de enkelte dyrkningsfaktorer som vekselvirkningen mellem disse behandles. Denne eksisterende viden er struktureret i et modelskelet, og der peges på områder, hvor større viden er en forudsætning for udvikling af specifikke dyrkningsprogrammer.

2. Udviklingstendenser i vinterhvededyrkningen i Danmark

Danmarks dyrkede areal var i 1990 ca. 2,8 mio. ha, heraf var ca. 1,6 mio. ha dyrket med korn, svarende til ca. 56%. Kornarealet er imidlertid faldet med ca. 10% svarende til ca. 200.000 ha siden perioden 1970-74. Denne tilbagegang kan henføres til mindre arealer med vårsæd, mens arealet med vintersæd er udvidet, jf. tabel 2.1.

Især arealet med vinterhvede er steget betydeligt. I 1970/74 udgjorde vinterhvedearealet ca. 5% af kornarealet, mens det i 1990 udgjorde ca. 33%, svarende til en udvidelse på ca. 434.000 ha. Det var dog i perioden fra 1984/85 til 1990, at der for alvor blev interesse for dyrkning af vinterhvede. I nævnte periode er arealet med vinterhvede steget med 59%, mens vårbygarealet er faldet med ca. 26%.

Tabel 2.1 Kornareal i Danmark 1970/74-1990, 1000 ha. Data fra Danmarks Statistik.

	1970/74	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Vinterhvede	88	329	344	388	295	431	522
Vårhvede	35	10	10	11	13	13	11
Vinterrug	43	127	121	137	81	100	110
Vinterbyg	-	60	61	62	45	82	141
Vårbyg	1.402	1.044	1.027	890	1.120	906	769
Havre	157	37	22	18	43	26	20
Bladsæd	37	4	3	3	4	3	4
I alt	1.758	1.612	1.588	1.509	1.598	1.562	1.578
Vinterhvede(%)	5	21	22	26	19	28	33

Tabel 2.2 Høstudbytte i Danmark 1970/74-1990, hkg kerne pr. ha. Data fra Danmarks Statistik.

	1970/74	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Vinterhvede	46,8	58,4	61,8	57,6	68,1	73,0	74,3
Vårhvede	-	43,9	50,1	44,6	48,6	48,7	53,6
Vinterrug	34,5	44,4	45,1	37,5	45,2	48,2	49,7
Vinterbyg	-	44,4	52,6	49,6	58,7	65,8	61,6
Vårbyg	38,9	47,8	46,9	44,8	46,0	48,3	53,6
Havre	36,4	41,3	43,8	44,4	46,8	43,2	50,2

2.1 Udbytteforhold

Årsagen til udvidelsen af vinterhvedearealet er helt åbenlyst, at vinterhvede har et væsentlig højere udbyttepotentiale end de øvrige kornarter, specielt i forhold til vår-

byggen, der har måttet vige pladsen for vinterhveden.

I tabel 2.2 er høstudbyttet for de enkelte kornarter anført. De klimatiske forhold i vækstperioden har stor indflydelse på korn-

arternes kerneudbytte. Ikke mindst de 3 milde vintre fra 1987/88 til 1989/90 har været til gunst for vintersædsafgrøderne, især for vinterhvede og vinterbyg.

I vinterhvede var udbyttet i 1990 ca. 27% højere end i 1985 og i forhold til perioden 1970/74 ca. 59% højere. I vårbyg var de tilsvarende udbyttetigninger kun henholdsvis 12 og 38%. Fremkomsten af højtydende foderhvedesorter samt udvikling af effektive pesticidbehandlingsmetoder er den væsentligste årsag til disse udbyttetigninger.

2.2 Produktion og anvendelse

I høståret 1990 blev der høstet nær ved 4 mio. tons hvede i Danmark. Dette er en fordobling i forhold til 1985, men i relation til perioden 1970/74, hvor der blev produceret ca. 500.000 tons, er hvedeproduktionen steget 8 gange. Produktionstallene i tabel 2.3 er inklusive vårhvede med et høstudbytte på ca. 60.000 tons.

Denne enorme produktionsstigning kan give problemer for afsætningen. Selvom forbruget af udsæd naturligvis øges med et stigende areal, er det kun små mængder, der drejer sig om. Forbruget til mel udgør kun omkring 300.000 tons pr. år svarende til ca. 10% af produktionen i Danmark. Forbruget af brødhvede på det indenlandske marked kan der ikke ændres meget ved, såfremt det fortsat

er nødvendigt med import af brødhvede som supplement til egen produktion. Tilbage er kun muligheden for at øge eksporten og forbruget til foder.

2.3 Tendenser i gødningsforbruget

I de senere år er der miljøpolitisk fokuseret meget på kvælstofforbruget. Det stigende areal med vinterhvede vil alt andet lige give et øget kvælstofforbrug, da vinterhvedens kvælstofoptagelse er større end optagelsen i de afgrøder, den afløser.

De danske jorders fosfortilstand begrundet ikke øget forbrug af fosfor i handelsgødning. Forbruget faldt fra 1984 til 1987 med ca. 10.000 tons, men de senere år har der været en stabilisering eller endog en svag stigning som følge af øgede vintersædsarealer. Kaliumforbruget er steget en smule i de senere år, og niveauet er berettiget med det nuværende afgrødevalg.

Vinterhvede har med sit høje udbyttepotentiale et større forbrug af kvælstof end de øvrige kornarter. I gennemsnit af mange forsøg med kvælstof til vinterhvede, vil det nuværende økonomisk optimale niveau være omkring 170 kg N/ha. Det økonomisk optimale tilførselsbehov af kvælstof afhænger af forfrugt, sort, jordtype, lokalitetens klimatiske forhold, bedriftsstrukturen samt kvælstofpris og afgrødepris.

Tabel 2.3 Anvendelse af vinterhvede og vårhvede i Danmark 1984-1990, 1000 tons. Data fra Danmarks Statistik.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Høstudbytte	2.446	1.972	2.177	2.285	2.080	3.224	3.953
Nettoeksport	426	243	284	484	638	671	1.613
Udsæd	61	63	71	56	80	96	92
Mel	298	274	273	264	288	292	351
Foder	1.177	1.253	1.215	1.301	1.119	1.619	1.663

Interviewundersøgelser foretaget af Hansen (1990) viser store afvigelser mellem den faktiske effektive kvælstoftilførsel og økonomisk optimal kvælstofmængde. De arealer, der overgødskes med kvælstof tilføres næsten alle husdyrgødning. I 1983-84 var effektiv kvælstoftilførsel til vinterhvede 4% højere end optimal kvælstofmængde. I 1989 var afvigelsen 11%. Overgødkningen skyldes generelt, at husdyrgødningens kvælstofvirkning undervurderes.

Med det nuværende forhold mellem kvælstof- og afgrødepris tyder intet på, at et øget kvælstofforbrug pr. arealenhed til vinterhvede vil være aktuelt.

I takt med stigningen i vinterhvedearealet anvendes en større del af det samlede kvæ-

stofforbrug i vinterhvede. Fra 1984 til 1991 er stigningen ca. 30.000 t, mens det samlede forbrug af handelsgødning er faldet med ca. 16.000 t, jf. tabel 2.4. Med en øget udnyttelsesgrad af organisk gødning til vinterhvede kan forbruget yderligere nedsættes (Pedersen, 1991).

I perioden fra 1984-1991 var den beregnede udnyttelsesprocent af husdyrgødningens kvælstof fra 20-28 (Pedersen, 1991).

Forbedret dyrkningsstrategi, større udnyttelsesgrad af husdyrgødning, samt bedre kvælstofprognoser og et uændret prisforhold mellem kvælstof og afgrøde har bevirket, at kvælstofforbruget pr. arealenhed til vinterhvede formentligt ikke er forøget de senere år.

Tabel 2.4 Forbrug af kvælstof til vinterhvede. Forudsætning er 170 kg kvælstof tilført pr. ha (Pedersen, 1991). Samlet forbrug af kvælstof i handelsgødning er også anført (efter Danmarks Statistik).

År	Vinterhvede		Samlet N-forbrug 1000 t
	Areal 1000 ha	N-forbrug 1000 t	
1984	323	54.190	411.500
1985	329	55.930	398.100
1986	344	58.480	382.100
1987	388	65.960	381.300
1988	295	50.150	367.000
1989	431	73.270	377.000
1990	522	88.740	400.400
1991	499	84.830	395.000

2.4 Tendenser i pesticidforbruget

Hvede er i dag en af de landbrugsafgrøder, der har det største forbrug af pesticider. Mens herbicider og insekticider har været almindeligt anvendte i 20-30 år, så er der inden for svampbekæmpelse og vækstregu-

lering sket en betydelig stigning i forbruget i løbet af de sidste 10 år, jf. tabel 2.5.

For svampemidlernes vedkommende hænger stigningen sammen med, at der i begyndelsen af 80'erne kom nye og langt effektivere midler på markedet, ligesom anvendelsen af vækstregulering først blev almindelig udbredt i den samme periode.

Tabel 2.5 Behandlingshyppighed i hvede - delvis skønnede værdier. Behandlingshyppigheden er lig med det antal gange, hvedearealet er behandlet med en normaldosering.

	Behandlingshyppighed			
	1960	1970	1980	1990
Ukrudtsbekæmpelse	0,8	1	1,1	1,5
Insektbekæmpelse	0,25	0,5	0,6	1,0
Svampebekæmpelse	0	0,2	0,5	2,0
Vækstregulering	0	0,05	0,4	0,8

Pesticidhandlingsplanens mål er en reduktion af forbruget med 25% i forhold til forbruget i 1981-85 inden 1. januar 1990 og yderligere 25% inden 1. januar 1997. Problemerne med at opfylde disse mål hænger i nogen grad sammen med det forhold, at vårbyg i stor udstrækning udskiftes med vinterhvede. Vårbyg har et væsentligt mindre behov for pesticider end vinterhvede.

Forbruget i hvede er langt fra konstant. De senere års udbredte anvendelse af reducerede doseringer af især fungicider har været med til at begrænse forbruget i hvede. År med kraftige angreb af svampesygdomme, som f.eks. 1989 og 1990, giver på trods af udbredt anvendelse af nedsatte doseringer (tabel 2.6), anledning til et betydeligt merforbrug for at sikre afgrøden mod store udbytтетab. Hvis der dyrkes meget sygdomsmodtagelige sorter, øges det generelle behov for bekæmpelse ligeledes.

På grund af stigningen i det samlede vintersædsareal er der sket en stigning i udbredelsen af både enårige og flerårige græsukrudsarter. Dette øger behovet for anvendelse af specifikke græsukrudtsmidler.

Tabel 2.6 Gennemsnitlige anvendte doseringer (l/ha) af fungicider i vinterhvede i perioden 1987-89 (efter Markstyringsdata, Landbrugets Rådgivningscenter).

	Rival	Tilt top
1987	0,96	0,82
1988	0,86	0,60
1989	0,74	0,49
1990	0,70	0,36
1991	0,56	0,36

2.5 Anvendelse som grønne marker afgrøde

I henhold til vandmiljøplanen skal bedrifter over 10 ha have 65% af arealet med grønne marker, d.v.s. vintersædsafgrøder og andre afgrøder med en lang vækstperiode samt efterafgrøder. Vinterhvede bliver sammen med vinterraps benyttet i stor udstrækning for at opfylde disse krav. I 1989 var der ca. 71% grønne marker, så de lovmæssige krav var tilfulde opfyldt. Vinterhvedens evne som opsamler af mineraliseret kvælstof i efterårs- og vintermånederne bliver belyst i et igangværende forskningsprogram om Grønne Marker samt i andre mindre undersøgelser. Resultater herfra er omtalt i afsnit 3.15.1.

3. Dykningsfaktorer i vinterhvededyrkingen

Mange forskellige faktorer har betydning for vinterhvedens produktivitet. Nogle af disse faktorer er naturgivne, f.eks. jordtype og klima, mens andre reguleres gennem dyrkningsforanstaltninger, f.eks. jordbearbejdning

og plantebeskyttelse. Omkostningerne ved gennemførelse af de forskellige dyrkningsforanstaltninger er vist i tabel 3.1 og 3.2 for et gennemsnitslandbrug i 1990 (Landbrugets Rådgivningscenter, 1991).

Tabel 3.1 Landskalkuler for vinterhvede pr. ha i kalenderåret 1990 (Landbrugets Rådgivningscenter, 1991).

	JB 1&3 uden vanding			JB 5-8		
	Antal	Pris	Kroner	Antal	Pris	Kroner
Udbytte:						
Kerner	42 hkg	115	4.830	84 hkg	115	9.660
Halm	30 hkg	47	1.410	60 hkg	47	2.820
Stykomkostninger:						
Udsæd	210 kg	2,65	557	210 kg	2,65	557
Gødning:						
Kvælstof	154 kg	4,00	616	182 kg	4,00	728
Fosfor	15 kg	9,00	135	30 kg	9,00	270
Kalium	39 kg	2,85	111	72 kg	2,85	205
Kemikalier:						
Ukrudt			150			150
Sygdom			540			540
Skadedyr			40			40
Vækstregulering			160			160
Bindegarn	7,5 kg	8,17	61	15 kg	6,17	122
Tørring 3%	44 hkg	5,50	242	88 hkg	5,50	484
Stykomkostninger i alt			2.612			3.256
Dækningsbidrag			3.628			9.224
DB efter maskin- omkostninger			- 244			4.109

Tabel 3.2 Maskinomkostninger (kr/ha) ved maskinstationstakst 1990 anvendt i landskalkuler for JB 5-8. (Landbrugets Rådgivningscenter, 1991).

	Antal	Pris	Kroner
Gødningsspredning	2	110	220
Såbedsharvning	2	105	210
Såning	1		235
Tromling	1		130
Sprøjtning	5	125	625
Mejetærskning	1		1.200
Hjemkørsel, korn	1		310
Halmpresning + hjemkørsel	1		1.340
Stubharvning	2	160	320
Pløjning	1		525
Maskinomkostninger i alt ved JB 5-8			5.115
Maskinomkostninger i alt ved JB 1&3, u vandet			3.872
Vanding ved JB 1&3: Faste omkostninger			1.300
Variable omkostninger	105 mm	5,75	604
Maskinomkostninger inkl. vanding ved JB 1&3			6.900

Tabel 3.3 Procentvis fordeling af omkostningerne ved dyrkning af vinterhvede for JB 5-8 og anvendelse af maskinstationstakster (Bearbejdet efter Landbrugets Rådgivningscenter, 1991).

	Styk- omkostning	Maskin- omkostning	Aflønning ¹	I alt
Gødskning	14	2	1	17
Pesticidbehandling	11	6	1	18
Jordbearbejdning og såning	7	11	6	24
Høst	7	29	5	41
I alt	39	49	12	100
¹ : Timeløn er 145 kr pr. time.				

I tabel 3.3 er omkostningerne fordelt procentvis på stykomkostninger, maskiner og aflønning. Lønandelen ved 145 kr pr. time er relativt lille. De væsentligste poster, som det er muligt at ændre på, består af indkøbt gødning og pesticider samt maskinomkostninger ved jordbearbejdning og såning.

Lønومkostninger kan dog få betydning, når landmanden skal rekvirere maskinstationens specialmaskiner til erstatning for f.eks. almindelig jordbearbejdning. Målt udelukkende med maskinstationstakster giver direkte såning med en Roundup behandling eller såning med specialmaskine (Dutzi-Horsch) en besparelse på ca. 600 kr pr. ha i forhold til traditionel jordbearbejdning med pløjning.

Sammenlignes derimod direkte såning udført af maskinstation og en Roundup behandling udført af landmanden selv (785 kr/ha) med landmandens traditionelle jordbearbejdning (938-1180 kr/ha ved en timeløn fra 0 til 73 kr pr. time) bliver forskellen væsentlig mindre.

I dette kapitel gennemgås de vigtigste dyrkningsfaktorer. Vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorerne gennemgås i kapitel 4, og i kapitel 7 er sammenhængen mellem dyrkningsfaktorerne og vinterhvedens vækst og produktion illustreret skematisk.

3.1 Vinterhvedens vækst og produktion

Vinterhvedens udviklingsforløb fra såning til høst er illustreret i tabel 3.4 ved Zadoks udviklingsskala. Med denne vækstskala kan flere vækststadier være tilstede samtidigt. Tabellen viser også de tilsvarende vækststadier i Feekes skala. Principperne i Zadoks skala benyttes også i den nyere BBCH skala, der også kan anvendes for andre afgrøder (Lancashire, 1991).

Såvel forholdene under de enkelte vækstfaser som længden af disse faser har betydning for produktionsresultatet. Det er ofte forskellige forhold, som er bestemmende og begrænsende i de forskellige vækstfaser.

3.1.1 Fænologisk udvikling

Den fænologiske udvikling beskriver, hvorledes planternes udseende ændrer sig over tid, bl.a. i relation til klimaet. Det er den fænologiske udvikling, som bestemmer hvornår forskellige processer i planten foregår. Den fænologiske udvikling kan beskrives ved plantens ydre form, som det f.eks. sker i Zadoks skala. En bedre og mere veldefineret beskrivelse fås dog ved karakterisering af skudspidsens (apex) form (Kirby og Appleyard, 1984). En række af de væsentlige fænologiske udviklingstrin er vist i tabel 3.5. I tabellen er også anført de omtrentlige tilsvarende udviklingstrin i Zadoks skala (efter Kirby og Appleyard, 1981).

Frøspiringen er karakteriseret ved, at kimrod og kimblad fremkommer. Denne spiring sker først efter, at frøet har optaget vand. Tidsrummet fra spiring til fremspiring vil således være styret af jordens vandindhold og af jordtemperaturen. Fremspiring sker, når plantens blade gennembryster jordoverfladen. Fremspiringstidspunktet angives ofte som det tidspunkt, hvor halvdelen af planterne er spiret frem. Tidsrummet fra spiring til fremspiring afhænger af jordtemperatur og sådybde. Tidsrummet fra såning til fremspiring beskrives normalt ved en temperatursum (Weir et al., 1984). I mere komplicerede situationer vil modellen udviklet af Lindstrom et al. (1976) kunne anvendes.

Tabel 3.4 Vækststadier i kornafgrøder (Zadoks et al., 1974). Udviklingstrin efter Feekes skala (Large, 1954) er også anført.

Kode	Feekes skala	Kode	Feekes skala
Spiring		Skridning	
00	Tørre kerner	51	1. småaks netop synligt 10.1
01	Kernen begynder at optage vand	53	1/4 af akset eller stakken fremme 10.2
03	Kernen svulmer	55	1/2 af akset eller stakken fremme 10.3
05	Kimrødderne bryder frem	57	3/4 af akset eller stakken fremme 10.4
07	Skedebladet gennembryder frøskallen	59	Hele akset gennemskredet 10.5
09	1. blad synligt ved skedebladets spids		
Fremspiring		Blomstring	
10	1. blad uden for skedebladet 1	61	Begyndende blomstring 10.5.1
11	1. blad udfoldet	65	Fuld blomstring 10.5.2
12	2. -	69	Blomstring afsluttet 10.5.3
13	3. -		
14	4. -	Grønmodning	
15	5. -	71	Kernen grøn, indholdet tykt-flydende 10.5.4
16	6. -	73	Begyndende mælkeagtigt
17	7. -	75	Mælkemodent 11.1
18	8. -	77	Sent mælkemodent. Strået begynder at gulne foruden. Nederste blade visner
19	9. eller flere blade udfoldet		
Buskning		Gulmodenhed	
20	Kun hovedskuddet fremme	83	Kernen begynder at blive fast, men et negletryk forsvinder igen
21	Hovedskud og 1. sideskud fremme 2	85	Gulmodent, afgrøden gul 11.2
22	- 2. - -	87	Kernen fast og et negletryk efterlades på kernen
23	- 3. - -		
24	- 4. - -	Fuldmodenhed	
25	- 5. - -	91	Kernen hård, svær at dele med en tommelfingernegl
26	- 6. - - 3	92	Kernen hård, kan ikke deles med en tommelfingernegl 11.3
27	- 7. - -	93	Kernen sidder løst under avnerne i tørt vejr. Mejetærskermodent 11.4
28	- 8. - -	94	Overmodent, strået dødt
29	Hovedskud og 9 eller flere sideskud fremme	95	Kernen i væksthvile
Stængeludvikling		96	50% af kernerne spiredygtige
30	Bladskederne strækkes 4-5	97	Kernernes væksthvile ovre
31	1. knæ dannet og mærkbart nær skudbasis 6	98	Kernerne i sekundær spiringshvile
32	2. knæ dannet 7	99	Sekundær spiringshvile ovre
33	3. - -		
34	4. - -		
35	5. - -		
36	6. - -		
37	Fanebladet synligt 8		
39	Fanebladets skede netop synlig 9		
Aksskridningens begyndelsesfase			
41	Fanebladets skede udviklet		
43	Fanebladets skede begynder at svulme		
45	Fanebladets skede opsvulmet 10		
47	Fanebladets skede åbner sig		
49	Aksets første avner eller stak netop synligt		

Tabel 3.5 Væsentlige fænologiske udviklingstrin i vinterhvede.

Udviklingstrin	Developmental stage	Zadoks
Spiring	Germination	5-7
Fremspiring	Emergence	10-11
Blomsterdannelse	Floral initiation	14-18
Dobbelt ring	Double ridge	15-19
Sidste småaks dannet	Terminal spikelet	17-19,30-31
Blomstring	Anthesis	65
Afsluttende kernefyldning	End of grain filling	85

Frem til blomsterdannelse vil der på skudspidsen dannes et antal blade. På et tidspunkt ændres skudspidsens form fra kegleform til en mere cylindrisk form. Dette trin kaldes blomsterdannelse. Trinnet kan i praksis være ganske vanskeligt at erkende. Dette følges af dobbelt ring stadiet, hvor både blad- og småaksanlæg er synlige som dobbelte strukturer ved hvert nodie på skudspidsen.

Tidsrummet fra fremspiring til blomsterdannelse (eller dobbelt ring) afhænger af temperatur og fotoperiode (daglængde). Vinterhvede vil i denne periode også have et vernaliseringskrav.

Vernaliseringen foregår bedst ved lave temperaturer mellem 0 og 5°C, men kan dog ske med lavere hastighed i et noget større temperaturinterval, ca. -4 til 15°C. Temperaturreponsfunktionen varierer formentlig kun lidt mellem sorter, mens der kan være betydelige forskelle i vernaliseringskrav mellem sorter, fra 0 dage for vårhvede til 46 dage eller mere for "ægte" vinterhvede sorter (Reinink et al., 1986). Vernaliseringen kan tabes igen ved høje temperaturer (25-30°C) (Weir et al., 1984).

Når vernaliseringskravet er opfyldt vil udviklingshastigheden stige med stigende temperatur og daglængde.

Stadiet, hvor sidste småaks er dannet, er karakteriseret ved, at der på toppen af skudspidsen er dannet et småaks. Vernalisering spiller ikke nogen rolle for perioden fra dobbelt ring til sidste småaks dannet. Strækningsvæksten begynder normalt, når sidste småaks er dannet.

Blomstring er det næste veldefinerede stadium. Efter befrugtning af kerneanlæggene følger en periode med kernevækst. Perioden frem til blomstring afhænger af både temperatur og daglængde.

Kernefyldningen afsluttes ved fysiologisk modenhed, hvor kernerne stadig er bløde. Længden af perioden fra blomstring til modenhed antages alene at afhænge af temperatur (Weir et al., 1984).

Den fænologiske udvikling er således hovedsagelig afhængig af temperatur og daglængde, mens andre forhold som vand- og kvælstofforsyning kun spiller en mindre rolle (Angus og Moncur, 1977, 1985).

3.1.2 Dannelse af blade

Bladarealet er en af de bestemmende faktorer for bl.a. udbytte og mikroklima i vinterhvede. Hastigheden hvormed blade fremkommer og vokser er en af komponenterne i dannelsen af bladarealet.

Fremkomsten af blade er resultatet af to adskilte processer: dannelse af bladanlæg og længdevækst af bladene. Under optimale forhold er begge processer hovedsageligt styret af temperaturen. Miglietta (1989) fandt, at hastigheden for dannelse af bladanlæg på hovedskuddet afhænger af temperaturen, og er uafhængig af daglængden. Det endelige antal blade vil dog afhænge af daglængden, da den fænologiske udvikling er daglængdeafhængig. Miglietta (1989) fandt kun små forskelle mellem sorter i hastigheden for dannelse af bladanlæg.

Hastigheden for fremkomst af blade er i en række studier fundet at afhænge af såvel temperatur som daglængde (Masle et al., 1989). Dette giver sig i praksis udslag i, at længden af intervallet mellem fremkomst af to blade udtrykt i temperatursum afhænger af såtidspunktet. Baker et al. (1980) fandt en positiv korrelation mellem hastigheden for bladfremkomst udtrykt i termisk tid og hastigheden af ændring af daglængde på fremspiringstidspunktet. Det blev her antaget, at alle blade har samme hastighed for bladfremkomst.

Miglietta (1991a) valgte i stedet at antage, at intervallet mellem fremkomst af blade stiger med plantens alder. Dette synes at give en bedre beskrivelse, og resulterer i en model, hvor daglængde ikke indgår direkte. Der vil dog være en indirekte effekt af daglængde, da såtidspunktet og dermed daglængden påvirker det endelige antal blade og dermed den gennemsnitlige hastighed for bladfremkomst (Miglietta, 1991b).

Efter fremkomst af et blad vil bladets areal vokse over en periode. Porter (1984a) antog, at længden af denne periode svarer til 1,8 gange længden af perioden mellem fremkomst af to blade. Herefter vil bladets areal være konstant i en periode, som for de nedre blade svarer til ca. 3 gange længden af perioden mellem fremkomst af to blade. Denne periodelængde stiger for de øvre

blade. Efter den konstante periode falder bladenes aktive areal gradvis til nul.

Længden af bladskeuderne stiger med stigen af blad nummer. Længden af bladpladerne opnår et maksimum, således at fanebladet er kortere end de foregående. De første seks blade har omtrent samme størrelse (Porter, 1984a).

Bladets længdevækst er positivt korreleret med temperaturen (Hay og Tunnicliffe Wilson, 1982). En række faktorer kan dog virke begrænsende på længdevæksten, f.eks. vandmangel og jordstruktur (Masle og Passioura, 1987) og kvælstofforsyning (Kemp og Blacklow, 1982). Dette skyldes ikke nødvendigvis mangel på assimilater, men kan være hormonalt styret bl.a. via fordeling af assimilater til rod og top (Masle og Passioura, 1987).

3.1.3 Dannelse af sideskud

Kerneudbyttet af en enkelt hvedeplante er delvist bestemt af antallet af aksbærende sideskud. I en bestand af planter kan sideskuddene kompensere for en tynd eller uensartet plantebestand. I tynde bestande udgør sideskuds-dannelsen en stor del af den eksponentielle vækst i bladareal og tørstof i plantens vegetative stadium.

I hvede gentager hvert sideskud det samme udviklingsmønster som hovedskuddet. Det endelige antal blade på sideskuddene vil dog være lavere end hovedskuddets, da den fænologiske udvikling er koordineret mellem hoved- og sideskud. Der dannes normalt et sideskudsanlæg i alle bladhjørner. Kun en mindre del af sideskudsanlæggene vil vokse frem og blive synlige sideskud. Af disse er det kun en vis andel, der bliver til aksbærende sideskud. De øvrige sideskud vil normalt dø bort inden skridning.

Det antages, at sideskudsdannelsen afhænger af forsyningen med assimilater (Friend, 1965; Porter, 1984a). Andre vækstbegrænsende faktorer, f.eks. kvælstofforsyningen, kan dog også spille en rolle, formentlig ved at regulere fordelingen af assimilater mellem skud og rødder. Sideskudsdannelsen fremmes således af høje lysintensiteter, lave plantetætheder og af stigende kvælstoftilførsel i dannelsesperioden. Med stigende temperatur vil sideskudsdannelsen stige langsommere end bladdannelsen, hvilket fører til et lavere antal sideskud ved skridning.

Sideskudsdannelsen standser normalt omkring det tidspunkt, hvor strækningsvæksten begynder. Dette skyldes formentlig, at sideskudsanlæggene konkurrerer langt dårligere om assimilater end det voksende strå. Antallet af sideskud vil derfor normalt være størst på dette tidspunkt. Herefter sker en nedgang som følge af, at de svageste sideskud dør bort. Ved høje plantetal kan nedgangen i skudantal dog ske tidligere (Darwinkel, 1978). Årsagerne til nedgangen i antal sideskud er endnu utilstrækkeligt belyste til, at det er muligt at formulere en fysiologisk baseret model for dette (Porter, 1984b).

Vægten af de døde skud udgør normalt kun en beskedent del af den totale plantemasse. Thorne og Wood (1987) fandt således, at antallet af døde skud oversteg antallet af levende ved blomstring, men bidrog mindre end 10% til tørstofvægten. Kun en mindre del af kulstoffet i de døde sideskud vil blive omfordelt til hovedskuddet (Thorne og Wood, 1987). Derimod synes en større del af kvælstoffet at kunne udnyttes af hovedskuddet.

3.1.4 Dannelse af aks og kerner

Kerneudbyttet i kornafgrøder kan opdeles i tre udbyttekomponenter: antal aks/arealenhed, antal kerner/aks og kernevægten. Der er

en stærk gensidig kompensation mellem disse komponenter. En begrænsning i en af komponenterne kan dog ikke altid kompenseres af de øvrige.

Antallet af aks bestemmes af antallet af skud ved skridning, og er således afhængig af skuddannelse og skuddød. På hvert aks dannes et antal småaks. Antallet af dannede småaks er stort set uafhængig af sideskuddets størrelse (Darwinkel, 1978). Derimod vil en større del af de små sideskuds småaks være golde.

I hvert småaks dannes et antal kerner. Antallet af kerner er fastlagt på blomstringstidspunktet. Fischer (1985) fandt en god sammenhæng mellem kerneantal og aksvægt ved blomstring. Denne aksvægt kunne relateres til forholdet mellem globalstråling og middeltemperaturen over 4,5°C i en 30 dages periode forud for blomstring. Følsomheden for stråling synes at ligge i en periode med centrum 10-13 dage før blomstring (Fischer og Stockman, 1980).

Kernevægten afhænger af mængden af assimilater, som er til rådighed for indlejring i kernen, og af det tidsrum, som indlejringen foregår over. Kernerne vil have en maksimal indlejringskapacitet, som normalt kun bliver begrænsende ved meget lave plante- og kerneantal (Darwinkel, 1978). Både hastigheden af kernevæksten og længden af kernefyldningsperioden er temperaturafhængige. Den stigende kernefyldningshastighed med stigende temperatur vil dog normalt ikke kunne opveje den faldende længde af kernefyldningsperioden. Kernestørrelsen vil således generelt falde med stigende temperatur (Vos, 1984). For kvælstofindlejringen i kernerne synes der derimod at være balance mellem indlejringshastigheden og længden af indlejringsperioden.

3.1.5 Tørstofproduktion

Tørstofproduktion er i princippet resultatet af to modsat rettede processer: fotosyntese og respiration. Tab af tørstof kan desuden ske ved død og henfald af plantemateriale, enten som følge af alder eller som følge af andre biotiske eller abiotiske faktorer.

I fotosyntesen omdannes kuldioxid til kulhydrater. Denne assimilationshastighed er afhængig af mængden af fotosynteseaktiv stråling, som opfanges af afgrøden, hvilket er en funktion af indstrålingen og af afgrødens bladareal. Med kendskab til den absorberede stråling og til bladenes fotosyntese karakteristika kan afgrødens daglige bruttoassimilation beregnes (Goudriaan og van Laar, 1978).

Sammenhængen mellem bladets fotosyntese og lysintensiteten karakteriseres ved hældningen af kurven ved lave lysintensiteter (ϵ) og den maksimale hastighed ved lysmætning (A_m). ϵ varierer kun lidt mellem sorter, og der er kun en svag temperaturafhængighed (Spitters et al., 1989). Der kan derimod være store variationer i A_m afhængig af temperatur, CO_2 -koncentration samt forskelle i bladenes fysiologiske og anatomiske egenskaber som følge af forskelle i alder, behandling og sorter.

Respirationen opdeles i vækstrepiration og vedligeholdelsesrespiration. Vækstrepiration er det assimilatkraft, som er nødvendig til produktion af strukturel biomasse. Vækstrepirationen er alene en funktion af biomassens kemiske sammensætning (Vortregt og Penning de Vries, 1987).

Vedligeholdelsesrespiration er en respiration, som finder sted for at vedligeholde den eksisterende biomasse. Desto større plantens aktivitet og biomasse er, desto større bliver vedligeholdelsesrespirationen. Dette giver en afhængighed af plantens kemiske sammensætning, alder og temperatur. Det antages

normalt, at en stigning i temperaturen på $10^\circ C$ giver omtrent en fordobling af vedligeholdelsesrespirationen. Denne eksponentielle stigning i omsætningshastigheden gælder dog formentlig ikke ved lave eller moderate temperaturer (Johnson og Thornley, 1985). For kernerne kan der skelnes mellem en lagerkomponent og en ikke-lager komponent. Lagerkomponenten (hovedsageligt kulhydrater) er inaktiv og kræver ikke vedligeholdelse (Spitters et al., 1989).

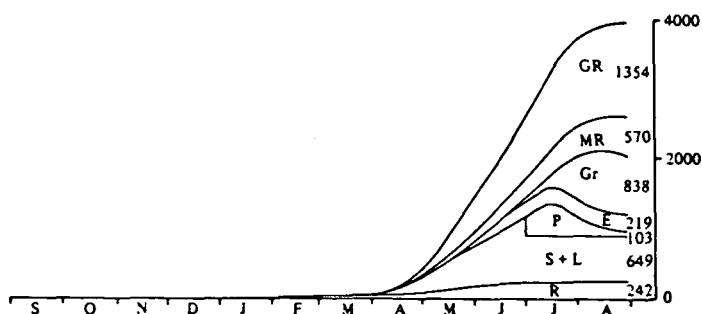
3.1.6 Fordeling af assimilater

Fordelingen af assimilater til de forskellige planteorganer styres primært af plantens fænologiske udvikling. De forskellige planteorganer vil således have forskellig evne til optagelse af assimilater ("sink" størrelse) i løbet af vækstsæsonen. Hvis optagelsesevnen i organerne ikke er tilstrækkelig stor, kan der finde en oplagring af assimilater sted i form af vandopløselige kulhydrater i planten.

Ellen (1990) fandt et fald i indholdet af vandopløselige kulhydrater i stræknings- og kernefyldingsperioderne, hvilket indikerer, at stængel og kerner er stærke sinks for assimilater.

Af andre sinks for assimilater kan nævnes blade, sideskud og rødder. Forskellige miljøfaktorer som temperatur og vand- og næringsstofstatus i planten vil kunne påvirke fordelingen af assimilater til forskellige planteorganer. Modellerung af dette er dog endnu på et indledende stadium (Spitters et al., 1989).

Figur 3.1 viser modelresultater for tørstofmængden i forskellige planteorganer. Det ses, at der sker betydelige ændringer i fordelingen af assimilater gennem vækstperioden.



Figur 3.1 Simulerede assimilater (g/m^2) for vinterhvede. GR og MR: vækst- og vedligeholdelsesrespiration, Gr: kerne, E: aks, P: kulhydrater, S+L: stængel+blade, R: rødder (Weir et al., 1984).

3.1.7 Rodvækst

Efter kernernes spiring i jorden dannes 3-8 primære rødder, som udgår fra kernen. Disse rødder går omtrent lodret ned i jorden. Senere dannes sekundære rødder fra et forgreningspunkt på hovedskud og sideskud. Disse sekundære rødder er tykkere og mere forgrenede og har en mere horisontal vækst end de primære rødder.

Planternes optagelse af vand og næringsstoffer er afhængig af rodsystemet. Optagelsen antages normalt at være relateret til rodtætheden i jordprofilet (Hansen et al., 1990d). Rodtætheden aftager ofte eksponentielt med dybden i jorden. Belford et al. (1987) fandt dog, at rodtætheden aftog lineært med dybden for de primære rødder og eksponentielt med dybden for de sekundære rødder. Rodudviklingen er ofte nært koblet til udviklingen af blade på hoved- og sideskud (Klepper et al., 1984). Rodudviklingen på de enkelte sideskud synes dog ikke at spille nogen større rolle for overlevelsen af sideskud (Belford et al., 1987).

En række jordfysiske og -kemiske faktorer kan virke begrænsende på rodvæksten (Andersen, 1985; Andersen, 1986):

- Jordens tekstur.
- Jordens struktur.
- Jordens vandindhold og luftskifte.
- Jordtemperaturen.
- Jordens reaktionstal.
- Jordens indhold af næringsstoffer.

Jordens tekstur og struktur er bestemmende for andre jordfysiske forhold, bl.a. vandindhold, luftskifte, volumenvægt og mekanisk modstand, der alle er af betydning for rodvæksten. Rodvæksten begrænses ved lavt ler- og humusindhold i jorden. Det angives ofte, at et lerindhold på 3-6% eller et humusindhold på 1-2% er en forudsætning for normal rodvækst. Der er dog næppe tale om en fast grænse, da Andersen (1986) også fandt rodvækst på sandjord ved ler- og humusindhold under disse værdier. Et vist ler- og humusindhold er dog nødvendigt for at mindske den mekaniske modstand mod rodnedtrængning på sandjord. Som følge af den større mekaniske modstand vil rødderne

på sandjord være tykkere, og der ses ofte et større rod/top forhold (Andersen, 1986).

Tilsvarende kan der på lerjord optræde mekanisk modstand mod rodnedtrængning ved høj jordtæthed, f.eks. i forbindelse med en pløjesål. Der vil dog ofte være regnorme-gange eller gamle rodkanaler, som kan benyttes til at gennemtrænge et lag med høj jordtæthed.

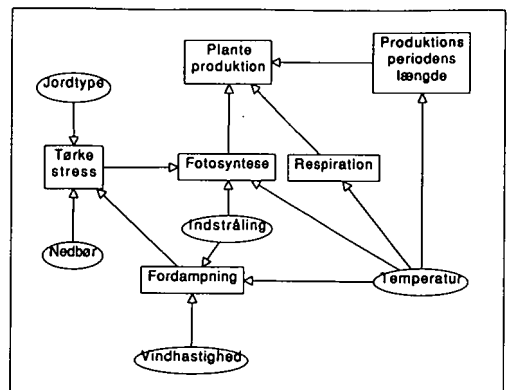
Der ses ofte en øget rodvækst i områder med god næringsstofforsyning (Andersen, 1985). Dette gælder især, hvis Ca er det begrænsende næringsstof, da Ca ikke kan translokere i phloemet og derfor skal være til stede i jorden, for at rodvækst kan finde sted. Andersen's (1986) resultater indikerer, at Ca i visse tilfælde kan være begrænsende for rodvækst. Balancen mellem Ca og andre kationer, specielt kalium, spiller dog også en rolle. Miyasaka og Grunes (1990) fandt dog ikke nogen effekt af varierende Ca-forsyning på rod og skududvikling i vinterhvede. Derimod havde temperaturen en stor effekt på rodudviklingen. Tilsvarende effekter af temperatur er også fundet af Andersen (1986).

Støppler et al. (1991) undersøgte rodudvikling i relation til planteproduktion i fire vinterhvedesorter. Der var sortsforskelle i rodtæthed, total rodlængde og i udviklingen af rodsystem og top. Kun i kernefyldningsfasen var der en positiv sammenhæng mellem rodmasse og tilvækst i toptørstof. Dette skyldes formentlig dels en bedre optagelse af vand og næringsstoffer ved stor rodmasse, dels at der ved en stor rodmasse ved skridning ikke kræves yderligere rodvækst, hvorved en større del af assimilaterne kan anvendes i kernefyldningen. Støppler et al. (1991) angiver, at balancen mellem rod- og topvækst er særlig vigtig i dyrkningssystemer med begrænset tilførsel af hjælpestoffer.

3.2 Klimatiske betingelser

Klima- og vejrforhold påvirker planteproduktionen direkte ved at styre de fænologiske og fysiologiske produktionsprocesser i planterne, og indirekte ved at påvirke udnyttelsen af næringsstoffer, forekomsten af skadevoldere, og mulighederne for at gennemføre markoperationer rettidigt og optimalt.

Vejrforholdenes direkte betydning for planteproduktionen er skitseret i figur 3.2. De produktionsprocesser, der er skitseret her er behandlet i afsnit 3.1. Fænologisk udvikling antages at være styret af temperatur og daglængde med forskellig respons i de forskellige faser. Temperaturrensen er således væsensforskellig under og efter vernaliseringen. Den største indflydelse af fænologisk udvikling på kerneudbyttet fås i kernefyldningsperioden, hvor stigende temperatur forkorter perioden og dermed sænker udbyttet.



Figur 3.2 Vejrforholdenes direkte betydning for plantevækst.

Vejrforholdenes betydning for væksten foregår især gennem indstrålingens betydning for fotosyntesen og temperaturens betydning for respirationen. Tørkestress som følge af vandmangel vil også påvirke fotosyntesen.

Temperaturen i vinterperioden kan have direkte betydning for planterne i form af skader ved lave temperaturer. Planternes tolerance over for lave temperaturer afhænger af såvel sort som hærdningsgrad (Marcellos og Burke, 1979). Olesen (1987a) fandt ved en analyse af udvintringen i danske sortsforsøg i de to vintre 1984-85 og 1985-86, at temperatur og snedække i midtvinteren (januar-marts) havde spillet en betydelig rolle for overvintringen. En kuldesum baseret på minimumtemperatur og snedække kunne beskrive en stor del af variationen i overvintring. Temperaturen i den tidlige vinter syntes dog også at have spillet en rolle for overvintringen i disse sortsforsøg.

I sommerperioden kan ekstreme vejrforhold som hagl og hvirvelvinde lokalt give store mekaniske skader på planterne.

Den indirekte betydning af vejrforholdene for vinterhvededyrkningen er for de fleste faktorer vedkommende beskrevet i de øvrige afsnit i kapitel 3. Disse afsnit omhandler dog ikke høstperioden.

Efter gulmodenhed er kernernes og stråets vandindhold alene bestemt af vejrforholdene. Der vil være en ligevægt mellem kernernes vandindhold og luftfugtigheden (Olesen og Mikkelsen, 1985a). Dette bevirker nedtørring af kernerne om dagen og under visse omstændigheder opfugtning om natten. Der kan endvidere ske opfugtning i forbindelse med nedbør og dugdannelse. Olesen og Mikkelsen (1985b) udnyttede dette til beregning af antal høsttimer ved forskelligt vandindhold i bygkerner. Tabel 3.6 viser det beregnede antal høsttimer i vårbyg for juli til september. Der var imidlertid en betydelig variation fra år til år i antal høsttimer. Det er sandsynligt, at disse værdier også med god tilnærmelse gælder for vinterhvede.

Tabel 3.6 Modelberegnete gennemsnitlige antal høsttimer i vårbyg for juli til september 1953-80 ved Kastrup (Olesen og Mikkelsen, 1985b).

Øvre grænse for vandindhold i kerner (%)	Antal høsttimer		
	Juli	August	September
14	50	38	10
16	170	139	65
18	236	209	133
20	276	255	177
22	304	286	210
24	325	309	234
Antal dagtimer i alt	496	462	381

Kernernes og stråets vandindhold har betydning for mulighederne for at kunne foretage mejetærskning. Endvidere har vandindholdet i det høstede korn betydning for de efterfølgende tørringsomkostninger. Vejrforholdene umiddelbart efter mejetærskning vil også indvirke på mulighederne for bjergning af halm med et tilstrækkeligt lavt vandindhold, således at halmen f.eks. kan udnyttes i halmfyringsanlæg. Vejrforholdene efter modenhed vil desuden påvirke kerne-spildet, f.eks. i forbindelse med storm.

Hvis der går lang tid fra modenhed til høst, kan der ske en begyndende spiring i akset. Dette sker ved højt vandindhold i kernerne, når spiringsshvilen er brudt (Karvonen et al., 1991; Karvonen og Peltonen, 1991). Ved begyndende spiring stiger aktiviteten af amylaser i kernerne. Disse enzymer hydrolyserer stivelsen i endospermen til sukkerstoffer, hvilket har en negativ effekt på faldtal og bagekvalitet.

Der er nogen variation mellem sorterne i deres tilbøjelighed til spiring i akset. Dette hænger formentlig især sammen med forskelle i længden af spirehvilen. Denne spirehvile må ikke være for lang, da kernerne skal kunne sås igen kort tid efter høst.

3.2.1 Normalklima

De klimatiske betingelser beskrives oftest ved klimanormaler, der er gennemsnittet af vejrforholdene for en tredive års periode. Den nyeste normalperiode dækker årene 1961-90. Olesen (1991b) har beregnet klimanormaler for statens forsøgsstationer for denne periode.

Der er nogen forskel i normalklimaet over Danmark, hvilket også viser sig i forskelle i forsøgsstationernes klima. Temperaturen er generelt lavest i Nord- og Midtjylland og højest i det syd-østlige Danmark. For året som helhed er Foulum således 1,0°C koldere

end Rønhave. De køligste sommertemperaturer fås dog ved Silstrup, hvor temperaturen om sommeren ligger ca. 1,3°C under temperaturen ved Tystofte. Tilsvarende er der flest frostdøgn ved Foulum og færrest ved Rønhave.

Nedbøren udviser en betydelig større landsvariation end temperaturen. Der falder mest nedbør i det centrale og vestlige Jylland og mindst i Storebæltsregionen. For forsøgsstationerne er nedbørsmængden på årsbasis størst ved Askov (968 mm) og mindst ved Tystofte (619 mm). Antallet af nedbørdøgn er størst ved Jyndevad og mindst ved Tystofte.

Globalstrålingen er mindst i Vestjylland og størst i Nordjylland og på Øerne. For forsøgsstationerne er globalstrålingen på årsbasis størst ved Flakkebjerg (3638 MJ/m²) og mindst ved Askov (3385 MJ/m²). Dette giver stort set tilsvarende forskelle i potentiel fordampning. Den største landsvariation fås dog i potentiel vandbalance (nedbør minus potentiel fordampning), der for forsøgsstationerne på årsbasis er størst ved Askov med 425 mm og mindst ved Flakkebjerg med 40 mm.

Årsvariationen i vejrforholdene er oftest betydeligt større end den regionale variation. Denne årsvariation illustreres her med variationen i klimaforhold i tidsrummet fra begyndende skridning til modenhed i vinterhvede. Planteproduktionen er i denne periode stort set proportional med globalstrålingen.

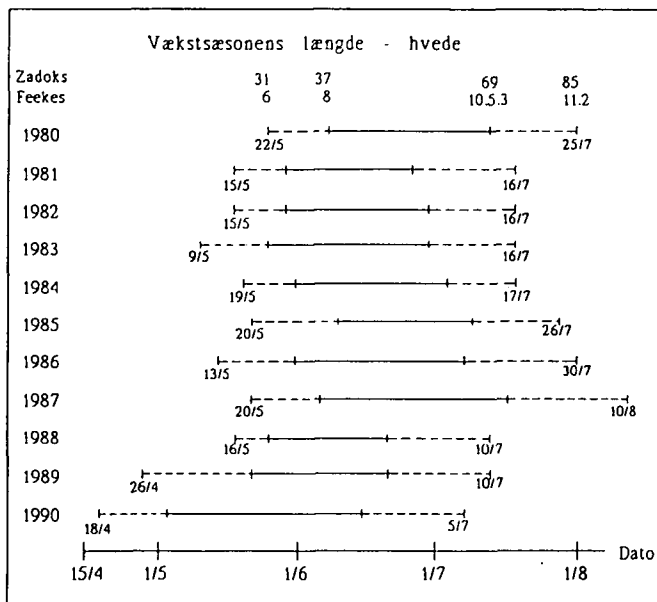
Begyndende skridning antages at ske den 15. juni, og perioden fra begyndende skridning til modenhed at være givet ved en temperatursum med basistemperatur 5°C og et temperatursumskrav på 620°C dage. Tabel 3.7 viser middelværdier og variationsbredde for forskellige klimaelementer for denne periode beregnet med data fra Ødum forsøgsstation 1961-90.

Tabel 3.7 Middelværdi, spredning og variationskoefficient (CV) for forskellige klimaelementer i perioden fra begyndende skridning til modenhed. Data fra Ødum 1961-90.

Klimaelement	Middel	Spredning	CV (%)
Antal dage	60,0	5,0	8,3
Middel temperatur	15,3 °C	0,9	5,7
Globalstråling, sum	1058 MJ/m ²	66	6,2
Nedbør, sum	133 mm	74	55,8
Potentiel fordampning, sum	188 mm	12	6,2
Antal dage med nedbør ≥ 1 mm	18,4	7,7	41,6

Det ses, at langt den største variation findes i nedbørsforholdene. Variationskoefficienten på nedbørsmængde og antal nedbørdøgn er op til 10 gange større end for de øvrige klimaelementer. For globalstråling fås en variationskoefficient på 6,2%. Der må forventes en variationskoefficient af samme størrelsesorden i det klimabetingede potentielle kerneudbytte.

Figur 3.3 viser variationen i vækstsæsonens længde for vinterhvede fra begyndende strækning til gulmodenhed i de enkelte år fra 1980 til 1990. Variationen mellem de enkelte år kan være betydelig, og skyldes forskelle i klimaet mellem de enkelte år.



Figur 3.3 Variation i vækstsæsonens længde for vinterhvede 1980-90 angivet fra vækststadium 31 (begyndende strækning) til 85 (gulmodenhed). Gennemsnit af flere forsøg (Jørgensen, 1990b).

3.2.2 Mikroklima

I forbindelse med plantedyrkning opdeles klimaet i en række grupper (Olesen, 1991a): makroklima, lokalklima og mikroklima. Mikroklimaet er klimaet i det plantenære miljø, d.v.s. fra toppen af afgrøden og ned til bunden af rodzonen. Det er mikroklimaet, der i sidste ende er afgørende for processerne i jord-plante-atmosfære systemet.

Af særlig betydning i denne sammenhæng kan nævnes:

- Jordtemperaturens og jordfugtighedens betydning for stofomsætning i jorden.
- Betydning af temperatur- og fugtighedsforhold i jord og afgrøde for forekomst af sygdomme og skadedyr.
- Betydning af temperatur- og fugtighedsforhold for effekten af bekæmpel-

sesforanstaltninger mod ukrudt, sygdomme og skadedyr.

Mikroklimaet har endvidere direkte betydning for plantevæksten ved at styre vækst- og udviklingsprocesserne. Det er dog almindeligt at beskrive disse processer med makrometeorologiske variable, selvom der ofte opnås bedre sammenhænge ved anvendelse af mikrometeorologiske registreringer (Hay og Tunnicliffe Wilson, 1982).

En gennemgang af de fysiske principper i mikrometeorologien er givet af Monteith og Unsworth (1990) samt med relation til plantepatologi af Aust og Hoyningen-Huene (1986).

Stråling er en af de vigtigste meteorologiske parametre. Den er i sidste ende energikilden for alle processer i jord-plante-atmosfære

systemet. Den fotosynteseaktive stråling udgør omtrent halvdelen af solstrålingen. Både kort- og langbølget stråling har dog betydning for opvarmning og afkøling af planter og jord. Strålingsprofilen i en afgrøde afhænger af bladenes optiske egenskaber og af afgrødestrukturen, herunder bladarealindeks, bladvinkelfordeling og den vertikale fordeling af bladarealet (Goudriaan, 1977).

Bladtemperaturen påvirkes af lufttemperaturen i afgrøden og af strålingsbalancen. Estimering eller beregning af bladtemperaturen besværliggøres af, at også transpiration og transportprocesserne til og fra den frie atmosfære spiller en rolle. Forskellen mellem bladtemperaturen og lufttemperaturen kan være ubetydelig på kølige dage med høje vindhastigheder og ringe indstråling. På dage med høj fordampning og ringe indstråling kan bladtemperaturen være lavere end lufttemperaturen. På dage med høj indstråling er bladene varmere end luften, især hvis planterne lider af vandmangel. Afgrødestrukturen påvirker bladtemperaturen ved at modificere de vertikale gradienter af stråling og aerodynamisk diffusivitet.

Jordtemperaturen afhænger af de termiske egenskaber i jorden, som varierer betydeligt med jordens vandindhold. Med kendskab til disse egenskaber kan varmeledningen i jorden beregnes med en model (Hansen et al., 1990d). Dette forudsætter dog kendskab til energibalancen ved jordoverfladen. Her benyttes oftest stærkt forsimplede betragtninger i modelstudierne. Jordtemperaturen vil normalt være lidt lavere under vinterhvede sammenlignet med vårsæd og kortklippet græs. Rodskjer (1977) fandt under svenske forhold jordtemperaturforskelle mellem vinterhvede og vårbyg i vækstperioden på 1 til 2°C. Tilsvarende forskelle er beskrevet for danske forhold af Olesen (1987b), der dog fandt betydelige variationer fra år til år, således at forskellen er mindre i kølige somre og større i varme somre. Denne forskel i jordtemperatur under for-

skellige afgrøder skyldes formentlig forskelle i energibalancen ved jordoverfladen.

Rodskjer og Tuvešson (1975) fandt ved undersøgelser af temperaturforholdene i vinterhvede i Sverige, at middel lufttemperatur i forskellige højder i bestanden afviger signifikant fra hinanden og fra lufttemperaturen over afgrøden. Der blev dog ikke direkte gennemført forsøg med forskellige bestandstætheder, men sammenlignet mellem forskellige år med forskellige plantebestande.

Fugtigheden i afgrøden produceres hovedsageligt ved fordampning af vand fra jord og blade. Transporten af fugtig luft til og fra den frie atmosfære påvirkes af vindhastigheden og af afgrødestrukturen. Luftfugtigheden i afgrøden og især nær bladene er derfor betydeligt højere end over afgrøden. Fordampning af vand fra bladene forårsager høj fugtighed i afgrøden efter regn eller vanding. Fordampningen fra jordoverfladen udgør kun en mindre del, da jordoverfladens areal er mindre end afgrødens og jorden modtager mindre stråling. Bladfugtighed kan også skyldes dugdannelse, som fysisk set er en negativ fordampning. Dugdannelsen starter på øvre blade i afgrøden.

Overfladefugtighed i afgrøder er en vigtig variabel i relation til forekomst af plantesygdomme. Der er dog en stor variabilitet i målinger af overfladefugtighed i marken. Det kan derfor være mere hensigtsmæssigt af foretage en modelmæssig beregning af overfladefugtigheden, evt. som supplement til målinger (Huber og Wehrle, 1988).

Nedbør er en forudsætning for fordampning og dermed for opretholdelse af en vis fugtighed i afgrøden. En del af nedbøren opfanges (intercepteres) af afgrøden og fordampes direkte fra bladoverfladen. Denne interception afhænger af bladarealindekset og kan udgøre op mod 2 mm. Nedbør kan desuden give regnplask, der er en af processerne

hvormed svampesporer transporteres i afgrøden. Effektiviteten af regnplask afhænger af den kinetiske energi i regndråberne, som er relateret til dråbestørrelse og nedbørintensitet.

Vindhastigheden er sammen med de atmosfæriske stabilitetsforhold og afgrødestrukturen bestemmende for transportprocesserne i og over afgrøden, og har dermed også indflydelse på temperatur og fugtighed i afgrøden. Endvidere påvirker vindhastigheden transport af svampesporer, sprøjtemidler m.v.

Der er gennemført enkelte generelle studier af mikroklimaet i hvede. I de fleste tilfælde er undersøgelserne dog gennemført i vårhvede, f.eks. Penman og Long (1960), Denmead (1969) og Beinhauer (1975). Da vårhvede udviklingsmæssigt afviger noget fra vinterhvede og studierne ofte er gennemført under klimaforhold, som afviger fra de danske, er disse undersøgelser formentlig af beskeden værdi for karakterisering af mikroklimaet i vinterhvede under danske forhold.

Dahlstedt (1985) målte lufttemperatur, luftfugtighed, globalstråling og vindhastighed i to bestandstætheder af vinterhvede i Sverige. Målingerne blev gennemført i to højder i toppen af afgrøden. Der blev dog ikke gennemført en egentlig sammenligning af mikroklimaet ved de forskellige bestandstætheder.

Der er udarbejdet flere modeller til beskrivelse af mikroklimaet i afgrøder (Goudriaan, 1977; Goudriaan og Waggoner, 1972; Wu, 1990). Modellerne giver generelt en god beskrivelse af fordampning og af varme-transport, men en dårligere beskrivelse af temperatur og fugtighed i afgrøden.

Der findes ikke i litteraturen rapporteret undersøgelser, hvor mikroklimaet i vinterhvede ved forskellige plantetætheder og gødskningsniveauer er sammenlignet. Speci-

elt vedr. fugtighed på planterne i en bestand er der endvidere både metodeproblemer vedr. målinger og mangel på modelmæssig beskrivelse og forståelse (Olesen, 1991a).

3.2.3 Meteorologiske registreringer og prognoser

De makrometeorologiske forhold registreres rutinemæssigt på meteorologiske stationer fordelt over hele Danmark (Mikkelsen, 1991). Alle data lagres i en database, men kun data fra automatiske klimastationer og synopstationer er til rådighed umiddelbart efter observationen. Der findes en automatisk klimastation ved alle statens forsøgsstationer.

På gård- og markniveau vil det formentlig i fremtiden blive muligt at registrere klima og mikroklima med prisbillige systemer, som giver data, der umiddelbart kan udnyttes af PC-baserede vejledningsmodeller (Møller, 1990).

Vejrudsigter udarbejdes af Danmarks Meteorologiske Institut. Der findes her en række muligheder for at forbedre landmandens beslutningsgrundlag væsentligt (Olesen, 1988). Dette kræver dog anvendelse af moderne informationsteknologi. Sådanne systemer til formidling af vejrinformation er under udvikling og delvis taget i brug (Olesen, 1989).

3.3 Jordtyper

Ved lerjorde forstås normalt dybmuldede, veldrænede jorde med et lerindhold over 10 %. Her hører hvededyrkingen hjemme fra ældre tid. Med den udbredte hvededyrking i Danmark bliver der nu også dyrket hvede på andre jordtyper. Hvededyrking kan gennemføres med godt resultat på stort set alle jordtyper i Danmark. Forudsætningen er, at afvandingen er i orden på de våde jorde, og at der kan vandes på de lettere jorde. Dyrkningsteknik som jordbearbejdning, gødsning, sædskifte og plantebeskyttelse

skal tilpasses jordtypen. Hvedeudbyttet på den enkelte ejendom bestemmes desuden af årets klima.

Omkring 60% af landbrugsarealet i Danmark er sandjorde, jf. tabel 3.8. De 24% er grovsandet jord og 21% er fin lerblandet sandjord. De grovsandede jorde er flade og findes navnlig i Midt- og Vestjylland. Disse jorde er udsat for vinderosion. De lerblandede sandjorde forekommer navnlig i Nordjylland, og findes ofte i bakket terræn med fare for vanderosion.

Tabel 3.8 Jordtyper i Danmark samt rodzone kapacitet (Landbrugsministeriet, ADK; Aslyng, 1982).

Jordtype	JB nr.	Ler %	Dyrket areal		Rodzone-kapacitet mm
			1000 ha	%	
Grovsandet jord	1	0-5	670	24	60
Finsandet jord	2	0-5	280	10	140
Grov lerbl. sand	3	5-10	200	7	80
Fin lerbl. sand	4	5-10	580	21	130
Grov sandbl. ler	5	10-15	110	4	150
Fin sandbl. ler	6	10-15	560	20	170
Lerjord	7	15-25	170	6	170
Svær lerjord	8	25-45	30	1	170
Humus	11	-	200	7	-

Sandblandede lerjorde og lerjordene udgør omkring 30% af det dyrkede areal. Det er morænejorde, som navnlig findes i Østjylland, dele af Viborg amt samt på Øerne. Mange af lerjordene er bakkede, hvilket øger faren for vanderosion. Veldyrkede mineraljorde har normalt 2-3 % humus i muldlaget. Humusjorde med over 10 % organisk stof udgør 7 % af arealet. De findes spredt i hele landet, dog fortrinsvis i Jylland. De er som regel våde, ustabile jorde, som er mindre egnede til hvededyrking.

Af det dyrkede areal udgør 500.000-600.000 ha lavtliggende arealer. Det er dels humus-

jorde, dels sandede eller lerede mineraljorde i ådale og ferske enge. Endvidere indgår ca. 100.000 ha inddigede arealer af forskellig kvalitet, herunder 20.000 ha marskjorde med 15-50 % ler beliggende i Sydvestjylland.

For alle lavtliggende arealer gælder, at intensiv dyrkning kun er mulig efter en sænkning af grundvandsstanden. Dette betyder, at effektiv hovedafvanding og eventuel detailafvanding skal udføres og vedligeholdes. Fra ca. 100.000 ha kan dette kun ske ved anvendelse af afvandingspumper. Jordene er ofte meget produktive, også til hvededyrking.

På morænelerjorde er ofte gennemført en dræning til hurtigere bortledning af overskudsnedbør. Herved opnås dybere rodudvikling og en jordoverflade, der bedre tåler færdsel og er lettere at bearbejde. Sandjorde er normalt naturligt velafvandede. På grovsandede jorde er hovedproblemet en ringe roddybde og lille tilgængelig vandmængde.

Rodzonekapaciteten, som den er anført i tabel 3.8, har betydning for produktionens størrelse, men navnlig for dyrkningssikkerheden. På grovsandet jord kan kun opnås høje og stabile hvedeudbytter, når der kan vandes. Ved Jyndeved forsøgsstation er som gennemsnit for de sidste 8 år høstet 80 hkg/ha i vinterhvede efter vanding eller ved tilstrækkelig nedbør. Uden vanding er i gennemsnit høstet 54 hkg/ha, men med årssvingninger fra 15 til 88 hkg/ha.

På sandjorde er jordbearbejdning og såbedstilberedning problemfri og kan indskrænkes til et minimum. Efter såning af vinterhvede er jorderne beskyttet mod vanderosion. Vanderosion er derimod et stigende problem ved vintersædsdyrkning på de bakkede lerblandede sandjorde, hvor den løse overfladejord afhængig af såretning og såbedstilberedning kan skylle bort. Her bør jordbearbejdning og såbedstilberedning tilrettelægges på en hensigtsmæssig måde.

På sandjorde er der normalt et stort nedbøroverskud i vinterperioden og eventuelt også i forårsperioden. Det giver øget risiko for tab og udvaskning af næringsstoffer. Anvendelse af husdyrgødning om efteråret er derfor uhensigtsmæssig. Forårsgødskning kan med fordel tilrettelægges med delt gødskning ad 2-3 gange.

Goldfodsyge synes at være et større problem på sandjorde end på lerjorde. Det gælder specielt, når arealerne vandes. Det betyder, at der på sandjorde kræves et godt sædskifte med en, dog helst to goldfodsygesanerende forfrugter.

På lerjorde kan såbedstilberedning undertiden give problemer. Jorden kan være for tør og knoldet om efteråret. Pløjning med furepakning kan være en fordel. Til gengæld må såbedet efterlades så groft som muligt for at undgå tilslemning af jordoverfladen med fare for vandsamlinger i de lave partier af marken og samtidig med øget risiko for vanderosion i hældende terræn.

Dræningstilstanden skal være i orden for at give stor roddybde og dermed tilstrækkelig vandforsyning i vækstperioden. Med den store tilgængelige vandmængde er faren for udvaskning af næringsstoffer og tab af tilført gødning væsentlig mindre end på sandjord. Dette kan udnyttes ved den praktiske tilrettelæggelse af gødskningen.

De meget svære lerjorde, som f.eks. marskjord, har et stort vandindhold, og dræning er en absolut forudsætning for hvededyrkning. Undertiden kan jordens luftindhold være så lavt, at der vanskelig opnås en stor roddybde. Jordbearbejdning og såbedstilberedning kan være vanskelig. Især på disse svære lerjorde skal såbedet efterlades tilpas groft for at undgå tilslemning af jordoverfladen.

Det høje vandindhold og jordstrukturen i disse jorde synes at nedsætte faren for udvikling af bl.a. goldfodsyge. Et fodsygesanerende sædskifte synes ofte unødvendigt.

Ensidig og kontinuert hvededyrkning er derfor en mulighed, som udnyttes med godt resultat af mange jordbrugere på svære lerjorde i marsken såvel i Danmark som i Sydslesvig.

Jordtypen har indflydelse på jordtemperaturen. Dette er navnlig en følge af jordenes forskellige vandindhold. Sandjorde udtørres og opvarmes tidligere om foråret end lerjorde. Desuden er døgnsvingningerne i jordtemperaturen større. Vækstrytme og

udvikling af hvede kan derfor være forskellig på de forskellige jordtyper.

Som et eksempel på jordtypens betydning er i tabel 3.9 vist normaludbyttet ved Statens forsøgsstationer i perioden 1970-89.

Opstillingen viser, at der kan opnås store udbytter i vinterhvede på vandet sandjord. De største udbytter fås dog på lerjorde med stor mulddybde, stor rodzonekapacitet og under gode klimaforhold. De laveste udbytter fås på uvandet sandjord samt på JB 5-jorden, hvor hveden antagelig har en for ringe roddebde. I de senere år er høstet store hvedeudbytter på de fleste forsøgsstationer.

Tabel 3.9 Normaludbytter i vinterhvede 1970-89. Sammenstillet efter beretninger fra Statens Planteavlsudvalg 1970-1989.

Forsøgsstation	Jordtype	JB nr.	Udbytte (hkg/ha)
Jyndeved, vandet	grovsandet jord	1	68
Borris	fin lerbl. sand	4	54
Askov	grov sandbl. ler	5	49
Tystofte	fin sandbl. ler	6	72
Roskilde	fin sandbl. ler	6	70
Ødum	fin sandbl. ler	6	65
Silstrup	ler	7	66
Rønhave	ler	7	70
Højer	marsk	7	66

3.4 Sortsegenskaber

En væsentlig strategisk beslutning i forbindelse med hvededyrkning ligger i valget af sort, idet der er stor variation i de enkelte sorters egenskaber. Forskelle i egenskaberne har afgørende betydning for afgrødens udbytte, dyrkning og anvendelse. Sortsegenskaberne kan opdeles i fire grupper, der på hver sin måde har indflydelse på dyrkning og anvendelse:

- Sortens resistens mod svampesygdomme. Resistens har stor betydning for angreb af specielt meldug og rust, men i en vis udstrækning også for angreb af gråplet, brunplet og knækkefodsyge.
- Sortens stråstyrke, der har betydning for tendens til lejesæd.
- Kvalitetsegenskaber af den høstede afgrøde, der afgør om afgrøden kan afregnes som brød- eller foderhvede.

- Andre egenskaber der kan have betydning for valget af dyrkningsstrategi. Det kan være forhold som vinterfasthed, modningstidspunkt, tendens til kernesplid m.v.

3.4.1 Resistens

Det er kendt fra gammel tid at sygdoms-angreb ikke breder sig lige kraftigt i alle sorter. Dette forhold skyldes forskelle i sorternes resistens. Resistens kan opdeles i to typer:

- Racespecifik resistens med tydelige vekselvirkninger mellem sorter og forskellige svampes smitteracer. Denne form for resistens er effektiv over for visse smitteracer og ineffektiv over for andre.

- Partiel resistens (raceuspecifik resistens eller markresistens), der kan bevare sin effekt over en længere årrække. Denne form for resistens er lige effektiv over for alle smitteracer, men giver sjældent en fuldstændig beskyttelse af planterne.

Racespecifik resistens kendes især fra resistens mod meldug og gulrust. Specifik resistens nedarves i reglen monogent og beskytter mod en eller få smitteracer, hvorfor specifik resistens kan "nedbrydes" i det omfang nye (virulente) smitteracer opstår eller opformerer. Såfremt der ikke forekom-

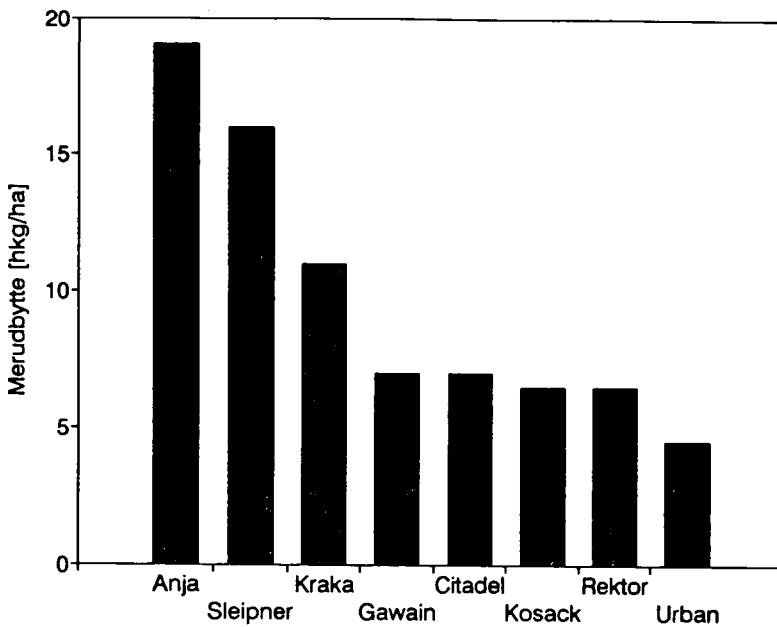
mer virulente smitteracer yder specifik resistens fuldstændig beskyttelse mod sygdomsangreb. Der findes i dag beskrevet en række forskellige genetiske loci for specifik resistens. Gener fra forskellige loci kan kombineres i de samme sorter, men i mange tilfælde er resistensgenerne alleler i et enkelt eller ganske få loci. Dette hindrer kombination af sådanne gener. Ved at kombinere forskellige gener kan opnås en bedre resistens. Kombination af flere resistensgener kan også opnås ved at blande sorter. I tabel 3.10 er givet en oversigt over resistensgener i danske vinterhvedesorter.

Tabel 3.10 Oversigt over resistensgener i markedsførte hvedesorter (efter Eriksen, 1991; Jørgensen, 1990a; Rasmussen, 1990a; Borum, 1991).

Sort	Resistens		
	Gulrust		Meldug
	Specifik	Partiel	Specifik
Anja	-	lav	Ingen
Arber	Yr9	lav	Pm4,8
Citadel	Yr1		Pm2
Florida	Yr9?	høj	Ingen
Gawain	Yr2, 14, 13?		Pm2,6
Haven	Yr6,9		Pm8
Kosack	-	middel-høj	Pm4b
Kraka	Yr1, CV	lav-middel	Pm5
Obelisk	Yr1, VPR		Pm2,5
Orestis	Yr1, VPR		Pm2
Peacock	(Yr2,6,13)?		Pm2,4,6
Pepital	VPR		Pm2,6
Rektor	CV?	lav-middel	Pm5
Sleipner	Yr9	lav	Pm2,6,8
Token	Yr12?		Pm2
Urban	Yr1, 2	middel	Pm5
Wase	VPR		Pm4b
CV: Carstens V. VPR: Voksenplanteresistens uden kendt oprindelse.			

Partiel resistens nedarves i reglen som en kvantitativ karakter og er normalt mest effektiv i sene vækststadier. Partiel resistens har ofte baggrund i mange gener. Den kan være fysisk betinget, således at f.eks. høje planter hæmmer spredning af patogener fra basis til toppen af afgrøden, eller f.eks. ved et tykt vokslag der vanskeliggør gennemtrængning og infektion fra svampesporer. Partiel resistens yder sjældent fuldstændig beskyttelse over for patogener, men kan dæmpe udviklingen af en skadevolder.

Effekten af sorternes resistens kan have afgørende betydning for behovet for anvendelse af fungicider. I figur 3.4 er vist resultater fra markforsøg udført ved Planteværnscentret og i Landsforsøgene fra 1989 og 1990. I modtagelige sorter udgjorde merudbyttet for fungicidbehandling 15-40% af udbyttet. I resistente sorter udgjorde merudbyttet kun nogle få procent.



Figur 3.4 Merudbytter fra 1989 og 1990 efter svampebekæmpelse.

3.4.2 Stråstyrke og længde

Sorternes stråstyrke angives sædvanligvis i en lejesædskarakter. Tidlig lejesæd kan medføre store udbyttetab ligesom lejesæd kan give problemer med høst, tvemodning og risiko for spiring af kerner i akset, hvis afgrøden ligger længe under fugtige forhold. Lejesæd søges derfor undgået ved at dyrke stråstive og korte sorter.

Stråstyrken hænger i en vis udstrækning sammen med sortens højde, således at høje sorter har større tendens til lejesæd. Stråstyrken er dog også genetisk bestemt. Således har sorten Gawain en dårligere stråstyrke end Arber, på trods af at de to sorter er omtrent lige høje (Rasmussen, 1990a). En dårlig stråstyrke medfører en større risiko for lejesæd ved højt kvælstofniveau. Det kan derfor være nødvendigt at begrænse kvæl-

stoffildelingen, hvilket kan reducere udbyttet. Risikoen for lejesød i stråsvage sorter kan også reduceres ved vækstregulering eller ved en reduktion af udsædsmængden.

3.4.3 Kvalitetsegenskaber

Hvede afregnes efter tre kategorier afhængig af dens bageegenskaber, jf. tabel 3.11. Normerne er fastsat af EF. Hvede, der ikke kan anvendes til brødhvede, klassificeres som foderhvede. I EF-dejtesten bedømmes dejens

maskinbearbejdelighed. Dejens klæbrighed er af stor betydning for dette. Hagbergs faldtal indikerer i hvilket omfang stivelsen i melet er nedbrudt og dermed mindre egnet til bagning. Begyndende spiring kan forårsage høj amylase-aktivitet og dermed nedbrydning af kernerne stivelse. Faldtallet bestemmes ved at lade en omrører falde ned igennem en opløsning af mel og vand. Tallet er en funktion af faldtiden. Et højt faldtal angiver melopløsninger med en høj viskositet. Sedimentationsværdien er et udtryk for rumfanget af ikke vandopløseligt protein (gluten).

Tabel 3.11 Minimumskrav til brødhvede og superbrødhvede (efter Landskontoret for Planteavl, 1990).

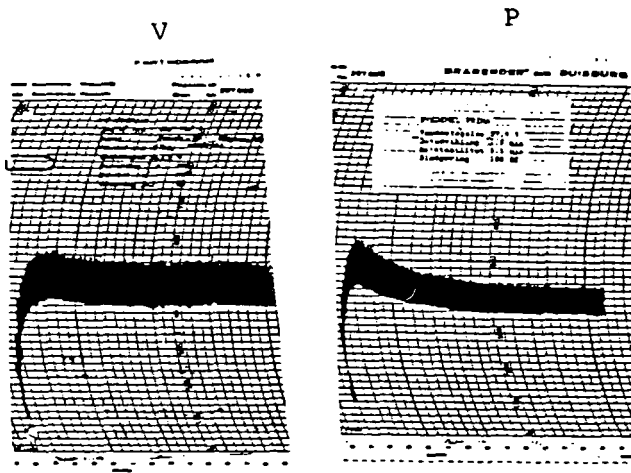
	Brødhvede	Superbrødhvede
Dejtest	ja	ja
Hagberg faldtal	220	240
Sedimentationsværdi	20	35
Proteinindhold	min. 11,5%	min. 14%

Andre egenskaber kan også have betydning for hvedens egnethed til mel. Udmalingsprocenten angiver hvor stor en andel kerner, der kan udmales til mel. Udmalingsprocenten ligger på ca. 75%, men afhænger af den ønskede melkvalitet. Hæves udmalningsprocenten fås lidt mørkere mel med et højere indhold af klid. Absorptionsevnen af vand er væsentlig, idet mel med høj absorptionsevne giver højere brøddudbytte.

Brødindustrien stiller meget specifikke krav til leverandører af mel og kerner. Kravene kan reguleres efter kvaliteten af årets høst. I korn og melprodukter er fastsat maksimumsgrænser for indhold af gærsvampe, skimmelsvampe og trådtrækkende bakterier. Derudover har industrien interesse i følgende analyser: Vandprocent, aske, protein, våd gluten, amylogram, sedimentation, faldtal, farinogram, vandoptagelse, dejudvikling, dejstabilitet og blødgøring. Blødgøring og

dejstabilitet hænger sammen med glutenkvaliteten, der ofte er god ved et højt glutenindhold. Dette kan måles i et farinogram. I figur 3.5 er vist et eksempel på farinogram af en god kvalitet (V) og en moderat kvalitet (P) hvedemel. Der ønskes en høj og konstant værdi omkring den tykke sorte linie. Bagerier blander som regel mel af forskellig kvalitet for at opnå en ensartet kvalitet.

Afregningsprisen tilgodeser i nogen grad hvede af god kvalitet, men ikke tilstrækkeligt til at opveje et lidt lavere udbytte af brødhveder i forhold til foderhveder. I tabel 3.10 er vist markstyringsresultater for tre typer hvede i 1989 (Nielsen og Larsen, 1989). Som det fremgår, forventedes foderhvede at give det højeste dækningsbidrag. Dette afspejles også i fordelingen af sorter på landsplan, hvor foderhveder i 1990 og 1991 har udgjort hovedparten af hvedearealet.



Figur 3.5 Farinogram af henholdsvis god (V) og moderat god (P) bagehvede (efter Thomsen, 1990).

Tabel 3.12 Dækningsbidrag i markstyringsresultater fra Lolland-Falster og Møn 1989. Sammenligning af foderhvede og brødhvede (efter Nielsen og Larsen, 1989).

	Brødhveder Anja + Kraka	Foderhvede Sleipner
Antal marker	59	33
Udbytte hkg/ha	92	103
Salgspris kr/hkg	134	131
Dækningsbidrag kr/ha	10379	11419

De fleste af brødhvedens egenskaber er sortsbetingede. Proteinprocent og sedimentationsværdi påvirkes dog af dyrkningsforholdene, og for faldtallets vedkommende kommer den stærkeste påvirkning fra høsttidspunkt og høstforhold. Indholdet af svampe og bakterier i melet øges ved lejesæd og et fugtigt klima i afgrøden.

I dansk svineproduktion har vårbyg traditionelt været det vigtigste fodermiddel. I de senere år har hvede dog udgjort en stigende

del af svinefoderet. I 1990 anvendtes næsten lige så meget hvede som vårbyg til foder (Boisen, 1990). De væsentligste kvalitetsfaktorer til foder er kornets energiindhold og kornets proteinværdi. Proteinindholdet i korn er dog relativt lavt, hvorfor korn først og fremmest tjener som energikilde i svinefoderblandinger. Energiværdien er af alle kornarter højest i hvede, hvorimod proteinværdien er lav p.g.a. et lavere indhold af de essentielle aminosyrer bl.a. lysin.

3.4.4 Andre egenskaber

Andre egenskaber end de ovenfor nævnte kan have indflydelse på en optimal dyrkningstrategi og sortsvalg. Vinterfasthed kan være en vigtig størrelse, idet følsomme sorter kan udvinde efter hårde vintre. Modningstidspunkt kan spille ind, idet sen modning kan medføre ulemper ved høst. Kerne-spild ved drysning fra akset kan medføre udbyttetab i forbindelse med kraftig vind efter modning. Strå længden kan udover betydningen for lejesæd være interessant, idet halmmængden kan være til gevinst eller ulempe alt efter, om den skal anvendes til f.eks. halmfyring, udnyttes til foder eller nedmuldes. Sortens konkurrenceevne over for ukrudt eller græsser kan have betydning dels i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse, dels såfremt afgrøden skal tjene som dæksæd for udlæg af græsafgrøder (Nordestgaard, 1984).

3.4.5 Sortsblandinger

I vår- og vinterbyg har anvendelse af sortsblandinger i en årrække været en effektiv metode til at hæmme udvikling af meldug. Ved at kombinere sorter med forskellig resistenskilde opnås en bedre samlet resistens og dermed et mindre behov for anvendelse af fungicider, uden at det går ud over udbyttet (Welling et al., 1983). Indtil videre er der ikke fundet samme gode resultater i vinterhvede. En positiv blandings-effekt ved sortsblandinger i hvede over for sygdomsangreb er vist af både Welling og Olsen (1991) og i Landsforsøgene (Ullerup, 1990). Det er især meldug og gulrust, der bliver hæmmet ved anvendelse af blandinger. Angreb af *Septoria* spp. blev ikke hæmmet i sortsblandinger.

Det største kerneudbytte blev høstet i sortsblandinger uden fungicidbehandlinger, sammenlignet med gennemsnit af de enkelte sorter, hvorimod gennemsnittet af de enkelte

sorter gav det højeste udbytte i fungicidbehandlede led. Det har således ikke været muligt at finde samme positive merudbytte i hvede som i vårbyg. I tyske undersøgelser findes tilsvarende gode effekter på sygdoms-angreb (Gieffers og Hesselbach, 1988). Dog fandt man i disse undersøgelser et større angreb af knækkefodsyge i blandinger. Gieffers og Hesselbach (1988) undersøgte ikke effekten af fungicidbehandlinger.

Fortsatte undersøgelser på området skal afklare om det er muligt at nå høje udbytter i sortsblandinger, f.eks. ved at anvende andre kombinationer af sorter. Ved at anvende blandinger er det under alle omstændigheder muligt at hæmme udviklingen af meldug og rust sammenlignet med modtagelige sorter.

3.5 Sædskitte

Sædskitte og forfrugterne øver væsentlig indflydelse på dyrkning af vinterhvede, især ved at påvirke risikoen for fodsygeangreb og mængden af kvælstof i jorden.

3.5.1 Udbytterelationer i sædskitteforsøg

De første sædskitteforsøg med vinterhvede ved Statens Planteavlsvforsøg blev etableret i 1972/73 og blev gennemført over en 10 års periode på 3 lerjordstationer: Roskilde, Rønhave og Ødum (Olsen, 1984b).

I forhold til ensidig vinterhvede gav vinterhvede i et kornrigt sædskitte med havre som forfrugt et merudbytte på ca. 12 hkg kerne pr. ha svarende til 21%. Forsøgene viste, at den egentlige årsag til udbyttetab i ensidig vinterhvede og formentlig også i kornsædskitter, hvor havre ikke er forfrugt, er stærke angreb af goldfodsyge.

I kornrige sædskifter uden anvendelse af nematodresistente sorter af havre og byg opstår risiko for opformering af nematoder. I den ensidige vinterhvede blev der kun på Roskilde registreret kraftige angreb af nematoder. Vinterhvede er ikke nematodresistent.

Knækkefodsyge opformerer også i kornrige sædskifter, og da sygdommen kan være alvorlig i vinterhvede, vil det oftest være nødvendigt med en bekæmpelse i anstrengte kornsædskifter (Olsen, 1984b).

Dyrkning af vinterhvede 2 år i træk eller vinterhvede efter vårbyg har i adskillige forsøg vist udbyttetab af varierende størrelse. I tabel 3.13 ses eksempelvis, at andet års vinterhvede efter vårraps gav et udbyttetab på ca. 27 hkg kerne pr. ha eller 39%. Første års vinterhvede efter vårbyg gav udbyttetab på ca. 25 hkg kerne pr. ha eller 37%. Årsagen var angreb af goldfodsyge, ca. 50% af rodnettet var angrebet.

Tabel 3.13 Vårraps og vårbyg som forfrugt for vinterhvede ved Rønhave 1983, 190 kg N/ha (Olsen, 1990a).

	Udbytte hkg/ha	Merudbytte hkg/ha	Forholdstal	Goldfodsyge ¹	Knækkefodsyge ²
Efter vårraps					
1. års	67,2		100	15	38
2. års	40,7	-26,5	61	45	18
3. års	57,7	-9,5	86	25	33
Efter vårbyg					
1. års	42,1	-25,1	63	50	39
2. års	60,0	-7,2	89	20	48
3. års	59,1	-8,1	88	25	44
Ensidig	51,1	-16,1	76	30	49

¹: % angrebet rodnet i juli. ²: % angrebne strå i juli.

Den ensidige vinterhvede havde også svære udbyttetab, men dog ikke så voldsomt som andet års vinterhvede. Dette skyldes muligvis det såkaldte decline fænomen hos goldfodsygen, som bevirker at angrebsgraden efter en årrække med ensidig korndyrkning stabiliseres på et lavere niveau, end det der forekommer i andet og delvis tredje års hvede, jf. afsnit 3.12.8.

De drastiske udbyttetab i andet års vinterhvede efter vårraps og første års vinterhvede efter vårbyg skyldes væsentligst mindre

buskning, lavere kernerugt og færre kerner som følge af de kraftige goldfodsygeangreb (Olsen, 1990a).

Forsøg gennemført under Landsforsøgene viser, at i næsten hvert år i forsøgsperioden (1974-89) har andet års hveden givet mindre kerneudbytte end første års og ensidig dyrket hvede. En væsentlig del af disse forskelle forklares ved kraftige angreb af goldfodsyge i andet års hveden (Ullerup, 1990).

Et optimalt sædskifte for vinterhvede med f.eks. havre og vårraps som henholdsvis forforfrugt og forfrugt, gav i gennemsnit af 8 forsøgsår ved Rønhave kun et merudbytte på 1-2 hkg kerne pr. ha i forhold til byg som forforfrugt, selvom der var lidt kraftigere angreb af goldfodsyge, jf. tabel 3.14. Den ensidige vinterhvede gav et udbyttetab på ca. 10 hkg kerne pr. ha i forhold til det optimale sædskifte. I dette forsøg var der ingen forskel på vinterhvedens udbytte, om der blev anvendt vår- eller vinterafgrøder af byg og raps (Olsen, 1990a).

Forfrugtvirkningen af kornarterne viser, at havre i gennemsnit er betydelig bedre som forfrugt for vinterhvede end de øvrige kornarter, jf. tabel 3.15. Adskillige undersøgelser viser, at dette skyldes havrens fodsyesanerende virkning (Olsen, 1990a).

Dyrkes der vinterhvede hvert andet år i et sædskifte over en årrække, er det ikke ligegyldigt, hvilken rækkefølge forfrugterne har i sædskiftet. Såfremt havre, raps og ærter har samme forfrugtvirkning på vinterhvede hvert år i et sædskifte, skulle det gennemsnitlige udbytte ved sædskiftets afslutning være næsten ens. Dette er ikke tilfældet.

Tabel 3.16 viser resultatet af en forsøgsserie med vinterhvede hvert andet år efter forskellige forfrugter gennemført 1985-90. Forfrugtvirkningen af havre øges tilsyneladende med antallet af år, der dyrkes hvede. Gennemsnitsudbyttet af den første sædskifte-kombination er således højere end efter de to andre, selvom andelen af hvede i sædskiftet er den samme. Dette skyldes formentligt havrens fodsyesanerende virkning, idet der må forventes et stigende goldfodsygeangreb med antallet af år, der dyrkes vinterhvede (Olsen, 1990a).

Tabel 3.14 Vinterhvede i forskellige sædskifter, Rønhave 1979-86 (Olsen, 1990a).

Sædfølge	Udbytte hkg/ha	Forholdstal	Gold- fodsyge ¹	Knække- fodsyge ²
Havre, raps, vinterhvede	72,0	100	4	22
Vårbyg, raps, vinterhvede	70,0	97	12	32
Vinterbyg, vinterraps, vinterhvede	70,8	98	13	45
Ensidig vinterhvede	62,7	87	41	32
¹ : % angrebet rodnet i juli. ² : % angrebne strå i juli.				

Tabel 3.15 Vinterhvede efter forskellige forfrugter. Gennemsnit 1987-89. Udbytte i hkg kerne pr. ha (Andersen et al., 1992).

Forfrugt	Jyndeved		Rønhave	
	Udbytte	Forholdstal	Udbytte	Forholdstal
Havre	67,1	100	67,4	100
Vårbyg	67,9	101	65,4	97
Vinterrug	60,4	90	64,1	95
Vinterhvede	63,3	94	62,9	93

Tabel 3.16 Vinterhvede hvert andet år i forskellig afgrødefølge. Gennemsnit af vinterhvede 1986, 1988 og 1990. Udbytte i hkg kerne pr. ha (Andersen et al., 1992).

Forfrugter	Rønhave			Borris			Roskilde		
	Udbytte		Gfs ¹	Udbytte		Gfs ¹	Udbytte		Gfs ¹
	hkg/ha	%		hkg/ha	%		hkg/ha	%	
1985-1987-1989									
Ærter-Raps-Havre	83,6	100	7	62,6	100	10	68,3	100	3
Havre-Ærter-Raps	80,6	96	4	59,9	96	31	60,9	89	17
Raps-Havre-Ærter	81,1	97	9	63,6	102	17	64,7	95	4
Ensidig vinterhvede	75,6	90	43	54,8	88	30	48,7	71	14

¹: Goldfodsyge: % angrebet rodnet i juli.

Tabel 3.17 Vinterhvede hvert andet år efter forskellige forfrugter. Gennemsnit af 1986-90. Udbytte i hkg kerne pr. ha (Olsen, 1990a).

Forfrugt	Rønhave		Roskilde		Borris	
	Udb.	%	Udb.	%	Udb.	%
Havre	87,5	100	63,5	100	65,2	100
Raps	82,0	94	59,1	93	58,7	90
Ærter	84,3	96	60,1	95	58,6	90
Ensidig	73,9	84	53,5	84	42,5	65

5 års forsøg med vinterhvede efter forskellige forfrugter viser, at udbyttet af vinterhvede efter raps og ærter er fra 4-10% lavere, end hvor havre er forfrugt. Ensidig vinterhvede har 16-35% lavere udbytte, jf. tabel 3.17.

Udbyttet af andet års vinterhvede efter forforfrugter af havre, raps og ærter viser i forhold til første års vinterhvede efter havre udbyttetab på 33-43% på grund af kraftige goldfodsygeangreb på Rønhave, jf. tabel 3.18. De største udbyttetab registreres, hvor ærter og raps var forforfrugter. Dette var også tilfældet ved Roskilde, men ved væsentligt mindre angreb af goldfodsyge.

Tilsvarende resultater fra England viser, at hvede efter byg var stærkere angrebet af fodsyge og i gennemsnit gav 22 hkg/ha mindre udbytte end hvede efter havre (Prew et al., 1986).

Resultaterne fra de gennemførte sædskifteforsøg understreger med al tydelighed, at vinterhvede er en følsom afgrøde, der påvirkes meget af uheldige sædskifteforhold. Udnyttelse af vinterhvedens udbyttepotentiale kræver derfor, at den sås efter gode forfrugter.

Mangeårige svenske sædskifteforsøg (1965-86) viser, at vinterhvede med kløvergræs som forforfrugt gav et større kerneudbytte,

Tabel 3.18 Relativ kerneudbytte af andet års vinterhvede 1990 (Olsen, 1990a).

	Rønhave		Roskilde	
	Udbytte (%)	Gfs ¹	Udbytte (%)	Gfs ¹
1. års efter havre	100	15	100	2
2. års efter havre	67	90	105	1
2. års efter raps	57	90	88	5
2. års efter ærter	64	95	85	2
¹ : Goldfodsyge, % angrebet rodnet i juli.				

end hvor forfrugten var græs eller brak, især ved lav kvælstoftilførsel. Forskellen blev udlignet ved høj kvælstoftilførsel. I alle tre tilfælde var vinterraps forfrugt (Wallgren og Rådbjerg, 1989).

3.5.2 Forfrugtens indflydelse på kernekvaliteten.

Ekstreme eller dårlige sædskifteforhold for vinterhveden bevirker først og fremmest en nedsat kernevægt, men også rumvægt og indhold af total kvælstof i kernen påvirkes. Derudover bliver kernerne mindre, hvilket især kan registreres i soldsorteringen over 2,8 mm.

Således betød de store udbyttetab i andet års vinterhvede efter vårraps og første års efter vårbyg lav kernevægt, mindre rumvægt, færre kerner i den store soldsortering og et højere kvælstofindhold. De kraftigste påvirkninger blev registreret ved Rønhave, som også havde de største udbyttetab. De samme virkninger blev målt ved Roskilde, dog i mindre kraftig grad (Olsen, 1990a).

Sedimentationsanalyser gennemført i sædskiteforsøg viser, at kvaliteten til brødhvede ændres, når vinterhvede dyrkes i anstrengte kornsædskifter. Det er kvælstofmængden, der er den afgørende faktor for en stigning i sedimentationsværdien. Derfor var der også tendens til lidt højere værdi i andet års

vinterhvede fremfor første års, idet der på grund af et mindre udbytte bliver større kvælstofmængde til rådighed for indlejring i kernen.

3.5.3 Forfrugtens virkning på sygdomsforekomst

De omtalte sædskiteforsøg viste utvetydigt, at et sædskifte med en sanerende afgrøde er den eneste mulighed for at undgå angreb af goldfodsyge. Her har havren den allerstørste betydning, især på jordtyper, der erfaringsmæssigt er disponeret for et højt smittetryk.

Knækkefodsyge påvirkes tilsyneladende i mindre grad af forfrugterne. Denne sædskitesygdom er at bekæmpe kemisk. I de omtalte sædskiteforsøg, hvor der fortrinsvis blev fokuseret på goldfodsyge, blev der sprøjtet mod knækkefodsyge for at formindske denne sygdoms indflydelse på vinterhvedens kerneudbytte efter de forskellige forfrugter. Det har derfor ikke i disse forsøg været muligt at få et reelt udtryk for, om forfrugterne har indflydelse på angrebet af knækkefodsyge.

En stor opgørelse af knækkefodsygeforsøg udført på data fra 1978-86 viste dog tydelige forskelle i angreb afhængigt af forfrugten. Mindst angreb fås, hvor græs er forfrugt, mens det kraftigste angreb ses, hvor vintersæd indgår hyppigt i sædskiftet (Schulz et al., 1990).

Der foreligger ikke i danske sædskifteforsøg registreringer af, om vinterhvedens blad- og akssygdomme optræder i forskellig styrke afhængig af forfrugter.

3.6 Jordbearbejdning

Ved jordbearbejdning tilsigtes navnlig at bekæmpe ukrudt og plantesygdomme, at iblande plantemateriale og gødning og at ændre og forbedre jordstrukturen for at give de udsåede frø de bedst mulige spirings- og vækstbetingelser.

Ved såbedstilberedningen tilsigtes det med den mindst mulige indsats af arbejde, energi og driftsmidler at skabe et såbed, i hvilket udsæden kan placeres på en sådan måde, at den sikres en hurtig og god spiring og vækst. Udsæden skal placeres i omgivelser, der sikrer en tilstrækkelig god vandoptagelse uforstyrret af iltmangel eller spirehæmmende stoffer. De spirende planter skal kunne trænge frem til jordoverfladen uden at møde unødigt modstand i form af komprimeret jord eller skorpedannelse. Sådybden må ikke være så stor, at udsædens reservenæring er opbrugt inden spirene når jordoverfladen. Desuden skal rødderne have mulighed for uhindret at udvikles i dybden (Håkansson og Polgar, 1976).

3.6.1 Pløjning og furepakning

Ved pløjning gælder det om at efterlade jordoverfladen så jævn som muligt. Derved er forudsætningen for korrekt såbedstilberedning givet. En ujævn jordoverflade kræver en dyb såbedsharvning, hvilket normalt ikke er ønskeligt. Pløjedybden i praksis er normalt 20-25 cm. Enkelte danske forsøg har vist, at det ikke er fordelagtigt at pløje dybere end 20 cm (Rasmussen, 1984), men der mangler sikre forsøg til belysning af, om pløjedybden kan reduceres.

Jorden er normalt for løs og porøs efter pløjning, hvorfor det kan være en fordel at pakke den moderat med en furepakker eller betontromle (Håkansson, 1986; Schjønning og Rasmussen, 1990).

Et forholdsvis tæt pakket pløjelag kan være en fordel for plantevæksten i tørre perioder, men omvendt en ulempe under våde forhold. Derfor tilstræbes et moderat pakket pløjelag med færrest mulige hjulspor, hvilket opnås med det lavest mulige overfladetryk under hjulene. Dette tilnærmes ved tvillingmontering og lavt dæktryk eller brede lavtryksdæk (Schjønning og Rasmussen, 1990).

Udbytteresultater fra forsøg med furepakning til vinterhvede (tabel 3.19) viser, at det kun er på lerjorden ved Ødum, der er målt merudbytte for furepakning, mens der de øvrige steder er målt ubetydelige udslag.

Tabel 3.19 Furepakning forud for såning af vinterhvede 1985-90. Udbytte og merudbytte i hkg kerne pr. ha (efter Rasmussen, 1990b).

Sted	Jynde vad	Ødum	Rønhave	Højer
Jordtype	JB 1	JB 5	JB 7	JB 7
Antal forsøg	1	4	5	4
Ingen furepakning	65,6	99,4	78,5	67,6
Med furepakning	0,2	2,7	0,4	-0,7

Landboorganisationerne har i lignende forsøg fundet merudbytter for furepakning på 0,6-1,0 hkg/ha i vinterhvede (Pedersen, 1987), og i Sverige er der fundet merudbytter for furepakning til vinterhvede på 9%. Her fandt man, at furepakning udbyttmæssigt er bedre på lettere end på svære jorde, samt at reduceret harvningsintensitet på furepakket jord er faldet godt ud (Polgar, 1990).

Fordelen ved furepakning ligger i, at jorden bliver mere jævn og fast at køre på, således at dybe hjulspor undgås. Derved opnås en mere ensartet harve- og sådybde, og der kan spares 1-2 harvninger.

3.6.2 Såbed, såbedstilberedning og såning

Erfaring viser, at vinterhvede kræver et forholdsvis groft såbed, d.v.s. et såbed, der er findelt i dybden, og hvor der på overfladen er mange store aggregater (knoIde), der i efterårsperioden kan modvirke en tilslemning af overfladen i regnperioder, og i vinterperioden kan virke som læ for planterne. Overfladeruheden har endvidere stor betydning for vanderosion på skrånende arealer (Linden et al., 1988).

Ved såbedstilberedningen bør det fugtige materiale bibeholdes i bunden af såbedet, mens det tørre materiale bør bibeholdes nær overfladen.

Såbedets kvalitet beskrives bedst ved aggregatstørrelsesfordelingen, vandindholdet, dybden af såbedet samt ruheden af såvel overfladen som bearbejdningsbunden.

De bedste spirebetingelser forekommer, når en stor del af aggregaterne er i størrelsen 0,6-6,0 mm (Njøs, 1979). Jordtemperaturen i 5-10 cm dybde under et 3 cm tykt lag af forskellige størrelsesfraktioner viste det højeste maksimum for aggregater i størrelsen 0,6-6,0 mm. Vandindholdet var højest under

denne aggregatstørrelse, ligesom fremspiringen af byg var bedre end ved både større og mindre aggregater. Blanding af små og store aggregater resulterede i en markant aftagende porøsitet og dårligere spiring. Generelt aftog fremspiringen med stigende aggregatstørrelse (Njøs, 1979). Der findes ingen tilsvarende undersøgelser i forbindelse med etablering af såbed til vinterhvede, men det antages, at de samme forhold gør sig gældende for vinterhvede. Bouaziz et al. (1990) angiver, at det ideelle såbed til vinterhvede hovedsagelig bør bestå af aggregater mindre end 30 mm.

Aggregatstørrelsen har stor betydning for såbedets vandindhold og fordampning fra jorden. Den kapillære vandtransport til overfladen er større, desto finere aggregaterne er. Når aggregaterne er store, stiger fordampningen stærkt med størrelsen på grund af turbulent lufttransport mellem partiklerne. Den mindste fordampning forekommer ved aggregatstørrelser på 0,2-10 mm (Heinonen, 1985).

Vandindholdet stiger med dybden i såbedet. Den plantetilgængelige vandmængde er størst på jorde med 5-15% ler. De grovsandede jorde tilbageholder ikke så meget vand og udtørres hurtigt, og de svære lerjorde, der indeholder store mængder utilgængeligt vand, udtørres hurtigt på grund af den grove aggregatfordeling, især i de øverste ca. 3 cm (Kritz, 1983; Rasmussen, 1981).

Den gunstigste fugtighed i jorden angives ofte til ca. 60% af den vandholdende evne, d.v.s. at såbedet skal indeholde minimum 5-6 vægtprocent plantetilgængeligt vand for at frøene kan spire (Kritz, 1983; Håkansson og Polgar, 1984).

Hvis fugtigheden er for høj, vil spiringen hæmmes, formentlig som følge af iltmangel. Vinterhvede er meget følsom over for vandmætning af jorden. Især perioden fra begyndende spiring og indtil planterne er spiret

frem er kritisk (Rasmussen, 1988). Det er kun meget få planter, der overlever mere end 6 dages vandmætning. Efter fremspiring påvirkes plantetallet kun lidt af vandmætning, men buskningen bliver mindre, og udbyttet reduceres som følge af færre aks (Belford et al., 1984).

Af hensyn til fremspiringen er det vigtigt, at kernerne placeres i overgangen mellem det bearbejdede og det ubearbejdede jordlag, hvor fugtighedsforholdene er bedst. En ensartet sådybde og fremspiring opnås kun, når harvningen er gennemført til ensartet dybde. Der findes ingen undersøgelser, der definerer vintersædens krav til såbedet, men der findes adskillige undersøgelser over såbedet til vårsæd (bl.a. Kritz, 1983; Rasmussen, 1981).

På lerblandede jorde med 5-15% ler bør sådybden være ca. 4 cm, mens den på sandjorde og svære lerjorde bør være ca. 6 cm, især i tørre år, mens sådybden bør være 1-2 cm mindre i fugtige år (Kritz, 1983). Det største kerneudbytte i vinterhvede blev opnået ved 4 cm sådybde, mens 2 og 6 cm sådybde gav omtrent det samme udbytte. Sås hveden dybere end 6 cm eller ovenpå jorden betyder det udbyttetab. Ujævn sådybde giver uens fremspiring og forringer dyrknings-sikkerheden (Jepsen, 1985).

Betingelserne for såbedstilberedning varierer meget fra år til år på grund af fugtighedsforholdene. Derfor kan der vanskeligt opstilles generelle retningslinier for såbedstilberedning til hvede, men såbedstilberedningen sker i princippet efter samme retningslinier som til vårsæd.

Såbedstilberedningen bør ske med så få harvninger som muligt. På sandjord vil det normalt være 1-2 harvninger og på lerjord 2-3 harvninger, hvis der anvendes traditionelle såbedsharver (Rasmussen, 1973). Såfremt der er furepakket, kan der spares 1-2 harvninger.

Forskellige redskabskombinationer, hvor såbedstilberedning og såning udføres i en arbejdsgang, har i de senere år fået en betydelig udbredelse. Fordelen ved disse redskabskombinationer er bl.a., at de er mindre vejrafhængige, hvilket giver større muligheder for rettidig såning. Færdslen og dermed jordpakningen bliver mindre, og bearbejdningsdybden kan indstilles nøjagtigt, således at der kan opnås en ensartet sådybde (Hornstrup, 1985).

I Sverige har Henriksson (1990) fundet lavere udbytte ved brug af disse redskaber end ved brug af traditionelle metoder. Dette skyldes bl.a. en dybere bearbejdning og såning imellem hjulsporene, samt at metoderne har givet et grovere såbed med deraf følgende dårligere kontakt mellem udsæden og den fugtige jord og en større fordampning fra jorden.

Flere års danske forsøg viser samstemmen- de, at der kun er små udbytteforskelle i vinterhvede afhængig af, om den er sået efter traditionel opharvning og såning, eller den er sået med rotorharvekomination, jf. tabel 3.20.

Tabel 3.21 viser, at der er små og usikre udslag for anvendelse af kompaktharver i kombination med såmaskinen. I vinterhveden er der dog tendens til, at det er en fordel med en opharvning inden såning med redskabskombinationen.

Rotorharvens fordele kommer frem under ekstreme vejr- og jordbundsforhold, hvor anvendelse heraf kan være den eneste mulighed for at få sået vintersæd (Pedersen, 1987). Kompaktharven er velegnet på de fleste lette til mellemsvære jorde, hvor der efter pløjning er foretaget en moderat sammentrykning med furepakker eller tromle.

Tabel 3.20 Jordbearbejdning til vintersæd 1984-90. Forsøg på lerjord, JB 5-6. Udbytte og merudbytte i hkg kerne pr. ha (Pedersen, 1987 og Rasmussen, 1990b).

	Landboorg.	Statens forsøg	
	Vinterhvede 1984-86 9 forsøg	Vinterhvede 1985-90 10 forsøg	Vinterbyg 1985-90 3 forsøg
Traditionel såbedstilberedning og såning	76,4	80,4	62,7
Pløjning med furepakker, harvning og såning	0,6	-0,5	0,7
Pløjning med furepakker, kom. rotorharvesåning	1,4	0	0,1

Tabel 3.21 Såning med kombination af kompaktharve og såmaskine på furepakket jord 1986-90. Forsøg på lerjord, JB 5-6. Udbytte og merudbytte i hkg kerne pr. ha (efter Rasmussen, 1990b).

	Vinterbyg 6 forsøg	Vinterhvede 6 forsøg
Harvning og såning	62,1	82,4
1 gange harvning + kompaktharve	-0,6	1,2
Ingen harvning + kompaktharve	-0,8	-2,4

Tromling med cambridgetromle er i de senere år blevet mere almindeligt efter såning af vinterhvede, dels for at trykke sten i jorden, dels for at få en jævn overflade. Der findes ingen undersøgelser af tromling af vinterhvede. Det antages dog, at de samme forhold er gældende som for vårsæd, således at det kun er på de sværeste lerjorde, at tromling øver indflydelse på plantebestanden, samt at tromling normalt er unødvendig, såfremt udsæden er sået i et tilfredsstillende såbed (Rasmussen, 1977). Tromling om efteråret må frarådes, da det giver en jævn overflade med mulighed for sandflugt, tilslemning, vanderosion og skorpedannelse.

På visse jorde kan skorpedannelse fuldstændig hindre fremspiringen, så omsåning bliver nødvendig. En jordskorpe er et tyndt lag forment på overfladen forårsaget af dispersive

kræfter i regndråber efterfulgt af udtørring. Jordskorpen er karakteriseret ved dens større mekaniske styrke, lavere porøsitet og aggregeringsgrad. Den reducerer infiltrationskapaciteten og medfører større overfladeafstrømning. Jordskorpen hindrer planternes fremspiring, selv når andre faktorer såsom vandets tilgængelighed, iltforhold, jordtemperatur og sådybde ikke er begrænsende.

Jordbearbejdning spiller en vigtig rolle ved skorpedannelse. Intensiv bearbejdning og findeling af jorden øger mulighederne for skorpedannelse i en efterfølgende regnperiode (Awadhwai og Thierstein, 1985).

Sådybden er en meget væsentlig faktor, hvis regn efter såning giver skorpedannelse. Grund såning giver flere fremspirede planter inden skorpen dannes end dyb såning (Hå-

kansson og Polgar, 1979). Tromling med ringtromle er mere velegnet til skorpebrydning end harvning (Awadhwai og Thierstein, 1985).

3.6.3 Jordpakning

I en kornmark med traditionel jordbearbejdning, og hvor halmen bjerges, foretages ofte 12-14 arbejdsoperationer i løbet af et år. Hvor stor en andel af jordoverfladen, der berøres af færdslen afhænger foruden af antal overkørsler også af traktorens og redskabernes hjuldimensioner samt redskabets arbejdsbredde. På årsbasis trykkes jorden i gennemsnit 2-3 gange af traktorens baghjul. Lægges dertil færdslen med traktorens forhjul samt høstmaskiner og transportvogne kan antallet af overkørsler komme helt op på 6-7 gange på årsbasis. En væsentlig del af færdslen sker på årstider, hvor jorden er fugtig og dermed let sammentrykkelig (Schjønning og Rasmussen, 1990).

Det tryk, som jorden belastes med under et luftgummihjul, er omtrent lig med lufttrykket i dækket, men vil også afhænge af dækstørrelse, dæktype og markens egenskaber (Håkansson, 1984).

Under et hjul aftager trykket altid med dybden. I en dybde, som er lig med dækbredden, er trykket omtrent halveret. Under et lille hjul med lille belastning aftager trykket hurtigere med dybden end under et stort hjul med stor belastning, hvis trykket i bærefladen, belastningen pr. overfladeenhed, er ens (Håkansson, 1984).

Komprimering af jorden i de dybere, normalt ubearbejdede jordlag kan have en skadelig indflydelse på såvel plantevækst som afdræning og luftskifte. Denne effekt har vist sig at holde i mange år efter sammentrykningen. Frost og tørke betragtes normalt som gavnlige for genetablering af jordens struktur. Imidlertid er der i uden-

landske såvel som i danske områder med årlig frost til 50-60 cm dybde fundet en pakningseffekt 7-9 år efter jordens komprimering (Schjønning og Rasmussen, 1990).

Jord er mest modtagelig for sammentrykning i våd tilstand. Dette gælder i særlig grad de lerholdige jorde, som generelt er mere følsomme end de sandede jorde.

Ved komprimering sker der en formindskelse af jordens porerumfang. Især de største porer deformeres. Derved forringes betingelserne for luftskifte og evnen til at bortlede overskudsvand. Dette kan bevirke, at jorden bliver vandlidende i en våd vækstsæson, hvilket yderligere begrænser luftskiftebetingelserne.

Komprimering af jorden hæmmer såvel antallet af regnorme som rodvæksten, hvilket formodentlig er den mest skadelige effekt af pakningen. En dårlig rodvækst giver en dårligere udnyttelse af vand og næringsstoffer, ligesom faren for vanderosion forøges (Schjønning og Rasmussen, 1990).

Der findes ingen danske undersøgelser over pakningens skadelige indflydelse på vækst og udbytte af vinterhvede. I Sverige er der fundet udbyttetab på op til 31% ved anvendelse af alm. traktor, mens tvillingmontering gav 6% højere udbytte end enkeltmontering (Håkansson, 1986).

I Norge fandt Bakken et al. (1987), at pakning reducerede jordens porerumfang, fordoblede antallet af aggregater over 20 mm, reducerede udbyttet af vinterhvede med 25% og øgede kvælstoftabet ved denitrifikation med en faktor på 3-4. Daniel et al. (1988) fandt udbyttetab i vinterhvede på op til 34% efter intensiv pakning af jorden med traktor. Oussible et al. (1992) fandt tab på 12 til 23% af kerneudbyttet ved pakning af jord med traktor. Udbyttetabet var ledsaget af en reduktion i buskningen, mens kerneantal pr.

aks og kernevægt ikke blev påvirket af pakningen.

Skadelig virkning af færdsel kan forebygges (Schjønning og Rasmussen, 1990) ved at

- Kalktilstand og drænsystem er i orden.
- Undgå færdsel på våd jord.
- Benytte faste kørespor.
- Bruge brede dæk, lavt dæktryk eller tvillingmontering.
- Planlægge færdsel med transportvogne.
- Begrænse akselbelastning til under 6 tons på enkelt aksel og 10 tons på bogie.

3.6.4 Undergrundsløsning

Ved dyrkning af vintersæd er det væsentligt, at overfladevand hurtigt forsvinder efter kraftig nedbør. Især perioden mellem såning og fremspiring er kritisk. De nysåede kerner og de spæde spirer er meget følsomme over for vandmætning af jorden. Følsomheden stiger ved sen såning, fordi jordtemperaturen er lavere, og perioden mellem såning og fremspiring da er længere (Cannell, 1980).

På de fleste danske jorde vil der ikke være behov for jordløsning til større dybde end pløjedybden. I takt med, at traktorer, redskaber og transportvogne bliver stadig større og tungere, er det et problem, man skal være opmærksom på, især på lerjorde, hvor der f.eks. dyrkes sukkerroer. Behovet for undergrundsløsning må afgøres i hvert enkelt tilfælde.

Afdræningen skal være i orden inden undergrunden løsnes. Er dette ikke tilfældet, hjælper en jordløsning ikke. Uønsket vand skal kunne trænge bort gennem dræn eller gennem grovkornet undergrund til dybtliggende grundvand.

Ved jordløsning afpasses dybden efter det vand- eller rodstandsende jordlag. Drejer det

sig om strukturskader som følge af færdsel, vil der sjældent være behov for at løsne jorden til større dybde end 40-50 cm (Håkansson, 1986; Rasmussen, 1985).

Alle undergrundsløsnere har en maksimal effektiv arbejdsdybde, hvor jorden løsnes til siden og opad. Hvis denne dybde overskrides aftager effektiviteten hurtigt. Der vil da kunne ske en komprimering af jorden omkring grubberskæret, og det øgede trækraftbehov vil medføre større komprimering af jorden under traktorhjulene (Spoor, 1976).

I et enkelt forsøg på en lollandsk sandblandet lerjord med intensiv sukkerroedyrkning er der i vinterhvede fundet merudbytter på 6-9% for grubning i 50-60 cm dybde i forhold til ingen grubning.

3.6.5 Pløjefri dyrkning

Forudsætningen for undladelse af pløjning til vintersæd er, at halmen er fjernet, at der er en kort stub, at marken er fri for ukrudt, at jordoverfladen er jævn, og at jorden i øvrigt er i god kultur (Rydberg, 1987).

Såvel danske som udenlandske forsøg har vist, at såfremt disse forhold er i orden, så kan pløjning med fordel undlades til vinterhvede, hvorimod der er tendens til, at vinterbyg og vinterbyg klarer sig bedst, når der er pløjet.

Pløjefri dyrkning har først og fremmest interesse, hvor hveden sås efter en sædskiftesanerende afgrøde som raps og ærter. Dog kan der være problemer med at indpasse metoden, hvor der er anvendt jordherbicide mod frøukrudt i forfrugten (f.eks. midlet Kerb 50), eller der skal anvendes jordherbicide mod ukrudt i forbindelse med såning (Pedersen, 1987).

Metoderne til pløjefri dyrkning kan f.eks. være opharvning og såning eller direkte

såning i den ubehandlede mark med en specialsåmaskine. Da der findes mange forskellige redskaber til pløjefri dyrkning, og da forudsætningerne for og konsekvenserne af de forskellige metoder stort set er de samme, vil de efterfølgende blive behandlet under et.

Pløjefri dyrkning har ofte givet tilfredsstillende resultater i efterårssåede afgrøder (hvede, byg og raps), hvor halm og planterester har været fjernet eller afbrændt, hvor afdræningen og dermed luftskiftet har været i orden, hvor trafikskader og hjulspor ikke er forekommet, og hvor ukrudtsbestanden har været minimal (Cannell, 1985).

Tabel 3.22 viser en oversigt over forsøgsresultater med direkte såning i forhold til traditionel jordbearbejdning. Det ses, at metoden i de fleste nordvesteuropæiske lande har givet tilfredsstillende udbytter.

I danske forsøg er der kun fundet små forskelle i plantebestand mellem traditionel bearbejdning og pløjefri dyrkning. Det var ikke muligt at finde en sammenhæng mellem plantebestand og udbytte, idet planterne ved tynde bestande kompenserede ved at udvikle flere sideskud (Rasmussen, 1988).

En kemisk eller mekanisk ukrudtsbekæmpelse vil oftest være påkrævet inden pløjefri hvedesåning. Pløjefri dyrkning favoriserer ukrudtsbestanden, som er svær at kontrollere selv ved brug af kemiske midler. Der sker en opbygning af en frøpulje i de øvre jordlag ved pløjefri dyrkning (Catizon et al., 1990).

Ved pløjefri dyrkning sker der en stigning i jordens Rt, Ft, Kt og kulstofindhold i de øvre jordlag, mens indholdet i den nedre del af pløjelaget (ca. 5-25 cm) oftest er lavest ved pløjefri dyrkning (Ellis og Kenneth, 1980; Rasmussen, 1988; Rydberg, 1987).

Pløjefri dyrkning giver en tættere jord med større bæreevne og bedre strukturstabilitet i overfladejorden i forhold til pløjet jord.

På lerholdige jorde vil der ved årlig pløjning til samme dybde skabes et fortættet jordlag med høj penetreringsmodstand umiddelbart under pløjedybden. Med flerårig anvendelse af pløjefri dyrkning regenereres strukturen i pløjesaalen, mens der samtidig udvikles et svært gennemtrængeligt jordlag umiddelbart under den nye bearbejdningsdybde (Schjøning, 1988). Rydberg (1987) fremhæver, at den øgede fortætning i den centrale del af

Tabel 3.22 Udbyttelniveau ved direkte såning i forhold til traditionel såning (Nielsen, 1990b efter Cannell, 1985). (+) angiver lig med eller større udbytte end normalt. (-) angiver mindre udbytte end normalt.

	Vinterhvede	Vinterbyg	Vårraps	Vårbyg	Sukkerroer
Belgien	+	+			-
Danmark	+	+	-	-	+ ¹
England	+	+		+	
Frankrig	+			-	
Holland	+			+	+
Skotland				-	
Schweiz	+				
Sverige	+ ¹			+ ¹	+ ¹
Tyskland	-				+
¹ : Reduceret jordbearbejdning					

muldlaget er den største negative effekt af pløjefri dyrkning.

Jordens grovporevolumen og dermed luftskiftebetingelserne reduceres i forhold til årlig pløjet jord, mens det omvendte er tilfældet i jordlaget umiddelbart under den tidligere pløjedybde.

Vurderes ovennævnte effekter med henblik på plantevækstbetingelser i form af rod-penetreringspotential og luftskiftebetingelser, peger undersøgelserne på pløjning som et bedre jordbearbejdningssystem end en praksis med reduceret jordbearbejdning (Schjønning, 1988).

I fastliggende forsøg med direkte såning fandt Andersen (1987a) på flere lokaliteter signifikant flere regnorme af en eller flere arter ved udeladelse af pløjning. Forskellen var mest udpræget for stor regnorm og skovregnorm. Efter direkte såning var disse arter henholdsvis 9 og 66 gange så talrige som efter pløjning, hvor der i gennemsnit for alle arter kun var halvt så mange regnorme som efter direkte såning.

Brændstofforbruget ved direkte såning blev reduceret med 70-80% (32-37 l/ha) i forhold til traditionel jordbearbejdning, og arbejdsforbruget blev reduceret med 70-75% (ca. 3 mandtimer pr. ha). Besparselserne var lidt større ved anvendelse af en 4 m såmaskine end ved anvendelse af en 2,6 m såmaskine (Nielsen, 1987).

3.6.6 Halmnedmuldning

På grund af forbud mod halmafbænding og begrænsede muligheder for afsætning af halm er det store mængder, der skal snittes og nedmuldes. Formålet med snitning af halmen er primært at findele og fordele halmen på en sådan måde, at den efterfølgende jordbearbejdning kan ske uden stop som følge af slæbning.

Snitlængden er så godt som uden betydning for halmens omsætning, men det er væsentligt, at den spredes jævnt over hele marken. Ujævn spredning af halmen kan give udbyttetaf i halmstrengene. Lerjord reagerer kun svagt negativt på uens fordeling af halmen, mens der på sandjord er fundet udbyttetaf på op til 2,3 hkg kerne i de områder af marken, hvor der har ligget de største halm-mængder (Thomsen, 1990b).

Halm omsættes hurtigere, når den nedmuldes i jorden, end når den ligger på jordoverfladen. Det er ligegyldigt, om halmen nedmuldes i 5, 10 eller 15 cm dybde. Det væsentlige er, at halmen kommer i kontakt med jorden, så mikroorganismen kan komme i gang med at nedbryde den (Christensen, 1987b).

Efter en måneds forløb har nedmuldet halm mistet ca. 30% af sin vægt uanset jordtypen, hvori omsætningen finder sted, og efter et års forløb resterer der ca. 25% af den nedmuldede halm-mængde (Christensen, 1987b).

Ved en produktion af 5 tons hvedehalm kan halmen ved høst indeholde 22-38 kg N, 2-4 kg P og 25-54 kg K. En betydelig del af halmens indhold er imidlertid letopløselig i vand, og kan, såfremt halmen henligger på stubben efter høst og udsættes for kraftig nedbør, vaskes fra halmen og til underliggende jordlag.

Perioden mellem høst og såning af vintersæd er ofte så kort, at det kan være vanskeligt at få tid til at nedmulde den snittede halm, inden jorden skal pløjes. Det betyder, at halmomsætningen ikke er særlig fremskreden inden pløjning, selvom halmen er blevet nedmuldet.

To forsøgsserier med nedmuldning af halm forud for vinterhvededyrkning viser, at der er tendens til, at sandjord giver udbyttetaf for nedmuldning af halmen inden nedpløjning, samt at det på lerjordene er en fordel

at nedmulde halmen inden pløjning til vinterhvede, men merudbyttet for nedmuldning er næppe af en størrelse, der kan dække omkostningerne (Schjønning, 1987; Rasmussen, 1990b).

3.7 Såtid og udsædsmængde

I takt med den stigning i vintersædsarealet, der er sket i de senere år, er arbejdsbyrden om efteråret blevet forøget på mange landbrugsbedrifter. Dette har bl.a. været medvirkende til, at såtidperioden er blevet forlænget i forhold til tidligere. Dette har øget interessen og behovet for kendskab til forskellige udslag for såtidspunktet.

3.7.1 Udbytterelationer i forsøg

De første nyere forsøg med såtid og udsædsmængde i vinterhvede blev anlagt ved Statens Planteavlfsforsøg i efteråret 1978. Der blev gennemført 3 forsøg ved Roskilde og 5 forsøg ved Rønhave i årene 1979-83 (Olsen, 1984a).

I gennemsnit af forsøgene gav såning ca. 1. september og 20-25. september samme kerneudbytte, jf. tabel 3.23. Såning midt i oktober medførte i forhold hertil et udbyttetab på 9% svarende til godt 5 hkg kerne pr. ha.

Optimal udsædsmængde ved såning omkring 20. september kan variere fra 150 til 200 kg kerne pr. ha svarende til 300-420 spiredygtige kerner/m², uden at det har indflydelse på nettokerneudbyttet. Udsædsmængden kan med fordel nedsættes til ca. 120-150 kg/ha svarende til 240-300 kerner/m² ved tidlig såning omkring 1. september. Ved sen såning, midt i oktober, bør udsædsmængden øges. Der blev målt stigende nettokerneudbytte op til 540 kerner/m², hvilket svarer til en udsædsmængde på 265 kg/ha (Olsen, 1984a). Nyere forsøg med andre sorter viser, at det økonomisk kan være forsvarligt yderligere at reducere udsædsmængden (Kjærsgaard, 1990, 1991).

I efteråret 1985 blev ved Rønhave anlagt forsøg med 4 sorter, 4 såtider og 3 udsædsmængder samt 3 kvælstofmængder. Foreløbige resultater viser, at optimal såtid og udsædsmængde for vinterhvede kan være sortsafhængig, jf. tabel 3.24.

I Kraka og Citadel betød en forøgelse af udsædsmængden fra 350 til 550 kerner/m² et betydeligt nettoudbyttetab, mens Sleipner og Longbow kun ved såning 1. september fik et nettoudbyttetab. Kraka og Citadel er langstråede mellemeuropæiske hvedetyper, mens Sleipner og Longbow er kortstråede engelske hvedesorter.

Tabel 3.23 Såtid og udsædsmængder i vinterhvedesorten Solid. Gennemsnit for Roskilde og Rønhave, 1979-83. Udbytte i hkg kerne pr. ha eksklusiv 1½ x udsædsmængden (Olsen, 1984a).

Antal kerner/m ²	240	300	360	420	480	540			
Mængde kg/ha:	118	148	177	206	236	265	Gns.	%	LSD
2. september	61,0	60,0	59,5	59,7	56,6	55,8	58,5	100	0,6
23. september	58,6	59,8	59,4	59,4	58,0	58,4	58,9	101	
15. oktober	52,3	52,3	53,4	53,7	53,6	53,9	53,2	91	
Gennemsnit	57,3	57,4	57,4	57,0	56,1	56,0	56,9		
Forholdstal (%)	101	101	101	100	98	98			
LSD	0,9								

Tabel 3.24 Såtid og udsædsmængde ved Rønhave 1986-88, gennemsnit af 3 kvælstofmængder. Udbytte i hkg kerne pr. ha eksklusiv $1\frac{1}{2}$ x udsædsmængden (Olsen, 1991).

	Kraka	Citadel	Sleipner	Longbow
1. september				
350 kerner/m ²	70,2	69,1	80,0	75,1
450 kerner/m ²	67,4	69,3	78,0	72,6
550 kerner/m ²	65,9	68,5	76,3	70,6
20. september				
350 kerner/m ²	72,1	74,3	78,5	74,0
450 kerner/m ²	71,7	70,7	78,7	77,8
550 kerner/m ²	68,2	70,8	79,6	72,7
10. oktober				
350 kerner/m ²	71,4	72,4	74,2	69,6
450 kerner/m ²	72,8	74,4	76,0	70,9
550 kerner/m ²	68,9	68,9	74,6	70,9
30. oktober				
350 kerner/m ²	70,2	70,6	70,6	68,3
450 kerner/m ²	69,1	71,8	73,3	66,3
550 kerner/m ²	68,1	69,5	72,8	68,7

Kraka og Citadel blev ikke udbyttmæssigt påvirket ved sen såning i oktober i forhold til tidlig såning i september. Optimal såtid vil formodentlig være i perioden 20. september til 10. oktober med en udsædsmængde fra 350 til 450 kerner/m². På trods af to måneders forskel på såtidspunktet gav en meget sen såning hos Kraka og Citadel omtrent samme udbytte som tidlig såning.

For Sleipner og Longbow bør en ret tidlig såning foretrækkes ifølge disse resultater, gerne først i september måned. Sleipner havde et udbytteskab jævnt faldende fra 1. september til 30. oktober på 10 hkg kerne pr. ha, Longbow ca. 7 hkg/ha. Ved den tidlige såning 1. september bør udsædsmængden ikke overstige 350 kerner/m² (Olsen, 1991).

I modsætning hertil angives i andre forsøg, at sorterne Sleipner, Urban, Florida og Pepital gav samme udbytte ved såning midt i september som midt i oktober. I disse

sorter var der ikke udbyttmæssig forskel, om der blev udsået 250, 400 og 550 kerner/m² (Hansen et al., 1990a). Såning 20. oktober fremfor 20. september medførte et udbytteskab på 6.1 hkg kerne pr. ha (7%) for Anja, men 14.7 hkg kerne pr. ha (16%) for Sleipner (Kjærsgård, 1989). Dette er på linie med forsøgene ved Rønhave.

I andre forsøg blev der i gennemsnit af 4 forsøg målt merudbytter for stigende udsædsmængder op til 300 kg/ha, også selvom udgiften til udsæden var fratrasket (Ullerup, 1987). I nogle år har det ikke været rentabelt at øge udsædsmængden over 150 kg/ha (Kjærsgård, 1990). I forsøg vedrørende dyrkningssystemer har der kun været merudbytter på 0,5-1,0 hkg kerne pr. ha ved at øge udsædsmængden fra 400 til 500 kerner/m² (Ullerup, 1983).

I gennemsnit af 4 forsøg (Ullerup, 1985) var der ingen udbytteskab ved at udsætte såningen fra midt i september til sidst i september,

men et udbyttetab på ca. 10 hkg kerne pr. ha ved at udsætte såningen til sidst i oktober.

Fra England viser omfattende forsøg, at det optimale såtidspunkt med hensyn til udbytte varierer signifikant fra år til år, ligesom der for de enkelte sorter var signifikante forskelle i de enkelte år. Signifikante 2 og 3 vejs vekselvirkninger mellem såtid, sort og år blev fundet i nogle forsøgsserier, mens dette ikke var tilfældet i andre (Turber, 1990).

Det faktiske plantetal afhænger af såvel udsået kerneantal som den faktiske fremspiring i marken. Endvidere spiller vinteroverlevelsen en rolle. Tidlig såning betyder større buskning, større bladareal, størst tørstofmængde og størst kvælstofoptagelse indtil maj måned (Thorne et al., 1988).

Det maksimale kerneudbytte fås ved 100 planter/m², der svarer til 430 aks/m² eller ca. 19000 kerner/m². Ved højere plantetætheder fås flere aks og kerner, men samme nettoudbytte. Når der er flere end 400 aks/m² er kerneudbyttet pr. skud kun afhængig af antal kerner, fordi kernevægten i de forskellige aks bliver ens (Darwinkel, 1978).

3.7.2 Betydning for overvintringsevnen

De strenge vintre 1985, 1986 og 1987 medførte betydelige udvintringsskader i vinterhvede. Vinterskaderne var forskellige fra egn til egn. I 1985 var der et skønnet behov for omsåning af vinterhvede på ca. 9% af hele arealet, og i 1986 ca. 24%. I 1987 blev ca. 25% af arealet i de nordlige og vestlige egne af Jylland omsået, mens der kun var få skader i de øvrige dele af landet (Landskontoret for Planteavl, 1987).

Selvom der var klimamæssige forskelle mellem de 3 vintre, var der markante sortsforskelle i udvintringsskader. Det var således de engelske vinterhvedesorter, der tog størst skade.

Der findes ingen angivelser af såtidens indflydelse på overvintringen, men i forsøgene ved Rønhave var der en antydning af, at den tidlige såtid gav den største udvintring (Olsen, 1991).

Der er ikke nogen simpel sammenhæng mellem plantetal og kerneudbytte, og det er derfor ofte svært i det tidlige forår at afgøre, om en vinterskadede vinterhvedemark skal omsås.

Tabel 3.25 Antal aks pr. plante beregnet på aktuel plantetal. Gennemsnit for Roskilde og Rønhave 1979-83 (Olsen, 1984a).

Såtid	Udsædsmængde, kerner/m ²						
	240	300	360	420	480	540	Gns.
2. september	2,12	1,79	1,55	1,38	1,32	1,15	1,47
23. september	1,80	1,51	1,30	1,19	1,10	1,03	1,26
15. oktober	1,71	1,56	1,30	1,21	1,10	1,06	1,27
Gennemsnit	1,88	1,61	1,50	1,26	1,17	1,08	

3.7.3 Indflydelse på buskning

Det fremgår af tabel 3.25, at den tidlige såtid, ca. 1. september, giver den største

buskningskvotient, og med stigende udsædsmængde fra 240 til 540 kerner/m² falder aksantallet fra ca. 2 til ca. 1 aks pr. plante.

Der var ingen forskel i buskningskvotienten ved såningen den 23. september og 15. oktober, i gennemsnit ca. 1,3 aks pr. plante. I gennemsnit af årene 1986-89 viser andre forsøg, at buskningskvotienten faldt tilsvarende fra 2,4 til 1,9 og 1,5 ved udsædsmængder på 250, 330 og 430 planter/m² (Kjærsgård, 1989), og der var ikke økonomi i at hæve plantetallet over 250 kerner/m², svarende til ca. 140 kg/ha.

Sorterne har forskellig buskningsevne. Der er vekselvirkning mellem plantetal og antal skud, således at høje plantetal giver lave buskningskvotienter.

3.7.4 Indflydelse på kernekvalitet

Det relative kvælstofindhold i kernen stiger med udsættelse af såtiden, da udbyttet samtidigt falder. Selvom dette er tilfældet, falder proteinudbyttet i gennemsnit af 3 år med 65 kg/ha ved udsættelse af såtiden fra september til midten af oktober. Udsædsmængden har større indflydelse på kernevægten end såtiden. Tidlig såning og lille udsædsmængde giver store kerner. Afhængig af såtidspunktet ændres forholdet mellem kerner over 2,8 mm og kerner mellem 2,5 og 2,8 mm. Således udgør andelen af kerner over 2,8 mm en væsentlig mindre andel ved såning midt i oktober end ved såning 1. september (Olsen, 1984a).

Udover kendte forskelle i vinterhvedesorternes bagekvalitet synes forskellig såtid og udsædsmængde ikke i nævneværdig grad at påvirke bagekvalitet, faldtal og sedimentationsværdi. Dog kan sidstnævnte på grund af et større kvælstofindhold i kernen ved sen såning få en højere værdi.

3.7.5 Rækkeafstandens indflydelse på kerneudbytte

Kerneudbyttet falder med øget rækkeafstand. I gennemsnit faldt kerneudbyttet med 0,5 hkg kerne pr. ha for hver cm, som rækkeafstanden blev øget fra 10 til 22 cm (Andersson, 1983). Dette svarer til 0,7% pr. cm. Med samme udsædsmængde faldt plantetal og aksantal med øget rækkeafstand. Overvintringen blev forringet ved de største rækkeafstande. Ved høje udbyttelniveauer var der en tendens til større negativ effekt af øget rækkeafstand, hvorimod der tilsyneladende ikke er sortsforskelle (Andersson, 1983).

Nyere forsøg peger på en mindre udbytteduktion ved øget rækkeafstand og anvendelse af samme udsædsmængde. Rasmussen og Pedersen (1990) fandt 0,5% udbyttetab pr. cm øget rækkeafstand inden for 12-30 cm. Petersen et al. (1988) fandt ved forskellige kvælstofmængder og udsædsmængder ingen udbyttmæssige forskelle mellem rækkeafstande på 13 og 20 cm, mens en rækkeafstand på 37,5 cm bevirkede et udbyttetab.

3.8 Vækstregulering

Vækstregulering gennemføres primært for at undgå lejesæd i sorter med tilbøjelighed til lejesæd. Der er dog også andre effekter af vækstregulering, som kan øge eller mindske udbyttet afhængig af de konkrete forhold.

3.8.1 Vækstregulerende stoffers virkning

De vækstregulerende stoffer, som anvendes i landbruget, tilhører to grupper: gibberellin hæmmere og ethylen producenter. Begge stofgrupper indvirker på planternes hormonbalance.

3.8.1.1 Gibberellin hæmmere

Chlormequat-chlorid, der er aktivstoffet i CCC midler og mepiquat-chlorid, der er et af aktivstofferne i Terpal, har samme virkemåde i planten. Begge stoffer griber ind i plantens syntese af gibberellin, der hæmmes. Gibberellin har indflydelse på celledeling og strækningsvækst, og resultatet af behandling med de to aktivstoffer er derfor, at stængelene under dannelse bliver kortere og tykkere. Med det normale anvendelsestidspunkt er det primært de nedre internodier, der påvirkes.

I enkelte forsøg er der fundet en forøgelse af rodmængden i vårhvede efter CCC-anvendelse (Cannell, 1981). Behandling med midlerne har også indflydelse på udvikling af hoved- og sideskud. Behandling stopper midlertidigt hovedskuddets udvikling, og derved får nogle senere udviklede sideskud mulighed for at 'komme med' og opnå samme udvikling, hvilket mindsker disse skuds dødelighed før skridning. I forsøg i vinterhvede er der således fundet et øget antal aks pr. m², hvor der er behandlet med CCC (Kettlewell et al., 1983). Derved opnås en bedre udnyttelse af afgrødens produktion, og dette har i bygforsøg medført en forøgelse af høstindeks (kerneudbytte i procent af totaludbytte) i forhold til ubehandlet (Cartwright og Waddington, 1981). Det forøgede høstindeks skyldes hovedsageligt en formindskelse af halm-mængden, men forstærkes af i nogle tilfælde også af en stigning i kerneudbytte.

3.8.1.2 Ethylen producenter

Ethephon er aktivstoffet i Cerone og komponent i Terpal. Ethephon nedbrydes i planten til ethylen, som er et hormon, der naturligt dannes i planterne ved modning eller når de udsættes for stress, f.eks. tørke. Det menes, at ethylen blokerer for transporten af et andet væksthormon, auxin. Auxin er ligesom

gibberellin af betydning for cellestrækning og celledeling, og ethephonbehandling resulterer derfor i en stråforkortning og en forøgelse af sideskudsdannelsen.

3.8.2 Forsøg med vækstregulering

Anvendelse af vækstreguleringsmidler i korn påvirker i forskellig grad kerne- og halmudbytte, kerne-kvalitet, strå-længde, stråstyrke, bladareal, buskning, stråtykkelse og rodmasse.

Der er gennemført adskillige forsøg med vækstregulering af vinterhvede. Der er målt vekselvirkninger mellem midler, doseringer, tidspunkter og gøds-kning m.m. Det er derfor ikke muligt at omtale alle, men kun tage udpluk af enkelte effekter. Det er heller ikke muligt at behandle alle ovenfor nævnte vækstforhold og eventuelle påvirkninger ved en vækstregulering.

Ved Askov, Højer og Rønhave blev i 1981-83 gennemført vækstregulering af 3 vinterhvedesorter med 2 l Cycocel/ha på stadium 4 (Feekes). Tabel 3.26 viser resultater fra Rønhave. De langstråede sorter Solid og Helge gav et merudbytte på 1,4-2,4 hkg kerne pr. ha ved 200 kg N/ha for en vækstregulering, men ingen effekt ved 100 kg N/ha. Den blødstråede sort, Helge, gav lidt større merudbytte end den mere stråstive sort, Solid. Den kortstråede sort Brigand gav et merudbytte på 1,3 og 2,6 hkg kerne pr. ha ved henholdsvis 100 og 200 kg N/ha.

Vækstregulering bevirker nedgang i halmudbyttet, afhængig af sortens strå-længde og dermed halm-mængden. Strå-længden reduceres for de langstråede sorter med 15-20 cm, i visse år endnu mere, mens strå-længden hos de kortstråede sorter kun reduceres med få cm.

Bladareal- og internodiemålinger ved Rønhave i årene 1981-83 forklarer ikke præcis

Tabel 3.26 Vækstregulering af vinterhvedesorter. Udbytte og merudbytte, kerne og halm, hkg/ha. Gennemsnit 1981-83 ved Rønhave (Olsen, 1991).

Udbyttekomponent	Kerne				Halm			
N-gødning, kg N/ha	100		200		100		200	
CCC, 2 l/ha	Uden	Med	Uden	Med	Uden	Med	Uden	Med
Udbytte og merudbytte, hkg/ha								
Solid	66,6	-1,7	70,9	1,4	89,6	-5,4	111,6	-10,4
Helge	67,1	0,2	68,6	2,4	97,3	-5,6	117,6	-7,3
Brigand	72,5	1,3	76,0	2,6	69,0	-2,4	83,4	-1,1
Strållængde, cm								
Solid	115	-19	120	-16				
Helge	118	-15	120	-13				
Brigand	80	-4	83	-4				

Tabel 3.27 Bladareal og internodiellængde. Vinterhvede, Rønhave, 1981-83, gennemsnit af to kvælstofmængder (Olsen, 1991).

	Bladareal (cm ² /blad)			Internodiellængde (cm)				
	Blad nr. fra oven			Internodie nr. fra neden				
	1	2	3	1	2	3	4	5
Solid								
Uden CCC	19	21	13	3	11	19	28	45
Med CCC	21	17	15	4	9	16	23	42
Helge								
Uden CCC	21	19	14	4	10	17	27	46
Med CCC	19	17	12	3	8	14	23	42
Brigand								
Uden CCC	23	17	10	4	7	11	17	33
Med CCC	23	18	11	2	7	11	17	33

det merudbytte, der oftest opnås ved en vækstregulering, også hos de kortstråede sorter, selvom der ikke altid har været lejesæd til forskel. I tabel 3.27 ses, at næsten alle internodier i de langstråede sorter blev forkortet, mest på de øverste. Den sparede energi kan frigøres til bl.a. et større kerneud-

bytte. I den kortstråede sort var der ingen stråforkortende virkning på internodierne, men alligevel blev der opnået et merudbytte for CCC-behandling (Olsen, 1991).

Tabel 3.28 Udbytte og merudbytte ved vækstregulering af vinterhvedesorter ved forskellige kvælstofmængder (kg/ha). Gennemsnit for Rønhave og Tystofte 1983-84 (Rasmussen, 1991d).

	Kraka		Longbow		Kosack		Citadel	
	120 N	160 N	120 N	160 N	120 N	160 N	120 N	160 N
Kerneudbytte, hkg/ha								
Uden CCC	87,9	88,1	98,6	101,5	85,3	87,8	92,6	95,3
Med CCC	2,9	6,5	1,0	0,7	-0,2	1,3	1,7	2,4
Dækningsbidrag kr/ha								
Uden CCC	8025	7635	9520	9780	7500	7555	8665	8755
Med CCC	45	130	-155	-320	-340	-90	-35	75

Ved Rønhave og Tystofte blev i 1983-84 gennemført vækstregulering af nogle sorter ved tilførsel af henholdsvis 120 og 160 kg N/ha. I tabel 3.28 er vist resultater af nogle sorter, som bortset fra Longbow endnu er på sortlisten. De langstråede sorter, Kraka og Citadel, gav et merudbytte på henholdsvis 2,9-6,5 og 1,7-2,4 hkg kerne pr. ha. Det største merudbytte blev opnået ved 160 kg N/ha. Disse to sorter har middel tendens til lejesæd og en strå længde over 100 cm. Sorten Kosack, der har en strå længde på 120 cm, men er mere stråstiv, gav et merudbytte på 1,3 hkg kerne pr. ha ved 160 kg N/ha, men ingen udbytteforskel ved 120 kg N/ha. Den kortstråede sort, Longbow, gav et merudbytte for vækstregulering på ca. 1 hkg kerne pr. ha uanset kvælstofmængde.

Kraka gav et forøget dækningsbidrag på 45 og 130 kr/ha ved henholdsvis 120 og 160 kg N/ha for en vækstregulering. Citadel gav kun et positivt dækningsbidrag ved 160 kg N/ha på 75 kr/ha. Vækstregulering af Longbow (kortstrået) og Kosack (langstrået) gav et fald i dækningsbidraget på 90-340 kr/ha (Rasmussen, 1991d).

Ved 10 forsøgssteder i 1986 og ved 9 steder i 1987 blev der foretaget vækstregulering af vinterhvedesorterne i værdiafprøvningen. Tabel 3.29 viser udbytteresultaterne af 16

forskellige sorter, som næsten alle stadig er på den danske sortliste.

Resultaterne viser umiddelbart den meget store årsvariation på virkningen af vækstreguleringen på de fleste sorter. I 1986 var der et nedbørunderskud i vækstperioden fra juni til september. I 1987 var der et temmelig stort nedbøroverskud. Dette er formentlig årsagen til den forskellige virkning i de to år.

Den lange og meget blødstråede sort Kraka gav i begge år et betydeligt merudbytte, mens Token, der er lidt kortere, men noget blødstrået, gav et udbytтетab på 3,8 hkg kerne pr. ha i 1986 og et merudbytte på 3,0 hkg pr. ha i 1987. De samme forskelle på virkningen kan også findes i de kortstråede og stivstråede sorter.

Ved Rønhave blev der i 1988-90 gennemført vækstregulering af 3 langstråede sorter med middel lejesædstilbøjelighed samt af Sleipner, der er den korteste og mest stråstive af alle vinterhvedesorter. Der blev behandlet dels med Cycocel, dels ved en splitbehandling med Cycocel og Cerone. I tabel 3.30 er vist udbytteresultaterne ved 3 forskellige kvælstofmængder. En splitbehandling gav ved de højeste kvælstofmængder det største merudbytte, men Cycocel alene gav det største merudbytte ved laveste kvælstof-

Tabel 3.29 Vækstregulering af vinterhvedesorter. Udbytte og merudbytte, hkg kerne pr. ha (Sortsafprøvningen, Tystofte).

Sort	1986 10 steder		1987 9 steder	
	Uden	Med	Uden	Med
Kraka	82,1	1,9	65,8	6,2
Longbow	73,6	0,7	74,1	1,1
Sleipner	91,4	-1,1	-	-
Wase	82,3	0,8	75,3	2,5
Florida	83,8	-2,1	75,3	1,2
Token	74,4	-3,8	69,5	3,0
Peacock	78,8	-3,7	72,0	1,9
Gawain	86,3	-1,3	76,8	1,8
Junker	83,0	-1,5	69,5	3,2
Arber	79,7	0,3	73,3	2,9
Fresco			71,7	2,7
Obelisk			81,7	-0,6
Roti			78,4	-0,2
Pepital			81,6	-0,3
Britta			76,3	-2,0
Andros			76,0	1,4

mængde. Årsagen til denne forskel er, at risikoen for lejesæd øges med stigende kvælstoftilførsel. En Cerone-behandling kan således have en positiv virkning ved høj kvælstoftilførsel. Betingelsen for dette er dog, at vækstforholdene er optimale (Olsen, 1991).

Landsforsøgene viser, at virkningen af en vækstregulering altid vil være størst i de lang- og blødstråede sorter og mest i tilfælde med kraftige afgrøder. I de kortstråede og stivstråede sorter vil en vækstregulering ofte være urentabel. I gennemsnit af 43 forsøg i 1990 gav Sleipner et merudbytte på 2,6 hkg kerne pr. ha, mens Kraka tilsvarende gav 9,5 hkg/ha (Ullerup, 1991).

Forsøg viser, at de negative konsekvenser af et højt plantetal, grundet øget lejesæd, kan mindskes ved vækstregulering. Dette indikerer, at en nedsættelse af plantetallet kan

være et grundlæggende element i lavinput systemer i vinterhvede (Kjærsgård, 1990).

Kun i tilfælde, hvor vækstforholdene betinger kraftig lejesæd eller vanskelige høstbetingelser, kan vækstregulering give målelige forskelle i kernekvalitet. I disse tilfælde vil det næsten altid være kernevægt og kernestørrelse, der påvirkes. Virkningen afhænger af hvor tidligt i vækstperioden lejesæd fremkommer, og hvor kraftig den bliver.

Det har ikke kunnet påvises, at bageegenskaberne ændrer sig ved en vækstregulering ud over de allerede nævnte ændringer i kernekvaliteten. Sedimentationsværdien kan dog ændres ved en vækstregulering, hvis vækstregulering samtidig giver mulighed for forøgelse af kvælstofmængden uden, at der optræder lejesæd.

Tabel 3.30 Vækstregulering af vinterhvedesorter. Gennemsnit ved Rønhave 1988-90. Udbytte og merudbytte i hkg kerne pr. ha (Olsen, 1991).

	Kraka	Citadel	Kosack	Sleipner
80 kg N/ha				
Uden CCC	65,8	60,8	64,2	78,9
Med CCC	6,0	3,7	6,0	2,6
CCC+Cerone	7,0	2,7	1,7	0,1
140 kg N/ha				
Uden CCC	72,2	77,5	72,7	88,7
Med CCC	9,1	8,4	7,8	4,7
CCC+Cerone	15,4	9,3	9,9	5,0
200 kg N/ha				
Uden CCC	78,8	84,0	75,6	94,9
Med CCC	4,5	0,0	10,0	4,0
CCC+Cerone	10,9	5,3	9,8	5,4

3.8.3 Sorters reaktion på vækstregulering

Det ses af de foregående resultater, at der er meget stor forskel på sorternes evne til at udnytte den indgriben i plantens vækstrytme, der finder sted med vækstregulering. Der er disse forsøg hovedsageligt anvendt CCC.

I de fleste tilfælde opnås de største merudbytter for en vækstregulering af de langstråede vinterhvedesorter. Denne virkning er ikke altid korreleret til stråstyrken, idet der selv i meget stråstive sorter opnås betydelige merudbytter.

I de kortstråede sorter kunne forventes en mindre virkning af vækstregulering, fordi reduktionen i strå længde er betydeligt mindre end i de langstråede sorter. Men selv i de kortstråede sorter registreres ofte ret betydelige merudbytter, som også er delvis uafhængige af stråstyrken. Dette betyder, at der formentligt er andre forhold i plantens livsprocesser, der påvirkes forskelligt ved en vækstregulering, og som også er sortsafhængig. Halvdværggenerne i de kortstråede sorter kan her spille en rolle.

3.8.4 Anvendelse af vækstregulerende midler

Det mest anvendte vækstreguleringsmiddel til vinterhvede er Cycocel, der også er det mindst risikofyldte, da det kan anvendes under varierende vækstvilkår. Tilmed er midlet billigt. Erfaring viser, at Cerone anvendt enten alene eller som splitbehandling efter en Cycocel-anvendelse under ekstreme vækstvilkår kan medføre betydelige skader med udbyttetab som følge. Under alle omstændigheder skal det vurderes nøje, hvilke midler, der skal anvendes under de gældende vækstvilkår.

For vækstreguleringsmidlerne gælder det, at den største effekt opnås, når behandlingen udføres ved temperaturer på mindst 15°C og høj luftfugtighed. Tørvej i mindst 6 timer efter sprøjtningen er nødvendig for at opnå fuld effekt. Det normale tidspunkt for CCC-behandling er på vækststadie 3-4, ofte i april, hvor temperaturen kan ligge betydeligt under midlets optimale temperatur.

Anvendelse af vækstreguleringsmidler bør ikke ske på planter, der er i dårlig vækst på

grund af f.eks. næringsstofmangel eller tørke. Det stress, som vækstreguleringsmidlet udsætter afgrøden for, kan sammen med f.eks. et tørkestress sætte afgrøden totalt i stå i en længere periode, hvilket kan forårsage en kraftig udbyttedgang.

Af etiketterne for CCC fremgår, at hvis CCC udsprøjtes i blanding med hormonmidler eller svampemidler, bør doseringen nedsættes med 25%. Det skyldes, at CCC-formuleringerne ikke er tilsat additiver, og når CCC udsprøjtes alene, tilbageholder voksbelagte blade færre dråber, end hvis CCC udsprøjtes i blandinger med midler, der indeholder additiver. Cerone og Terpal er ligesom CCC ikke tilsat additiver, og forsøg har vist, at hvis disse midler udsprøjtes i blanding med en række svampe- og insektmidler, bør doseringen ligeledes nedsættes med ca. 25% i forhold til den anbefalede dosering.

3.9 Gødskning

Tilførsel af næringsstoffer på mineralsk form umiddelbart forud for vækstsæsonen eller i de første vækstfaser har som regel en hurtig og sikker virkning på afgrøder. Findes både de tilførte og de i jorden allerede forekommende næringsstoffer på organisk form, skal der ske en mineralisering før næringsstofferne er tilgængelige for planterne. Den mikrobiologiske mineraliseringsproces afhænger af en lang række faktorer, hvilket gør det vanskeligt at forudsige den gødningsmæssige virkning af organisk bundne næringsstoffer. I afsnit 3.9.6 vil mineraliseringen af især kvælstof blive yderligere belyst.

Afgrøders kvælstofforsyning er af betydning for udvikling og vækst (afsnit 3.9.2 til 3.9.5), og der ses i disse afsnit bort fra kvælstofkilden.

3.9.1 Kvælstofforbindelser i planter

Både nitrat og ammonium optages gennem planternes rødder. Ammonium omdannes til andre forbindelser før det transporteres fra rødderne, mens nitrat kan føres med xylemstrømmen rundt i hele planten. Enzymerne nitrat- og nitritreduktase reducerer nitrat til nitrit og videre til ammonium. Reduktionen kræver tilstedeværelse af elektron donorer (8 elektroner), som i fotosynteseaktive plantedele dannes ved fotosyntesen, mens der i ikke-fotosyntese aktive dele må ske forbrænding af dannede kulhydrater.

Under anvendelse af yderligere to elektroner, en ATP og under indvirkning af glutamin synthetase dannes glutamin ud fra ammonium og glutamat. Ved transaminering (glutamat synthase, GOGAT) omdannes glutamin og 2-oxo-glutarsyre til 2 glutamat, hvoraf den ene indgår i glutamin syntesen. Ud fra glutamin/glutamat dannes aminosyrer, nukleinsyrer, proteiner og andre kvælstofholdige forbindelser (Bray, 1983; Schrader og Thomas, 1981).

Ved transaminering kan 2-oxosyrer fra glucolysen, pentose phosphat vejen og citronsyreacyklen omdannes til aminosyrer. Transport af aminosyrer fra rod til top sker i xylemet. Sammensætningen af aminosyrer i xylemsaften domineres af glutamat og aspartat, der dannes ud fra citronsyreacyklen, samt deres amider glutamin og asparagin (Bray, 1983; Mengel og Kirkby, 1982).

Transport af aminosyrer til meristemmerne sker i phloemet. I cellerne benyttes aminosyrer til dannelse af hovedsageligt nucleinsyrer og proteiner, men kvælstof indgår tillige i en lang række mindre betydende små og store kvælstofforbindelser (Bray, 1983). Mengel og Kirkby (1982) angiver, at kvælstof i grønne planter er fordelt med 80-85% i proteiner, 10% i nucleinsyre og 5% som opløselige aminosyrer. Af proteiner udgør ribulose 1,5-bisphosphat carboxylase-

oxygenase (rubisco) den overvejende del (Lawlor et al., 1989), i C_3 -planter ofte over 50%.

Rubisco fungerer i Calvin-cyklen, og består af otte store og otte små enheder på henholdsvis 55 og 15 kD. Til hver af de store enheder kan der bindes et molekyle CO_2/O_2 , ved henholdsvis carboxylering og oxydering. Da begge processer forløber samtidigt, reduceres CO_2 -assimilationen med 20-30% under almindelige atmosfæriske forhold. Dette fotorespiratoriske tab ændres ved ændringer i partialtrykket af CO_2 og O_2 (Lawlor, 1987).

Ved forøget kvælstoftilførsel vil afgrødens indhold af de enkelte kvælstofforbindelser øges, men forøgelsen vil være størst i de første led af kvælstofmetabolismen (Mengel og Kirkby, 1982). Udover forøgelsen af kvælstofforbindelser, vil aktiviteten af en række enzymer øges (Lawlor et al., 1987).

3.9.2 Kvælstofs indflydelse på planteproduktion

I meristemene kræves kvælstof til dannelse af nucleinsyrer og proteiner, og der kræves ligeledes kvælstof til fortsat vedligeholdelse af proteinerne. Såfremt kvælstofforsyningen til de enkelte plantedele svigter, vil mængden af proteiner (enzymer) falde p.g.a. hydrolysering, og metabolismen i vævet vil ophøre.

På denne baggrund er det klart, at kvælstoftilførsel vil øge dannelsen og især overlevelsen af de dannede plantedele: sideskud, blade, småaks/aks og antal kerner/småaks. Tilførsel af kvælstof gav, forudsat god vandforsyning og at kvælstoffet var plantetilgængeligt, forøgelse i antallet af dannede sideskud (Thorne, 1962; Bauer, 1980; Kratzch, 1982; Spiertz og de Vos, 1983; Walther, 1983; Kyllingsbæk, 1984). I vandkultur gav en kombination af nitrat og

ammoniumgødskning betydelig flere sideskud end ren nitratgødskning (Heberer og Below, 1989).

Ved kvælstoftilførsel øges bladstørrelsen, hovedsagelig ved forøgelse af celleantallet, men også ved forøgelse i cellestørrelsen (Lawlor et al., 1989).

Under almindelige dyrkningsbetingelser anses kvælstof ikke at have betydning for fotosyntese hastigheden pr. bladarealenhed (Gregory et al., 1981; Vos, 1981). Lawlor et al. (1989) anfører, at fotosyntese hastigheden pr. bladarealenhed af fanebladet ikke er relateret til rubisco, når mængden af rubisco overstiger 4 g/m² bladareal, hvilket svarer til 7 g opløselig protein/m² eller til ca. 3.5% N i tørstof eller 2 g total N/m² bladareal. Ved et bladarealindeks på 5 kræves således minimum 10 g total N/m² eller 100 kg N/ha i afgrøden for at kvælstof ikke er begrænsende for fotosyntese hastigheden.

Flere undersøgelser viser derimod, at kvælstof har betydning for både mængde og varighed af bladarealet. Tidlig kvælstoftilførsel forøgede bladarealet, mens tilførsel i afsluttende strækning forlængede varigheden af bladarealet (Spiertz og van de Haar, 1978). Ligeledes fandt Spiertz og de Vos (1983), at ekstra kvælstoftilførsel fremmer overlevelsen af aksbærende skud, kernesætningen og varigheden af bladarealet. Lawlor et al. (1987) fandt, at det maksimale indhold af aminosyrer og klorofyl samt maksimal enzymaktivitet opnås, når bladet er fuldt udstrakt, hvorefter der sker et fald. Tilførsel af nitrat udsætter henfaldet. Dette betyder, at kvælstoftilførsel har positiv indflydelse på afgrødens nettofotosyntese pr. arealenhed, idet aktiviteten opretholdes.

Forsyning med fosfor og kalium sker som regel i form af vedligeholdelsesgødskning, hvorved akut mangel undgås. Eventuel mangel vil indvirke på en lang række processer i afgrøden (Mengel og Kirkby, 1982).

Mangel på essentielle mikronæringsstoffer, der ofte indgår i enzymkomplekser, giver ophobning af primære kvælstofforbindelser, idet videre metabolisme kræver tilstedeværelse af funktionsdygtige enzymer. F.eks. bevirker manganmangel ophobning af nitrat p.g.a. reduceret nitratreduktase aktivitet (Hocking et al., 1984). Ved kobbermangel hindres translokeringen af kobber, hvilket kan forårsage pollen sterilitet, hvorved kernesætningen reduceres (Hocking et al., 1984). Mangel på enten kobber eller mangan bevirker betydelig reduktion i fotosyntesen (Kriedemann og Anderson, 1988).

Forøgelsen i koncentrationen af stofskifteprodukter er ikke nødvendigvis en direkte virkning af mangel på mikronæringsstoffet, men kan lige så vel være opstået p.g.a. reduceret plantemasse (Mortensen, 1985). Mortensen (1985) nævner, at specielt molybdæn har en direkte virkning, idet molybdæn indgår i nitratreduktase-enzymkomplekset.

Darwinkel (1983) har undersøgt betydningen af tidspunktet for kvælstoftilførsel på udbyttekomponenterne. Tilførsel omkring buskning fremmer selve buskningen og dannelsen af småaks. Overlevelsen af de dannede sideskud, så de bliver aksebærende, fremmes ved kvælstoftilførsel omkring begyndende strækning (Darwinkel, 1983).

Antallet af fertile småaks, kerner/småaks og dermed kerner/aks øges med kvælstoftilførsel i strækningsfasen indtil fanebladets fremkomst. Bauer (1980) fandt en forøgelse på mellem 3 og 12 kerner/aks ved tilførsel af kvælstof, dog ikke ved vandmangel. Tilførsel af kvælstof senere i vækstsæsonen fandtes ikke at være af betydning for antallet af kerner/aks (Zerche et al., 1985). Vægten af den enkelte kerne øges, når der gødes ved skridning, men variationen i kernevægten er lille. Antal kerner/aks og aksantallet er af langt større betydning for udbyttet pr. arealenhed (Darwinkel, 1983).

Darwinkel (1983) undersøgte nettoresultatet af handlingerne, d.v.s. kvælstofgødskningens indflydelse på størrelsen af udbyttekomponenterne ved høst. Men under plantens udvikling sker der en betydelig reduktion af de dannede udbyttekomponenter. Pommer et al. (1983) fandt, at gødskning med kvælstof umiddelbart før reduktion i småaksantallet ikke kunne mindske reduktionen. Småaksreduktionen sker i strækningsfasen (Hänsel, 1965).

Kvælstoftilførsel påvirker de aksebærende sideskud relativt mest, men også hovedskuddet påvirkes (Darwinkel, 1983).

3.9.3 Kvælstofoptagelse

Ved jævn og stabil kvælstofforsyning forløber kvælstofoptagelsen generelt parallelt med væksten (tørstofproduktionen) (Olsen og Larsen, 1984). Tilføres der store mængder let plantetilgængeligt kvælstof, vil dette straks optages (Olsen og Larsen, 1984; Recous et al., 1988) og ophobes i afgrøden som bl.a. nitrat. Væksthastigheden vil øges, og efterhånden vil yderligere kvælstofoptagelse og tørstofproduktion igen forløbe parallelt (Olsen og Larsen, 1984), og kvælstofoptagelse fra jorden vil kunne forekomme i den resterende del af vækstsæsonen (Recous et al., 1988).

Tilføres lettilgængeligt kvælstof på et tidspunkt, hvor jorden selv frigiver plantetilgængeligt kvælstof, vil det tilførte kvælstof være fuldt plantetilgængeligt og ikke indbygges i den organiske kvælstofpulje (Recous et al., 1988).

Kurverne for både vækst og kvælstofoptagelse har et sigmoidt forløb, hvilket vil sige små optagelseshastigheder i begyndelsen og slutningen af vækstsperioden. Wetselaar og Farquhar (1980) anfører dog at maksimal kvælstofindhold i planten kan ligge før modning, idet der ofte tabes kvælstof fra

planten i perioden fra skridning til modenhed, jf. afsnit 3.15.

Den langsomme kvælstofoptagelse i begyndelsen af væksten skyldes dels den begrænsede plantemasse, dels den langsomme mineralisering i det tidlige forår. I løbet af forsommeren kan jorden udtørre så kraftigt, at mineraliseringsprocessen og dermed kvælstofoptagelsen går i stå. Det er således i høj grad mængden af plantetilgængeligt kvælstof i jorden, der bestemmer optagelsen. Derfor må tilført kvælstof gøres plantetilgængeligt, før en virkning kan forventes, og her er nedbør efter gødningsudbringning en vigtig faktor.

Indlejring af kvælstof i kernen sker ud fra de mobiliserbare kvælstofreserver og en eventuel kvælstofoptagelse. Jo større kvælstofoptagelse efter skridning, jo bedre mulighed er der for at holde bladene produktive og forlænge kernefyldningsperioden (Spiertz et al., 1984; Morris og Paulsen, 1985).

3.9.4 Kvælstof i kerne

Protein i kerner deles traditionelt i albumin, globulin, prolamin (som i hvede kaldes gliadin) og glutelin. Opdelingen sker på baggrund af proteinernes opløselighed i vand, fortyndede saltopløsninger og syrer-baser, hvilket er beskrevet i Osborne (1907). De vigtigste egenskaber er angivet i tabel 3.31.

Fra befrugtning til 7-10 dage efter indeholder kernerne kun albumin, globulin og glutelin. Under kernefyldning og modning øges indholdet af gliadin betydeligt, samtidig med at indholdet af albumin falder lidt (Kent, 1983; Stenram et al., 1990).

Gliadin og glutelin danner med vand og ved æltning gluten, der er af betydning for dejens elasticitet og brødvolumen. Øges gliadin/glutelin forholdet, øges brødvolumet, mens elasticiteten reduceres. Stenram et al. (1990) anfører desuden, at sammenhængen mellem proteinindhold og brødvolumen er uafhængig af kvælstofstype og behandling med fungicider. Tilsvarende resultater er fundet i Landsforsøgene (Pedersen, 1992).

Tabel 3.31 Oversigt over indhold af aminosyrer i protein i hvedekerner, g aminosyre pr. 10 g råprotein (Kent, 1983).

	Albumin	Globulin	Gliadin (prolamin)	Glutelin
Opløselig i	Fortyndede saltopløs.	Fortyndede saltopløs.	Vandig alkohol (70%)	Fortyndede syre/baser
Aminosyre				
Argenin	7,5	14,5	2,7	4,2
Cystin	6,7	12,6	3,1	2,5
Glutaminsyre	17,7	5,9	40,0	34,1
Lysin	11,0	12,2	0,7	2,3
Prolin	8,4	3,3	14,7	11,0
Molvægt	17-28000		42-47000	20000 ¹
¹ : bundet sammen af svovlbroer til > 1.000.000				

Tabel 3.32 Fordelingen af udvalgte aminosyrer i hvedekerner (g aminosyre/100 g råprotein) (Kent, 1983).

Kvalitet Aminosyrer	Hele kerner	Mel	Rest kim & frøskal
Bageegenskaber			
Glutaminsyre	30,4	34,1	15,4
Prolin	10,1	11,8	4,6
Næringsværdi			
Lysin	2,7	1,9	4,6
Argenin	4,8	3,7	8,7

Kvælstoftilførsel fremmer indlejringen af gliadin, og andelen af gliadin vil øges (Stenram et al., 1990; Kent, 1983). Samtidig falder glutelin indholdet ved kvælstofgødskning. Sammenholdes dette med sammensætningen af de fire proteinfraktioner, vil øget gliadinindhold reducere bl.a. lysinindholdet. De forbedrede bageegenskaber, der opnås ved kvælstofgødskning, mindsker næringsværdien. Yderligere reduktion i næringsværdi opstår ved formaling til mel, jf. tabel 3.32.

Detaljerede undersøgelser over indlejring af aminosyrer og dannelse af proteiner er udført af Leusing og Holtum (1987), mens Ugalde og Jenner (1990) har undersøgt fordelingen af aminosyrer i modne kerner.

3.9.5 Kvælstof i halm

Fra skridning til høst falder kvælstofindholdet i halmen fra 1,5-2,0% til 0,6-0,9%. Den producerede plantemasse er af betydning for udgangs- og slutniveauet, hvilket betyder, at vækstbetingelserne har indflydelse på det aktuelle kvælstofindhold. Derimod påvirker gødskningsniveau og udbringningstidspunkter ikke faldet i kvælstofindhold (Olsen, 1991).

Størsteparten af kvælstoffet retranslokteres og indlejres i kernerne, men også forskellige tab kan forekomme, jf. afsnit 3.15.4.

3.9.6 Kvælstofomsætning i jord

Der bør ved kvælstofgødskningen tages højde for det kvælstof, som bliver plantetilgængeligt ved kvælstofomsætning i jorden. Hansen et al. (1990b) anfører, at kvælstofomsætningen i jord er karakteriseret ved, at kvælstof via biologiske og kemiske processer kan indgå i en række forskellige forbindelser. Disse forbindelser kan være uorganiske som ammoniak, ammonium, kvælstofoxider, atmosfærisk kvælstof og nitrat, eller de kan være organiske bundet i mikroorganismer, dyr, planter og planterester. Endelig findes kvælstof i langsomt omsætteligt organisk materiale som humus.

Ved tilførsel af organiske gødninger, hovedsagelig husdyrgødning, indgår det organiske stof i omsætningerne i jorden. Med husdyrgødning tilføres kvælstof til flere af jordens kvælstofpuljer, d.v.s. stabiliseret organisk bundet kvælstof, labilt organisk bundet kvælstof og ammonium/ammoniak. Ammonium og nitrat er direkte tilgængelige for planterne, hvorimod det organisk bundne kvælstof først skal omdannes til ammonium/nitrat, før det kan optages. Det labile organiske kvælstof omdannes til ammo-

nium/nitrat, ofte inden for 1-2 år efter tilførslen.

En betydelig del af det organisk bundne kvælstof i husdyrgødning vil dog være langsomt omsætteligt og indgå i den stabiliserede organiske kvælstofpulje, hvorfra det kun langsomt (gennem årtier eller århundreder) frigives ved mineralisering. Samtidig med denne frigivelse af kvælstof fra puljerne forløber der modsat rettede processer, hvorved mineralsk kvælstof indbygges i jordens organiske lager (immobiliseres).

Både ammonium og nitrat optages af planterne, men kun nitrat udvaskes af jorden. Nitrat kan endvidere via denitrifikationen omdannes til luftformige kvælstofforbindelser og på denne måde tabes fra jorden.

Kvælstofomsætningen i dyrket jord udgøres af en række forskellige processer, som gensidigt påvirker hinanden. Den kvantitative betydning af de enkelte processer og resultatet af deres samspil er betinget af såvel jordtype og klimaforhold som dyrkningsbetingelser. Hansen et al. (1990b) angiver dog ingen talstørrelser for den kvantitative betydning af de enkelte processer, hvilket også er vanskeligt, da mængden af kvælstof i jorden er 25-50 gange større end den mængde, der dels tilføres, dels fjernes med afgrøderne.

Omsætning af tilført organisk materiale i jord vil afhænge dels af materialets opbygning, dels af den pågældende jordtype. Herman et al. (1977) mener, at jordens egenskaber i lige så høj grad som materialets sammensætning er bestemmende for omsætningen.

Mineralisering af kvælstof fra organisk materiale nedmuldet i forskellige jordtyper er bl.a. fulgt ved hjælp af ^{15}N . Voroney et al. (1989) inkuberede ^{15}N beriget hvedehalm i to forskellige jordtyper, og kunne gennem de efterfølgende 10 år genfinde mere ^{15}N i

jorden med det højeste indhold af ler. Omsætningen har således forløbet langsommere i jorden med det højeste lerindhold. Azam et al. (1989) fandt noget tilsvarende ved inkubering af planterester af soyabønne. van Veen et al. (1985) forklarer den langsomme omsætning i lerjord ved, at ler og silt har en beskyttende effekt på C og N i organiske forbindelser.

3.9.7 Forsøg med gødskning

Hveden kræver ikke tilførsel af kvælstof i etableringsåret, selv ikke på arealer, hvor halmnedmuldning er foretaget (Thomsen og Petersen, 1991). Jorden vil normalt kunne bidrage med tilstrækkelige mængder plantetilgængeligt kvælstof til hvedens relativt beskedne vækst i efterårsperioden. Holbrook et al. (1982) fraråder efterårsudbringning, idet udbyttet ikke øges derved.

Næringsstofftilførsel bør derimod ske, når hveden har behov derfor, d.v.s. umiddelbart før og i vækstsæsonen. Da gødskning skal foretages i foråret i den etablerende afgrøde, vil granulerede handelsgødninger, flydende ammoniak samt flydende husdyrgødning og slamprodukter kunne anvendes som kvælstofkilde. Gødningernes indhold af kvælstof består af nitrat, ammonium og organisk bundet kvælstof. Virkningen af de forskellige kvælstofformer afhænger bl.a. af nedbør, ammoniakfordampning, denitrifikation, nitrifikation samt mineralisering og formen af det organisk bundne kvælstof.

I tidens løb er der udført et stort antal forsøg med tilførsel af stigende mængde kvælstof, hvor formålet har været at finde den kvælstofmængde, der har givet det (økonomisk) optimale udbytte. Med forventning om lignende dyrknings-betingelser i følgende vækstsæsoner er den fundne optimale kvælstofmængde benyttet. Forventningen er dog sjældent opfyldt, hvilket giver årsvariation i den optimale kvælstofmængde, ligesom der

er variation mellem forsøgslokaliteter og vekselvirkning mellem lokalitet og år. Nielsen og Kristensen (1991) beregnede udbyttefunktioner på baggrund af resultater fra Statens Planteavlsforsøg. De påpeger den store variation mellem udbyttefunktionerne for de enkelte forsøg og vanskeligheden ved at bestemme en funktion, som er begrænset til en gennemsnitsfunktion for landet som helhed. Funktionerne kan ikke anvendes lokalt, og tager ikke højde for årsvariation.

Et mere omfattende datamateriale findes hos Landskontoret for Planteavl. I princippet er der her de samme vanskeligheder ved bestemmelse af en udbyttefunktion, men på grund af omfanget er det muligt at foretage gruppering efter bl.a. forfrugt (Pedersen og Østergaard, 1991). Dette giver mulighed for korrektion af den gennemsnitlige optimale kvælstofmængde. Det skal bemærkes, at forfrugtvirkningen kan bestå i andet end kvælstofvirkning alene.

I de senere år er det tilstræbt at bestemme gødskningsbehovet mere præcist ved at tage højde for jordens mineraliseringspotentiale. Ud fra N-min målinger i KVADRAT-nettet udarbejdes kvælstofprognoser for de enkelte landsdele, hvorefter gødkningsbehovet for den enkelte mark kan korrigeres ud fra tommelfingerreglerne samt det forventede udbytteniveau. Dette forudsætter ensartede marker, hvilket sjældent er tilfældet, og derfor vil visse dele af en mark ikke blive gødet lige netop optimalt.

N-min metoden kan også anvendes på enkelte marker. Metoden skyder dog forbi i 10-15% af tilfældene. Omkostninger til prøveudtagning og analyse er 95-135 kr. Den udtagne prøve skal behandles omhyggeligt, så omdannelsesprocesserne i jorden stoppes. I de fleste tilfælde vil resultaterne fra N-min målingerne i KVADRAT-nettet kunne anvendes, men i specielle tilfælde kan måling af N-min på markniveau være rimelig. I gennemsnit viste N-min en besparelse på 23

kg N/ha svarende til ca. 100 kr/ha (Pedersen og Østergaard, 1991).

Betragtes udbyttefunktionerne (Nielsen og Kristensen, 1991) kan det beregnes, at en ændring på $\pm 10\%$ i kvælstoftilførsel omkring optimum kun vil ændre udbyttet med $\pm 1\%$. Lignende forhold gør sig gældende i Landsforsøgene (Pedersen og Østergaard, 1991). Udbyttefunktionerne er meget flade omkring optimum, hvilket reducerer betydningen af at gøde med netop optimummængden. Vigtigt er det derimod at gødske, så afgrøden er harmonisk i vækst, giver det maksimale udbytte af den ønskede kvalitet, og lejesæd udgås.

Udover kendskab til det omtrentlige kvælstofbehov er det vigtig med kendskab til tidspunkt for gødskning, idet der herved er mulighed for påvirkning af vækst og udvikling af afgrøden i den ønskede retning. I denne forbindelse antages det, at den udbragte gødning har virkning på afgrøden umiddelbart efter udbringning. Der ses således bort fra forsinket og begrænset virkning p.g.a. manglende nedbør, mineralisering og ammoniakfordampning.

I flere forsøgsserier er engangsgødskning sammenholdt med gødskning ad to eller flere gange (f.eks. Olsen og Larsen, 1984; Pedersen og Østergaard, 1991). I de fleste tilfælde var det ikke økonomisk fordelagtigt med delt udbringning. Virkningen af startgødskning sidst i marts må bero på afgrødens tilstand efter vinteren, samt mulighederne for senere i vækstsæsonen at bære en kraftig afgrøde igennem.

Deling af kvælstofgødskningen bevirker, at tildelingen løbende kan afpasses efter afgrødens udvikling og vækst. Denne form for styring af afgrødens kvælstofforsyning kan medvirke til at reducere behovet for behandling med fungicider og samtidig øge både det biologiske og det økonomiske udbytte (Kjærsgaard, 1990). Ligeledes finder Kjærsgaard

gaard (1990), at deling af kvælstoffet kan reducere lejesæd og give øget udbytte. Årsagen til de mange forskellige resultater med delt gødskning beror sandsynligvis på, at udbragt gødning ikke er det samme som at næringsstofferne er plantetilgængelige. Langsom opløsning og optagelse af gødningen under tørre forhold vil virke som delt (kontinuert) gødskning. Desuden kan mineralisering af organisk kvælstof i jorden virke som kontinuert gødskning. Under fuldt vandede forhold på sandjord fandt Hejlesen (1990) i et 4-årigt forsøg merudbytte på 1 til 8 kg/ha ved deling fremfor engangstilførsel.

Den største mængde kvælstof bør anvendes ved strækningsvækstens begyndelse, idet den kraftige vækst bevirker en "fortynding" af kvælstof i afgrøden, hvorved en mangelsituation nemt kan opstå. I løbet af strækningsvæksten kan der eventuelt suppleres med mindre mængder kvælstof for at opretholde produktion og det produktive bladareal.

Ønskes et højt proteinindhold i kernerne, kan der gødes umiddelbart efter blomstring. Virkningen forudsætter, at det tilførte næringsstof gøres plantetilgængelig, hvilket i en tør periode kan ske ved vanding.

3.10 Ukrudt

I 1987-89 er ukrudtsarternes hyppighed i sædskiftemarker blevet undersøgt (Andreasen, 1990). De tretten vigtigste arter i vinterhvede er udvalgt herfra (frekvens er angivet i parentes):

Alm. Fuglegræs (52,4), Stedmoder arter (38,8), Kål arter (35,1), Ærenpris arter (28,5), Enårig Rapgræs (25,4), diverse græsser (18,0), Kamille arter (17,8), Mark Forglemmeje (16,1), Hyrdetaske (13,7), Tvetand arter (12,2), Burre Snerre (2,4), Vindaks (2,3) og Ager Rævehale (1,7).

3.10.1 Spiring og etablering af ukrudt

Den aktuelle fremspiring af forskellige ukrudtsarter, tager udgangspunkt i den aktuelle frøpulje (frøpopulation) i jorden. Frøpuljen består af frø i spirehvile og uden spirehvile. Nye frø tilføres ved frøkastning fra ukrudtsplanter på arealet og gennem transport af frø fra andre arealer. Frøpuljen udtømmes gennem spiring af frø uden spirehvile, henfald af frø, omsætning af frø i dyr og ved mikroorganismer.

Under markforhold vil der i Danmark være to perioder om året, hvor langt størstedelen af frøene spirer. Det er dels om foråret, dels om efteråret. De fleste vigtige ukrudtsarter i vinterhvede, vil kunne spire på begge tidspunkter, hvis deres spirehvile er brudt (Melander, 1990). Agerrævehale og Vindaks spirer dog næsten udelukkende om efteråret. Frø af disse arter går i sekundær spirehvile, som først brydes igen af høje sommertemperaturer. De efterårsspirende planter vil normalt have størst konkurrenceevne. De ukrudtsarter, der forekommer i vinterhvede, er vinterannuelle, og er oftest i primær spirehvile ved modning (Baskin og Baskin, 1986).

Et frø er i spirehvile, hvis det ikke spirer under betingelser, der normalt er optimale for kimvækst. Den primære spirehvile forekommer i frø, som er i spirehvile, når de frigives fra planten. Det kan skyldes iboende egenskaber og/eller være forårsaget af miljøet. Ophævelsen af primær spirehvile sker gennem en eftermodning. Sekundær spirehvile forekommer i frø, der først kommer i spirehvile nogen tid efter frigivelse fra moderplanten.

Frøene fra vinterannuelle arter får hovedsageligt brudt spirehvilen om sommeren under indflydelse høje temperaturer. Mens frøene eftermodner bliver de i stand til at spire ved højere og højere temperaturer. Frøene spirer derefter, når der er en god

kombination af fugtighed og temperatur samt et acceptabelt såbed.

Temperatursvingninger spiller en meget stor rolle i reguleringen af spirehvile. Det er især arter med små frø, som påvirkes. Da de daglige temperatursvingninger er størst i de øverste jordlag, kan denne effekt opfattes som en praktisk "dybde-følelse" mekanisme. Temperatursvingningernes effekt bestemmes af amplitude, varighed, antal perioder og temperaturniveau.

Vandoptagelse i frøet er en forudsætning for frøspiring. Frø under 5 cm jorddybde har normalt en relativ ensartet vandstatus. Frø i de øverste jordlag udsættes derimod for stærkt varierende vandforhold. Disse variationer har tæt sammenhæng med temperatursvingningerne. Forudsætning for spiring er i følge Roberts og Potter (1980), at vandindholdet i de øverste 2,5-10 cm er tæt på markkapacitet. Fremspiringen udebliver, enten fordi spiringen ikke igangsættes eller fordi spirene tørrer ind.

Lys er en afgørende faktor for spiringen af frø af en lang række ukrudtsarter. Der er fundet en meget tæt korrelation mellem frøstørrelse og behov for lysinduktion. I småfrøede ukrudtsarter, hvor behovet for lysinduktion ofte er absolut, sikrer dette krav at spiring kun finder sted, når frøet befinder sig nær jordoverfladen, hvor en etablering er mulig.

De lysmængder, der skal til for at påvirke lysfølsomme ukrudtsfrø til spiring, er meget små, men lysstyrken falder også meget stærkt ned igennem pløjelaget. Lysinduktion, ved at lyset trænger ned igennem pløjelaget, er således begrænset til 0.5 cm's dybde, afhængigt af jordtype, struktur mm.

Det er velkendt at frøspiring fremmes af ilt. I nogle tilfælde har spirehvile været forårsaget af lav iltforsyning til kimen (Edwards, 1973). Kuldioxidkoncentrationer på

2-5% stimulerer spiring, mens koncentrationer over 5% hæmmer (Roberts, 1972). Ethylen kan fremme spiringen af bl.a. Hvidmelet Gåsefod (Taylorson, 1979).

Nitrat fremmer spiringen af mange ukrudtsfrø, især i forbindelse med påvirkning af temperatursvingninger, lys eller anden form for brydning af spirehvilen. Nitrit kan være mere stimulerende end nitrat (Saini et al., 1985). Metaboliske inhibitorer (azider, cyanider), som er giftige for kimplanter, kan også stimulere frøspiringen (Fawcett og Slife, 1975).

Spirehvile, fremspiring og etablering af henholdsvis ukrudtsplanter og hvede kan påvirkes af biokemiske stoffer udskilt gennem deres rødder. Disse selektive effekter kan påvises under markforhold, men virkningen på danske ukrudtsarter er meget dårligt belyst. Nedbrydningsprodukter fra planterester af ukrudt og hvede kan have tilsvarende effekter. Virkningen vil oftest være meget koncentrationsafhængig, og kan give såvel positive som negative udslag.

Spirehvilen kan endelig påvirkes af mekaniske beskadigelser.

Ukrudtsfrø, der falder på jorden, kan trænge ned af sig selv. Det kan ske i kraft af morfologiske egenskaber som lille størrelse, hår, riller og klistrede skaller. De kan falde ned i revner og sprækker eller trykkes ned af dyr og regndråber. Frøene kan også blive ført aktivt ned i jorden af dyr.

Ukrudtsfrøenes naturlige mortalitet er størst, når de efterlades oven på jorden. Dyr og fugle fjerner ligeledes flest frø fra overfladen (Cussans, 1989).

Ukrudtsfrøenes beliggenhed i jorden efter en jordbearbejdning afhænger af: Ukrudtsfrøenes oprindelige beliggenhed, redskabstype, arbejdsdybde, øvrig redskabsindstilling/kørsel, jordtype, jordstruktur, aggregatstør-

relsesfordeling, klima, frøstørrelse, frøets massefylde, form og overfladeruhed (Kouwenhoven og Terpstra, 1979; Cousens og Moss, 1990).

Jordbearbejdning påvirker ukrudtets fremspiring ved at:

- Flytte allerede spirende frø til dybere jordlag, hvorved deres spirer får længere vej til jordoverfladen. En del af disse frøspirer dør, inden de når frem til overfladen. De frøspirer, der når frem til overfladen, vil være svækkede, da de har brugt energi på længere spiretid.
- Flytte frø fra dybere jordlag til øvre jordlag. Hvis sådanne frø ikke har spirehvil, eller har fået den brudt p.g.a. jordbearbejdningen, vil de kunne spire frem og etablere sig.

Ved pløjning flyttes frøene normalt sammen med jordpartikler/aggregater. Størsteparten af de øverligt liggende frø placeres derfor ved pløjning i en jorddybde, hvorfra de ikke kan spire fra. Ved en efterfølgende pløjning vil 30% af de oprindeligt overfladisk liggende frø kunne genfindes i 0-5 cm dybde. Yderligere pløjninger reducerer andelen til ca. 23%. I modsætning hertil vil harvning i 10 cm dybde bevare hovedparten af frøene i de øverste 0-5 cm. Selv gentagne dybe harvninger til 20 cm dybde, vil bevare langt hovedparten af frøene i 0-10 cm dybde (Moss, 1988; Cousens og Moss, 1990; Knab og Hurle, 1986).

Forskellene mellem bearbejdningsmetoder skyldes, at harvning i høj grad sorterer jordpartikler/aggregater, sten, frø m.m. Kouwenhoven og Terpstra (1979) fandt, at sorteringsintensiteten af harvning under markforhold øgedes ved en øget variation i partikelegenskaberne, ved mindsket jordfugtighed samt ved anvendelse af fremadrettede og brede tænder. Partikelstørrelsen var

den vigtigste del af partikelegenskaberne. Massefylde, partikelform og overfladeruhed havde mindre betydning. P.t.o. drevne redskaber med tandhastigheder på 10-15 m/s virker ikke sorterende (Kouwenhoven og Terpstra, 1979).

Relativt store, aflange, ru og lette ukrudtsfrø føres således opad, mens små, runde, glatte og tunge ukrudtsfrø føres nedad ved sorteringen. Dette forhold ændres dog, jo mere aggregatdannende jorden er. Ukrudtsfrøene vil da være inkorporeret i aggregaterne og bevægelserne bestemt af aggregaternes størrelse (Pareja et al., 1985). Harvningen bryder til gengæld en del af aggregaterne, mens pløjning i højere grad inkorporerer frøene i de store aggregater.

Der er forskel på jorddybden, hvorfra de enkelte ukrudtsarter kan spire frem. Storfrøede arter (Burre Snerre) kan spire fra større dybde end småfrøede arter (Lugtløs Kamille). Burre Snerre kan således spire fra over 10 cm dybde. Langt hovedparten af ukrudtsplanterne vil i praksis spire fra de øverste 2-3 cm af jordlaget. Fremspiringsdybden kan øges af revner og andre åbninger i jordoverfladen.

Ukrudtets fremspiring er forsøgt beskrevet ved modeller i en række tilfælde. Modellerne beskriver normalt enten det forventede antal fremspirede planter i alt eller tidspunkt og hastighed for fremspiringen. Der er kun et eksempel på en kombineret model (Benech Arnold et al., 1990). I denne model for *Sorghum halepense*, kræves input i form af: frøpulje i det øverste 5 cm jordlag, andel af disse, der ikke er i primær spirehvil, samt daglig gennemsnitstemperatur, temperaturamplitude og temperaturmaksimum ved jordoverfladen. Efter brydning af evt. sekundær spirehvil afhænger fremspiringen lineært af temperaturer over 8.5°C.

Foreløbige danske erfaringer tyder på, at en temperatursum med en basistemperatur på

ca. 5°C er egnet til at beskrive ukrudtets fremspiringstidspunkter i vinterhvede (Vester, 1991).

En række forfattere er enige om, at ukrudtets fremspiring ikke følger en normalfordeling. I en analyse af forskellige anvendte modeller for ukrudtets fremspiringsforløb konkluderer Bridges et al. (1989), at en Weibull fordeling giver den bedste og mest robuste beskrivelse.

3.10.2 Ukrudtets skadevirkning

Ukrudt påvirker afgrøden ved at konkurrere med denne om lys, vand og næring. En række dyrkningstekniske foranstaltninger påvirker konkurrenceforholdet ukrudt/afgrøde, og har derved betydning for, hvor stort behovet for direkte ukrudtsbekæmpelse er. I nedenstående afsnit er vekselvirkninger med klimaforhold beskrevet. De øvrige faktorer, der har betydning for konkurrenceforholdet mellem afgrøde og ukrudt, er beskrevet i afsnittene 4.1.1, 4.2.1, 4.3.1, 4.5.1 samt 4.7.1.

Konkurrenceforholdet ukrudt/afgrøde i den fremspirede og etablerede plantebestand påvirkes af de klimatiske faktorer, da både afgrøde og ukrudsarter har forskellige optimale krav til klimafaktorerne. Dette fremgår af undersøgelser af bl.a. Erviö (1972).

Ukrudtets indflydelse på høstbesvær og tørringsomkostninger anvendes ofte som en væsentlig begrundelse for ukrudtsbekæmpelse. Ukrudt giver dog normalt kun en beskeden forøgelse af kornets vandprocent. Denne forøgelse er størst, hvis der samtidig optræder lejesæd.

3.10.3 Bekæmpelsesmetoder og strategier

Bekæmpelsesindsatsen i et givet år påvirker ukrudtsbestandens størrelse de følgende år. Dette er undersøgt i fastliggende langtidsforsøg med forskellige bekæmpelsesstrategier (Gummesson, 1983). Udviklingen i ukrudtsmængden efter forskellige bekæmpelsesstrategier, inklusive undladelse af bekæmpelse, påvirkes af dyrkningstekniske faktorer. Når pløjning indgår i dyrkningen, forsinkes og mindskes langtidseffekten af den valgte ukrudtsbekæmpelsesstrategi, da det producerede ukrudtsfrø først i løbet af en årrække får spiringsmuligheder, og i dette tidsrum vil en del frø have mistet spireevnen.

Ved pløjefri dyrkning vil langt størstedelen af de producerede ukrudtsfrø blive placeret i et jordlag, hvor de har spiringsmuligheder allerede det første år, hvilket betyder, at effekten af bekæmpelsesstrategi slår hurtigere og kraftigere igennem.

Sædskiftet øver indflydelse på den bekæmpelseseffekt, der er nødvendig for at fastholde ukrudtsbestanden på et stabilt niveau. For vinterannuelle ukrudsarter stiger behovet for bekæmpelse, når andelen af efterårssåede afgrøder i sædskiftet øges. Ager Rævehale, som næsten udelukkende spirer i efteråret, udgør således ikke noget problem i sædskifter med en stor andel vårsåede afgrøder, selvom der ikke foretages bekæmpelse (Koch, 1964), mens arten i et sædskifte med vedvarende vintersæd, og hvor der blev anvendt pløjefri dyrkning, skulle bekæmpes med en effekt på 97% for at forblive på et stabilt niveau (Moss, 1990). Ved vedvarende vintersædsdyrkning, men med pløjning var en effekt på 78% nok til at fastholde bestandsniveauet.

3.10.3.1 Kemisk ukrudtsbekæmpelse

Frøukrudt i vintersæd kan bekæmpes kemisk fra afgrødens såning og frem til begyndelsen af maj. Til anvendelse lige efter såning

findes en række midler, der på grund af midlernes pris og effekt over for tokimbladet ukrudt primært finder anvendelse, hvor der forventes græsukrudt.

I efteråret efter fremspiring kan der stadig foretages bekæmpelse af græsukrudt, og dette behandlingstidspunkt foretrækkes, da behandlingen kan kombineres med bekæmpelse af tokimbladet ukrudt. Det er specielt isoproturonmidlerne Arelon/Tolkan, der anvendes mod græsukrudt efter fremspiring evt. i blandinger med herbicider mod tokimbladet ukrudt. Langt hovedparten af de herbicider, der anvendes mod tokimbladet ukrudt i vintersæd består af 2 eller flere aktivstoffer, hvilket giver midlerne en bredspektret effekt. I de fleste af blandingspræparaterne indgår hormonmidlet mechlorprop, samt ioxynil og/eller bromoxynil, der begge er kontaktvirkende. Aktivstofferne clopyralid og benazolin, begge med hormonvirkning, er ligeledes hyppigt anvendt i blandingspræparaterne.

Herbicider af sulfonyleureatypen som Glean, Ally og Express, der hæmmer aminosyresyntesen, finder primært anvendelse i forårs-situationen, enten alene eller i blandinger. Sent forår kan også hormonmidlerne MCPA, 2,4-D og dichlorprop anvendes, ligesom kontaktmidlet bentazon har en vis anvendelse i blandinger på dette tidspunkt. Fluroxypur, der er i familie med det tidligere nævnte clopyralid, er aktivstoffet i det nye herbicid Starane Mixer, der er et specialmiddel primært til bekæmpelse af Burre Snerre om foråret, hvor midlet typisk indgår i blandinger for at opnå en bredere ukrudtseffekt.

I de fleste tilfælde bør det foretrækkes at foretage ukrudtsbekæmpelsen i efteråret, når ukrudtet har 0-2 løvblade. Forsøg har vist, at tokimbladet ukrudt er bekæmpet lige så godt ved sprøjtning med 1/4-1/2 dosering tidligt efterår som med fuld dosering det følgende forår. Dette skyldes den langt større følsomhed hos små ukrudtsplanter.

I en del tilfælde vil der spire ukrudt frem i foråret, men i veletablerede afgrøder vil udviklingsmulighederne være begrænsede, og der opnås sjældent positive udslag for bekæmpelse, hvor marken i øvrigt er ren-gjort ved en efterårsbekæmpelse.

Ved valg af middel er det vigtigt at være opmærksom på at flere af de herbicider, der kan anvendes i vinterhvede, nedbrydes langsomt. Selv efter korrekt anvendelse i vintersæden findes for sådanne midler restriktioner ved dyrkning af efterfølgende afgrøde, typisk med krav om pløjning forud for denne, eller krav om speciel behandling af halm og andre afgrøderester.

Vejledning om kemisk ukrudtsbekæmpelse findes i vejledningsprogrammet PC-Planteværn, der vælger ukrudtsmiddel og dosering ud fra brugeroplysninger. Disse oplysninger går primært på ukrudtsarter og antal samt størrelsen af de enkelte forekommende ukrudtsarter. Desuden indgår en vurdering af afgrødens mulighed for at konkurrere med ukrudtet, der på nuværende tidspunkt er skønsmæssigt fastsat. Hvis en række af de faktorer, der er beskrevet i afsnittet om konkurrence, bliver bedre kvantificeret, kan vurderingen af afgrødens konkurrenceevne indgå mere eksakt ved valget af nødvendig dosering. På et senere tidspunkt skal også klimaforholdene ved sprøjtetidspunktet indgå ved fastlæggelsen af middel og dosering.

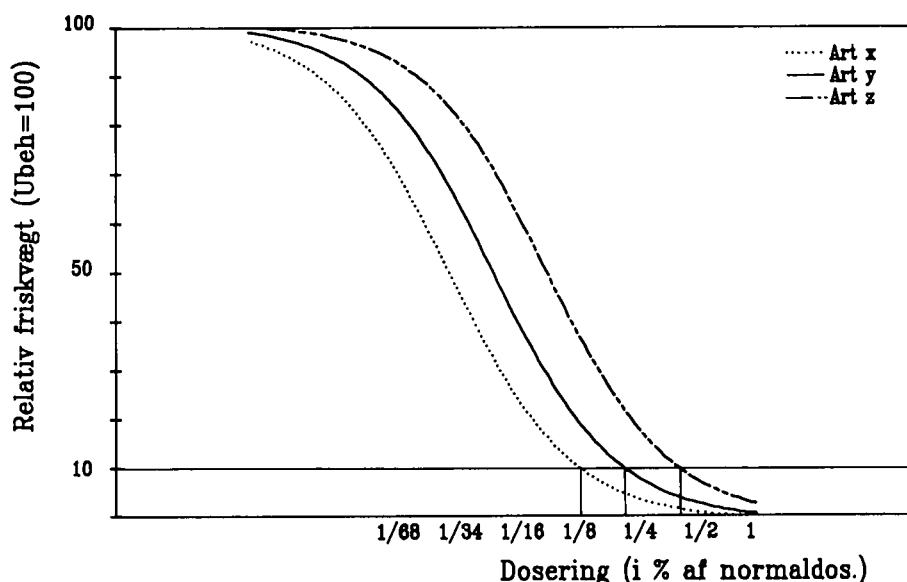
Ud fra de opgivne oplysninger finder programmet de herbicider, der er anerkendt til brug i den pågældende afgrøde, og sorterer disse efter effekt på det oplyste ukrudtsproblem. I programmet findes en faktor, der udtrykker den laveste acceptable bekæmpelse af hver enkelt ukrudtsart. Dersom et herbicid i normaldosering har en dårligere effekt end denne faktor frasorteres midlet, således at der aldrig anbefales doseringer over normaldoseringen. Når brugeren oplyser flere ukrudtsarter, bliver der tale om en samlet vurdering af et middel i forhold til de

andre midler. Ud over at vise de herbicider der kan anvendes til bekæmpelse af det givne ukrudtsproblem, beregner programmet for hvert middel den dosering, der er nødvendig for at opnå den ønskede effekt over for alle forekommende arter.

Som baggrund for doseringsberegningen ligger teorien om parallelle doseringskurver, der siger, at enhver effekt af en herbicidbehandling svarer til et punkt på en sigmoid doseringskurve med fast hældning. Doseringskurvens form er kun afhængig af herbicidets virkemåde, mens doseringskurvens placering afhænger af temperatur, ukrudtsart og -størrelse, additiv m.v. (Streibig, 1985; Thonke, 1984). Ændringer i ukrudtssammensætningen betyder eksempelvis, at doseringskurven parallelforskydes, hvorimod hældningen er konstant.

Resultaterne fra afprøvningsforsøg med herbicider ved Afd. for Ukrudtsbekæmpelse,

hvor herbiciderne afprøves i markforsøg i flere doseringer og i flere år, anvendes til beregning af doseringskurven for hvert enkelt herbicid. Disse data lagres i programmet til brug ved den individuelle doseringsberegning. Princippet i doseringsberegningen er vist i figur 3.6, der viser doseringskurverne for et tænkt middel over for 3 ukrudtsarter: x, y og z. Hvis det forudsættes, at alle forekommende arter ønskes bekæmpet med 90% effekt, vil programmet beregne en dosering for dette middel på ca. 1/8 normaldosering, hvis kun art x er til stede. Hvis også art y forekommer, kræves der ca. 1/4 normaldosering for at opnå 90% effekt, mens ca. 1/2 dosering er nødvendig, hvis også art z optræder. Normaldoseringen er den maksimale dosering programmet kan foreslå, mens muligheden for reducerede doseringer afhænger af faktorer som ukrudtsart og størrelse, klima på og omkring sprøjtetidspunktet samt afgrødens konkurrenceevne.



Figur 3.6 Principskitse over doseringsberegning i PC-Planteværn.

Da små ukrudtsplanter er mest følsomme, anbefaler programmet altid at bekæmpelse indledes i efteråret. Det effektniveau, der tilstræbes med de anbefalede doseringer, ligger på 90-95% afhængig af ukrudtsart.

3.10.3.2 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse

Vinterhvede giver gode muligheder for ukrudtsharvning. Den er blandt de mest tolerante afgrøder, og harveperioden er relativ lang. Ved sen såning vil der p.g.a. vejret dog kun være få lejligheder til at foretage en ukrudtsharvning om efteråret (Rasmussen og Vester, 1990).

Ukrudtsharvning kan gennemføres som en blindharvning før hvedens fremspiring eller efter fremspiringen. Værdien af en blindharvning afhænger af ukrudtets fremspiringsforløb. Mange af ukrudtskindene vil på dette tidspunkt ikke være nået frem til overfladen, og er da særligt følsomme for mekanisk bearbejdning. De små spirer løsriver og knækkes let. En tidlig behandling vil omvendt øge risikoen for en ny fremspiringsbølge som følge af lysinduktion og en efterfølgende periode med tilstrækkeligt høje temperaturer.

Ved ukrudtsharvning om efteråret efter fremspiring vil mange ukrudtsplanter have fra 0 til 2 løvblade. Ukrudtsharvningen på disse udviklingstrin vil primært virke gennem tildækning med jord. Den største effekt opnås på kimbladstadiet. Bekæmpelseeffekten vil variere mellem 40-80%. Burre Snerre og andre storfrøede arter bekæmpes dog langt ringere. Der er ikke oplysninger om overvintringsgraden af ukrudtsplanter, der har været hæmmet af en ukrudtsharvning.

Ukrudtsharvning kan gennemføres om foråret helt frem til skridning, hvis der anvendes redskaber med tilstrækkelig frihøjde.

Sene ukrudtsharvninger er dog kun relevante mod lave pudedannende ukrudtsarter (Fuglegræs, Ærenpris). Oprette arter (korsblomstrede, Kamille arter) skal derimod bekæmpes tidligt. Det kan være vanskeligt at opnå en rimelig effekt om foråret på store ukrudtsplanter, især efter en mild vinter. Det kan også være vanskeligt at bearbejde lerjorde om foråret med de lette ukrudtsharver. 3-4 behandlinger lige efter hinanden kan løse problemerne, men er samtidigt en meget dyr løsning.

En model for ukrudtsharvning er under udvikling i Danmark (Rasmussen, 1991a,b). I modellen indgår harvningens selektivitet, ukrudtets konkurrenceevne, og afgrødeudbytte i forhold til tildækning med jord.

Radrensning i vinterhvede med 16-20 cm rækkeafstand har givet gode resultater med hensyn til ukrudtseffekt og udbytte. Der findes blot ikke egnet teknisk udstyr på markedet i dag. Udbyttetabet ved at øge rækkeafstanden fra 12 til 20 cm varierede fra 0 til 5% (Rasmussen og Tønnesen, 1990).

3.11 Skadedyr i vinterhvede

I vinterhvede er der kun få betydende skadedyr. Vigtigst er bladlus, der optræder i de fleste år, og kan være årsag til betydelige udbyttetab. Kornbladbillens larve optræder enkelte år, specielt efter milde vintre. Kornbladbillens larve er en moderat skadevolder. Agersnegle kan optræde lokalt som en moderat skadevolder. Fritfluer og trips kan ligeledes forekomme lokalt, men er sjældent af økonomisk betydning. Sadelgalmyg er observeret i få år, men er næppe af økonomisk betydning. I opbygningen af et modelsystem bør kun tages højde for bladlus og evt. kornbladbillens larve.

3.11.1 Bladlus

Tre arter optræder i korn i Danmark: kornbladlus, havrebladlus og stribet græsbladlus. Kornbladlusen er normalt den mest udbredte i hvede, men enkelte år kan andre arter dominere. Angreb starter oftest i de sydlige egne, og breder sig herefter mod nord. Der er målt tab på op til 30% af udbyttet ved bladlusangreb (Bromand og Simonsen, 1987, 1988, 1989). Bladlus bekæmpes let og billigt med insekticider.

Bladlusene overvintrer som æg på vinterværter (kornbladlus på korn eller græs-arter, havrebladlus på hæg og græsbladlus på vilde roser) eller de kan under milde forhold overvintrere som voksne i korn eller græsmarker. I foråret ved temperaturer på 12-13°C begynder indflyvning til kornmarkerne. Det sker oftest fra midt i maj og ind i juni. Efter skridning foretrækker kornbladlus aks af hvede og havre. Opformering sker ved jomfrufødsel af unger fra ubefrugtede æg eller ved forplantning efter befrugtning. Bladlusene kan opformerer kraftigt i varme og tørre perioder. Bestanden topper normalt i juli, når kornet er i mælkemodenhedsstadiet. Herefter sker et hurtigt fald af aktive dyr p.g.a. parasiterende organismer, prædation fra naturlige fjender og migration til andre planter.

Bladlus har det bedst under varme og tørre forhold. En generation kan udvikle sig i løbet af 10 dage ved 15-20°C. Lavere temperaturer og fugtigt vejr sinker udviklingen. Kraftig nedbør, stærk vind og meget høje temperaturer kan også hæmme udviklingen af bladlus. Ved højere temperaturer end 25°C er reproduktionen lavere end ved optimum på ca. 20°C (Rabbinge et al., 1979).

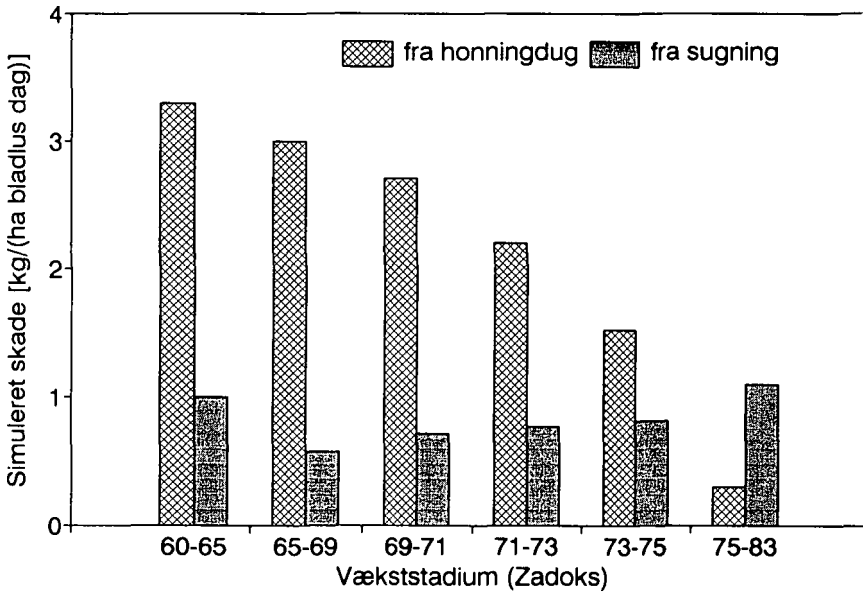
To væsentlige forhold medfører skade fra bladlus: Direkte sugning af phloem saft medfører tab af kulhydrater og proteiner, og indirekte skade forekommer som følge af

afsætning af ekskrementer (honningdug) (Rabbinge og Rossing, 1988; Rossing, 1991a,b). Honningdug kan lægge sig som et fedtet lag over blade og aks. Sekundære svampe (sortskimmelsvampe og *Septoria* spp.) kan opformerer på den udskilte honningdug. Honningdug og sekundære svampe hæmmer fotosyntesen og dermed mængden af tilgængelige assimilater. Dette kan desuden fremskynde nedvisning af bladene. Sekundære skadevirkninger er rapporteret til at omfatte 20-50% af den samlede skade fra kornbladlus (Vereijken, 1979; Rabbinge et al., 1984).

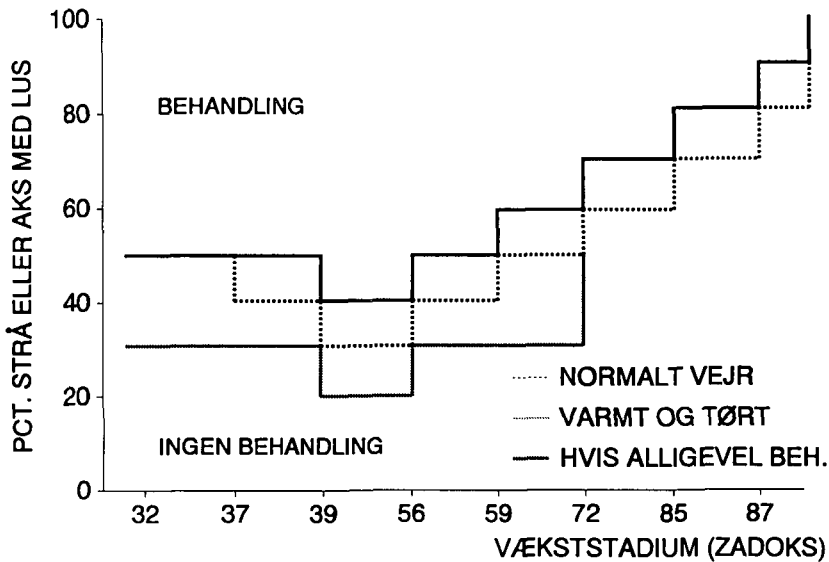
Bladlusene kan variere i størrelse fra 0,05 til 0,3 mg. Skaden afhænger primært af den samlede mængde af bladlus (fra 5-10 mg akstørstof aks⁻¹ mg⁻¹ bladlus). Der er derfor ikke en god sammenhæng mellem tabets størrelse og antallet af bladlus (Vereijken, 1979; Rabbinge og Carter, 1984). I hollandske modeller sættes skaden størst omkring blomstring (5,1 kg/ha (bladlus/aks)⁻¹ dag⁻¹ fra stadium 60 til 69) og derefter faldende frem til mælkemodenhedsstadiet (0,8 kg/ha (bladlus/aks)⁻¹ dag⁻¹ fra stadium 75 til 77) (Rabbinge og Rossing, 1988; Rossing 1991b), jf. figur 3.7. Skaden afhænger dog af udbyttets størrelse, således at store udbytter skades relativt mere.

Når hveden skades mest ved tidlige angreb, skyldes det, at den er eksponeret for honningdugafsætning i længere tid, og derved påføres større mængder. Skadevirkningen ved direkte sugning regnes for nogenlunde konstant.

Bladlus opgøres som antal lus pr. plante eller aks eller som andelen af planter med bladlus (procent planter eller aks med bladlus). Der er en god sammenhæng mellem disse to metoder (Rabbinge og Mantel, 1981; Ward et al., 1985). Af praktiske årsager foretrækkes det at bedømme andelen af planter eller aks med angreb.



Figur 3.7 Simuleret skade af kornbladlus fordelt på henholdsvis skade fra honningdug og direkte sugning. Gennemsnit af flere udbytniveauer (efter Rossing, 1991b).



Figur 3.8 Bekæmpelsestærskler for bladlus i PC-Planteværn, sygdomme og skadedyr afhængig af vejrforhold og fungicidbehandling (Secher, 1991b).

Skadetærskler ved blomstring angives at ligge på 5-15 bladlus/aks, hvad der svarer til 75-80% planter/aks med angreb (Vereijken, 1979; Mann og Wratten, 1987; Zadoks, 1985). I hollandske simuleringmodeller har man dog regnet sig frem til 65-95% planter med angreb under varierende forhold og udbytter (3-14 bladlus/aks) (Rabbinge og Rossing, 1988).

Bekæmpelsestærskler angiver et niveau, hvor det vil være rimeligt at foretage bekæmpelse, fordi en skadetærskel med stor sandsynlighed vil blive nået. I danske vejledningsmodeller afhænger bekæmpelsestærskler af vækststadium og femdøgnspggnose for vejret. Tærsklen stiger fra 40% planter med angreb i stadium 39-55 til 90% planter med lus i stadium 87 (Secher og Murali, 1991), jf. figur 3.8.

Bladlus bekæmpes let med insekticider. Fosformidler, pyrethroider og pirimicarb har alle god effekt. Som et specifikt bladlusmiddel vil pirimicarb i de fleste tilfælde være bedste løsning. Ved valg af sprøjteteknik skal der tages højde for bladlusenes placering i afgrøden. I praksis behandles 1-2 gange mod bladlus, ofte med en svagt reduceret dosering.

Gennemsnit af markstyringsresultater fra Tureby-Køge og Omegns Landboforening og Landboforeningerne på Lolland-Falster og Møn viser i gennemsnit 1,8 behandlinger med en behandlingshyppighed på 1,19 i 1990. Bekæmpelsesbehovet svinger fra år til år, men overskrider sjældent 2/3 af hvedearealet. I 1990 var behovet lavt, hvilket indikerer, at der i praksis foretages en væsentlig overbehandling mod bladlus (Secher et al., 1991).

Der findes ikke egentlig resistens over for bladlus. Sent modnende sorter udsættes dog for kraftigere angreb, da de er grønne i længere tid, og bladlusene derfor søger til disse sidst på sæsonen.

3.11.2 Almindelig kornbladbill

Den almindelige kornbladbill er en moderat skadevolder i hvede. Kornbladbillens larve forvolder større skade end billen. Kornbladbillens larve forekommer hvert år, men kun i få år er den tabsgivende. Vårsæd skades mere, da vækstperioden passer bedre til kornbladbillens levevis.

Ved temperaturer over 10°C kommer de første bladbiller frem fra vinteropholdsstederne. Ved temperaturer på 19-20°C finder der stor æglægning sted. Ægstadiet varer 8-16 dage, hvorefter larverne gennemlever 4 stadier på 12-20 dage. Puppestadiet indledes med, at larverne taber ekskrementerne, som de bærer på ryggen. Puppestadiet varer 19-26 dage. I august søger billerne til deres vinteropholdssteder, hvor de i oktober går i dvale. Larverne gnaver overhuden af bladene langs bladnervenerne, så disse får et pergamentagtigt hvidt udseende, og mister deres evne til fotosyntese. Larverne tiltrækkes af sollys og ungt bladvæv, så øvre blade skades mere end nedre.

Varme forår og somre er gunstige for opformeringen af kornbladbiller, idet det kan medføre en tidlig indflyvning og en stor ægproduktion. Specielt er en varm periode i slutningen af maj meget gunstig. Kraftig nedbør kan vaske æg og larver af bladene, og derved dæmpe et angreb.

Kornbladbillens larve skader primært i kraft af borttædning af fotosyntetiserende bladvæv. En larve æder 2,5-5,0 cm² bladvæv i vårbyg. Hvis alle blade er angrebet svarer det til et udbyttetab på 5-10%. I vårbyg har 0,8 larver pr. aksbærende strå medført et tab på 15% af bladarealet og givet et merudbytte på 2,7 hkg/ha for bekæmpelse (Holm, 1990).

I Danmark anvendes samme bekæmpelsestærskler i hvede som i vårbyg. Værdierne er fastlagt ud fra forsøg i vårbyg. Der anbefales bekæmpelse, når der optræder fra 0,5 til 1

larve pr. aksbærende strå. I PC-Planteværn anbefales behandling når fra 50-75% planter er angrebet. Sammenhængen mellem tæthed og angrebsgrad er ikke belyst. Bekæmpelsestærsklen i PC-Planteværn er lavest i stadium 52-57. Tærsklen varierer derudover i forhold til vækststadium og udsigten til kraftig regn (Secher, 1991b).

Kornbladbillens larve bekæmpes med pyrethroider. Store larver kan være vanskelige at bekæmpe. Fosformidler har i nogle forsøg vist svigtende effekt.

3.11.3 Trips

Trips forårsager kun mindre skade på korn. Specielt rug og vinterbyg angribes, men akstrips kan angribe alle kornarter. I udlandet er rapporteret om udbyttetab på op til 15%. Tripsene udsuger de yderste celler på planterne. I akset kan det medføre dårlig kernefyldning. Trips bekæmpes med pyrethroider i stadium 43-45. I rug bør bekæmpelsen foretages, når der er 2 voksne trips pr. øvre bladskede.

3.11.4 Fritfluer

Fritfluer kan forårsage kraftig skade på vintersæd sået efter sent ompløjet græs. Bedste foranstaltning er pløjning før midten af august. Tripsens larve borer sig ind til de centrale dele af skuddet, hvorved hjerteskuddet bliver ødelagt. Fritfluen kan ved mindre angreb bekæmpes med en bejdsning. Larverne kan desuden bekæmpes i græsmarken forud for ompløjning, eller i hvedemarken umiddelbart efter fremspiring.

3.11.5 Galmyg

Sadelgalmyg og hvedegalmyg kan undtagelsesvis forårsage tab i hvede. Sadelgalmyg lægger æg i begyndelsen af juni. Når ægge-

ne klækkes trænger larverne ned i stænglen, hvor de forårsager galledannelser og senere strånedknækning. Hvedegalmyg lægger æg i løbet af skridning og blomstring. Larverne af hvedegalmyg hæmmer kernefyldning, og giver skrumpne eller manglende kerner. Der angives en skadetærskel på 0,3-0,5 myg/aks.

3.11.6 Græs- og brakfluer

Både græs- og brakfluer optræder som skadedyr i vintersæd. Fluernes larver kravler om foråret ind i planternes vækstpunkter, og ødelægger hjerteskuddet. Tidligt såede marker angribes lettere, da æglægning sker i forbindelse med flyvning om efteråret. Fluerne er vanskelige at bekæmpe.

3.11.7 Stankelben

Larverne af stankelben kan være ødelæggende i marker efter ompløjet grønjord eller længerevarende græsmarker. Ompløjning af græsmarken før midten af august vil hindre æglægning og dermed løse problemet.

3.11.8 Agersnegle

Agersnegle kan forårsage stor skade om efteråret. Sneglene kan ernære sig i det såede korn og på de fremspirende planter. Sneglene er meget afhængige af fugtighed, hvorfor de især findes efter somre og afgrøder med fugtigt mikroklima som f.eks. raps og ærter. Agersnegle kan med besvær bekæmpes med sneglekorn. Halmafabrænding og intensiv jordbearbejdning reducerer snegleforekomsten.

3.12 Svampesygdomme

Angreb af svampesygdomme kan erfaringsmæssigt forvolde betydelige skader i hvede-

afgrøder. Hveden kan angribes af en lang række sygdomme, som kan inddeles i 5 hovedtyper:

- Udvintrings sygdomme.
- Rod- og stråbasissygdomme.
- Bladsygdomme.
- Akksygdomme.
- Udsædsbårne sygdomme.

De plantesygdomme, der kan angribe hvede kan yderligere inddeles i 3 grupper:

- Sygdomme der overlever på planterester f.eks. knækkefodsyge og Septoria.
- Jordboende skadevoldere f.eks. goldfodsyge.
- Sygdomme der overlever på levende planter f.eks. meldug og gulrust.

3.12.1 Svampesygdommes skade på afgrøden

Svampesygdomme kan forvolde store skader på afgrøden, med store udbyttetab til følge. Total misvækst kan forekomme i forbindelse med anvendelse af udsæd, der er inficeret med stinkbrand. Efter fugtige vækstsæsoner, hvor kernerne kan være angrebet af Fusarium og Septoria, kan spireprocenten være så reduceret, at afgrøden ikke kan kompensere for det lave plantetal, med udbyttetab til følge.

Ved anvendelse af normal sund udsæd vil der ikke være nogen økonomisk gevinst ved en bejdsning, men da analyser af udsæden af tidsmæssige årsager ikke kan nås, anvendes der i dag næsten kun bejdset udsæd.

Udvintrings sygdomme kan forvolde en hel eller delvis nedvisning af afgrøden. Hvis plantebestanden reduceres meget kraftigt kan omsåning være aktuel.

Rod- og stråbasissygdomme skader afgrøden ved at blokere for optagelse og transport af vand og næring i planterne.

Goldfodsyge, som angriber rodnettet, kan især i forbindelse med vand- og næringsstofmangel være meget udbyttereducerende. Afgrøden nødmodner på et tidligt tidspunkt, med det resultat at kernevægten reduceres betydeligt med små og skrumpne kerner til følge.

For knækkefodsygesvampen kan skaden opdeles i 3 typer:

- Tab af sideskud. Hvor plantebestanden er af normal størrelse vil afgrøden oftest være i stand til at kompensere for tabte sideskud.
- Tab som følge af dårlig stoftransport. Kun store og dyberegående læsioner giver sikre udbyttetab. Tab på ca. 10% af udbyttet er almindeligt (Clarkson, 1981). Ved de kendte bekæmpelses-effekter på 40-50% fås dog kun et merudbytte ved bekæmpelse af størrelsesordenen 3-4%.
- Tab som følge af lejesæd. Tidlig lejesæd er kendt for at forvolde de største skader. Der er rapporteret om udbyttetab på 22-44% af udbyttet (Clarkson, 1981). Lejesæd forårsaget af knækkefodsyge er i dag kun lidt udbredt. Den udbredte anvendelse af vækstregulering styrker de svækkede strå tilstrækkeligt til at lejesæd udgås.

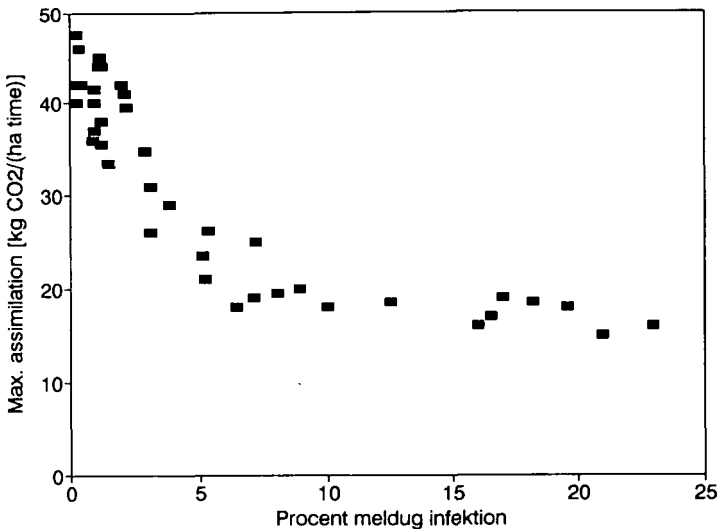
Angreb af bladsygdomme forårsager kloroser og nekroser på bladene, hvilket reducerer det bladareal, som er til rådighed til fotosyntese. Udover denne direkte effekt har man også fundet, at plantens respiration forøges ved sygdomsangreb, hvilket er medvirkende til at reducere plantens produktion.

Mange sygdomme påvirker CO_2 assimilations-hastigheden og dermed planternes mulighed for at udnytte lyset. Dette hænger sammen med, at stomata-cellerne funktion delvis ødelægges (Ayres, 1981). Nogle sygdomme fremskynder nedvisningen af blade, enten på grund af at kvælstofbalancen i planten forstyrres, eller som følge af at svampen udskiller stoffer, der påvirker bladernes aktivitet (Buchanan et al., 1981).

Rabbinge et al. (1985) fandt at meldug selv ved små angrebsgrader kan medføre en reduktion af assimilationen, forårsaget af en hæmmet carboxylering i fotosynteseprocessen, jf. figur 3.9. Faldet i assimilationen

skyldtes ikke en øget stomatamodstand. Der var ingen signifikant påvirkning af respirationen. Faldet i assimilation medførte en lavere transpiration.

Udbyttetab som følge af angreb af bladsygdomme varierer meget og er nært knyttet til den dyrkede sorts resistensgrundlag. Sorter med god resistens over for bladsygdomme har således maksimale udbyttetab på 10%, mens meget sygdomsmodtagelige sorter kan have tab på op til 50-60% af udbyttet. Imellem enkelte vækstsæsoner er der stor variation i de opnåede merudbytter som følge af bekæmpelse, jf. tabel 3.33. Det meget høje merudbytte i 1990 skyldes en kraftig gulrust epidemi.



Figur 3.9 CO_2 assimilation ved lysmætning ved forskellige angrebsgrader af meldug (efter Rabbinge et al., 1985).

Tabel 3.33 Merudbytte efter to svampesprøjtninger i hvede med bredspektrede svampemidler i fuld dosering. Gennemsnit af forsøg udført ved Planteværnscentret og Landskontoret for Planteavl (efter Jørgensen, 1991).

Gennemsnitligt merudbytte efter 2 sprøjtninger										
År	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
hkg/ha	13,2	5,5	9,6	6,8	6,1	4,2	19,3	10,5	12,4	27,1

De største udbyttetab ses oftest i fugtige vækstsæsoner, hvilket bl.a. skyldes de fugtighedselskende rådsvampe. Disse svampe giver ikke tydelige visuelle symptomer, men alene ved deres tilstedeværelse på planterne, øges planternes respiration med udbyttetab til følge.

Desto tidligere et angreb etablerer sig på bladene, desto større bliver udbyttetabet. Angreb, der først udvikler sig efter blomstring, vil normalt ikke reducere udbyttet i en sådan grad, at bekæmpelse er rentabel.

Udbytteforsøg har vist, at ca. halvdelen af et merudbytte efter bekæmpelse af bladsvampe kan tillægges en forøgelse af tusindkornsvægten (Jørgensen og Nielsen, 1990b).

Da ca. en trediedel af kernernes assimilater produceres i akset, er det vigtigt, at akset ikke angribes af sygdomme. Hvis angreb af bladsygdomme ikke har været noget problem i afgrøden, vil disse sygdomme sjældent udvikle sig til tabgivende angreb på akset.

Registrering af strå og basissygdomme gøres sædvanligvis ved at bestemme andelen af angrebne strå. I forbindelse med bedømmelsen af de enkelte strå kan der gives en karakter for omfanget af skaden, f.eks. hvor mange bladskeder der er angrebet af knækkefodsyge. Registrering af sygdomme på stråbasis kræver øvelse og et godt kendskab til de enkelte sygdommes symptomer. Registreringen kan sjældent udføres af landmænd.

Registrering og bestemmelse af angrebsniveauet for bladsygdomme bestemmes i de fleste undersøgelser som en dækningsprocent af grønne blade. Denne metode giver et præcist udtryk for omfanget af et givent angreb. Ved detaljerede undersøgelser af meldug og gulrust kan der opnås en bedre differentiering ved optælling af pustler pr. blad (densitet). Den bedste sammenhæng mellem sygdomsangreb og et evt. tab for-

årsaget af angreb fås ved at summere sygdomsbedømmelser foretaget flere gange i løbet af vækstperioden. Bestemmelse af dækningsprocent og optælling kræver god øvelse og kan være tidskrævende. Ved bestemmelse af lave angrebsniveauer kan sygdomsangreb opgøres som andelen af planter med konstateret angreb (incidens). Frekvensopgørelser kan med øvelse foretages relativt hurtigt i marken. Der er en rimelig god sammenhæng mellem dækningsprocent, tæthed og angrebsgrad (James og Shih, 1973; Seem, 1984; Daamen, 1986).

I vejledningsmodeller (f.eks. EPIPRÉ og PC-Planteværn) anvendes optællinger af frekvens (tæthed) såfremt angrebsniveauet er afgørende for vejledningen. I PC-Planteværn opgøres vanskeligt diagnosticerbare sygdomme som knækkefodsyge og Septoria spp. ikke. Bekæmpelsesbehovet for disse sygdomme fastlægges ud fra andre og lettere målbare parametre.

3.12.2 Bekæmpelsesmetoder

Som udgangspunkt eksisterer der 3 metoder, som kan anvendes, når sygdomsangreb skal reduceres eller bekæmpes.

- Dyrkning af resistente sorter.
- Anvendelse af kulturtekniske foranstaltninger, der reducerer angreb.
- Kemisk bekæmpelse med fungicider.

Dyrkning af resistente sorter kan medvirke betydeligt til at mindske sygdomsangreb samt reducere behovet for kemisk bekæmpelse. De dyrkede sorter indeholder resistensgener over for en række af vore potentielle sygdomme. Især over for meldug og gulrust har forædlerne bestræbt sig på at indbygge gode resistensgener. Over for Septoria og knækkefodsyge udviser sorterne nogen resistens, mens dette f.eks. ikke er tilfældet over for goldfodsyge.

De første år en sort er i dyrkning, udviser den ofte god resistens over for aktuelle sygdomme, men jo større areal sorten udsås på, desto større bliver selektionstrykket, og oftest øges sortens modtagelighed efter nogle års dyrkning.

Anvendelse af sortsblandinger er fra vårbyg kendt som en måde at reducere sygdomsangrebet på. Indtil videre findes der ikke de samme lovende resultater for anvendelse af sortsblandinger i hvede, jf. afsnit 3.4.5.

Sædskiftet, såtidspunktet, jordbearbejdning, plantetætheden og gødskningen er alle faktorer, der på forskellig vis påvirker smitterisikoen for svampesygdomme.

Hvis man for hver enkelt sygdom tager behørigt hensyn til de faktorer, der minimerer risikoen, er der ad denne vej gode muligheder for at reducere sygdomsangreb.

Da produktionen generelt tilrettelægges ud fra en optimering af udbyttet, vil det ikke i en konventionel dyrkning være muligt at tage hensyn til alle dyrkningsmæssige faktorer. Visse af faktorerne vil bevirke en betydelig reduktion i det potentielle udbytte, som i sig selv kan være større end tabet som følge af sygdomme. De kulturtekniske faktorerers effekt på sygdomsangrebet vil blive behandlet mere uddybende i de efterfølgende afsnit.

Anvendelse af kemiske midler til bekæmpelse af svampesygdomme i hvede finder sted i vid udstrækning. Afhængigt af sygdomstrykket i det enkelte år samt den dyrkede sort bruges der i en vækstsæson mellem 1 og 5 sprøjtninger med fungicider. Ved det høje antal sprøjtninger anvendes ofte reducerede doseringer.

Udsædsbårne sygdomme bekæmpes med bejdsning. Mere end 95% af såsæden bejdses. Som nævnt er det af tidsmæssige årsager ikke muligt at behandle udsæden efter en

behovsanalyse, hvilket skyldes, at der er meget lidt tid fra høsten er i hus til næste års afgrøde sås.

Stinkbrand er årsagen til den store bejdseintensitet. Avlere, som bruger egen, ubejdset udsæd, løber ofte ind i problemer med stinkbrand. Sygdommen er også fundet hos avlere, der bruger bejdset udsæd, hvilket sandsynligvis skyldes en kombination af dårlig bejdsekvalitet, og at visse af bejdsemidlerne ikke giver mere end 90% bekæmpelse. De nyere bejdsemidler har en højere effektivitet (100%), og hvis disse vinder større udbredelse, mindskes risikoen for angreb generelt, også selvom man undlader bejdsning i et enkelt år.

Efter fugtige vækstsæsoner, som fremmer angreb af *Fusarium* og *Septoria* i akset, kan der eksistere et øget bejdsebehov mod disse to sygdomme.

Stråbasis-, blad- og akssygdomme bekæmpes med et varierende antal sprøjtninger afhængigt af den dyrkede sort og smittetrykket i den enkelte vækstsæson. Der er effektive midler til rådighed, som gør det muligt at bekæmpe de fleste tabsgivende sygdomme. Goldfodsyge er den eneste betydende sygdom, der ikke lader sig bekæmpe af kemisk vej.

Knækkefodsyge bekæmpes i ca. 30-40% af danske hvedemarken. Bekæmpelsesbehovet kan vurderes ud fra en planteprøve og/eller en risikovurdering, der bygger på afgrødens placering i sædskiftet, sådatoen og aprilvejret. Med de midler, der i dag anvendes til bekæmpelse, opnås kun en effekt på 40-50%.

Meldug og gulrust bekæmpes på grundlag af en vurdering af angrebet i marken samt kendskab til den dyrkede sorts modtagelighed. Generelt tilstræbes det at bekæmpe angreb, inden de bliver for veletablerede.

Dette muliggør et godt resultat ved anvendelse af reducerede doseringer.

Bekæmpelse af Septoria-svampene, hvede-brunplet og hvedegråplet, sker ud fra en risikovurdering, der bygger på antallet af nedbørdage og sortens modtagelighed. Da disse sygdomme har størst betydning omkring skridningstidspunktet vil landmanden i praksis ofte sikre sig mod angreb ved at udføre en akssprøjtning med et middel, der er effektivt over for disse svampe. Erfaringer fra forsøg og praksis har vist, at en aksbehandling næsten altid er økonomisk fordelagtig.

Et meget vigtigt element i begrænsningen af ressourceanvendelsen i vinterhvededyrkning er udnyttelsen af mulighederne for at reducere doseringerne. Som det fremgår af tabel 2.6 i afsnit 2.4 er praktikerne alierede i fuld gang med at benytte reducerede doseringer. Forsøgsresultater har vist, at nedsatte doseringer i mange tilfælde kan anvendes, uden at der sker en reduktion i nettoudbyttet.

Som det fremgår af tabel 3.34 er der i år

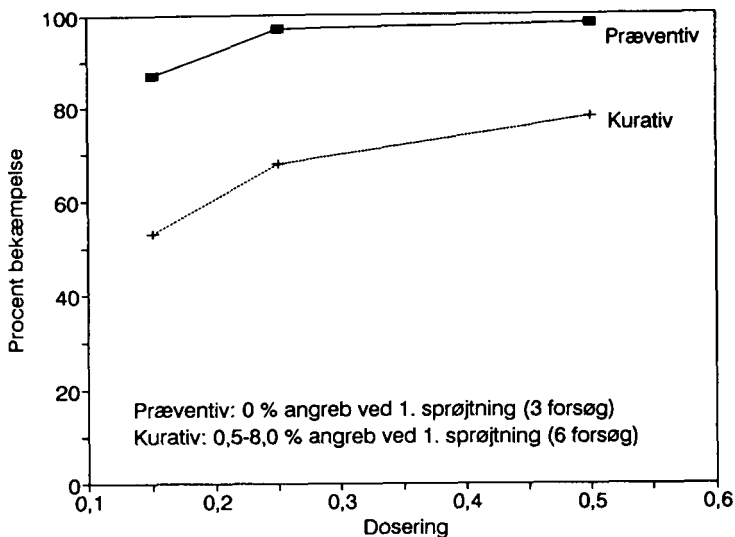
med moderate sygdomsangreb gode muligheder for at klare svampebekæmpelsen med få sprøjtninger med stærkt nedsatte doseringer, uden at det går ud over nettoudbyttet. I vækstsæsonerne 1989 og 1990, hvor sygdomsangrebene har været særdeles kraftige har de lave doseringer anvendt ukritisk givet en betydelig reduktion i nettoudbyttet i forhold til højere doseringer (Jørgensen og Nielsen, 1990a).

Et vigtigt element ved anvendelse af nedsatte doseringer er kendskabet til midlernes præventive og kurative virkning på de enkelte sygdomme. Som det fremgår af figur 3.10, er det ved doseringsvalg vigtigt at tage højde for, om behandlingen foregår præventivt eller kurativt. I sidste tilfælde kræves højere doseringer og hyppigere sprøjtninger for at holde angrebet nede (Jørgensen og Nielsen, 1990a).

Det er ligeledes vigtigt at kende langtidsvirkningen af middel og dosering på den enkelte sygdom på et givet vækststadium. Der mangler på disse områder en række forsøg, før en sikker vejledning kan gives.

Tabel 3.34 Forsøgsresultater fra svampebekæmpelse i hvede 1987-88 med reducerede doseringer. Forsøget er behandlet to gange på vækststadium 30-31 og 45. Nettoudbytte er merudbytte minus kemikalieudgifter (efter Nielsen, 1990a).

Behandling	Dosering l/ha	Bekæmpelse (%)			Merudbytte (hkg/ha)	
		Meldug	Septoria	Gulrust	Brutto	Netto
Tilt top	2 * 1,0	89	86	100	14,1	9,2
Tilt top	2 * 0,8	87	83	100	12,8	8,9
Tilt top	2 * 0,5	81	79	100	13,1	10,7
Tilt top	2 * 0,3	68	77	100	11,6	10,1
Rival	2 * 1,5	90	87	100	15,4	9,4
Rival	2 * 1,0	85	83	100	13,8	9,8
Rival	2 * 0,5	66	73	97	11,2	9,2
Ubehandlet		Angreb (%)			Udbytte (hkg/ha)	
		17,1	6,1	16,2	57,7	
Antal forsøg		6	4	5	8	



Figur 3.10 Forsøg med gulrustbekæmpelse opdelt efter, om der er sprøjtet præventivt eller kurativt. Behandling er udført på Zadoks stadium 31 og 45 (Jørgensen og Nielsen, 1990a).

Det har været diskuteret meget, hvorvidt nedsatte doseringer ofte anvendt ved flere på hinanden følgende sprøjtninger, øger risikoen for opbygning af fungicidresistens. Der findes indtil videre ikke beviser for at noget sådant er tilfældet. Det bør dog bemærkes at strategien vedrørende anvendelse af nedsatte doseringer ikke går ud på at nedsætte mængden for enhver pris. I den enkelte situation bør anbefales den nødvendige og tilstrækkelige dosering til at bekæmpe et givet angreb.

3.12.3 Udvintringssygdomme

Hveden kan angribes af sneskimmel (*Gerlachia nivale*). Sygdommen regnes dog normalt ikke som værende noget stort problem under danske dyrkningsforhold. Lokalt kan sygdommen imidlertid forvolde skade, ikke mindst langs med hegn, hvor afgrøden kan være snedækket i længere perioder. Tidlig såning, der resulterer i kraftigt overvintrende afgrøder, øger risikoen for angreb.

Abiotiske udvintringsårsager er oftest langt alvorligere end sneskimmel, jf. de hårde vintre i 1985 og 1986.

3.12.4 Meldug

Angreb af meldug (*Erysiphe graminis*) forekommer i alle vækstsæsoner. Angrebsstyrken varierer dog betydeligt og er sortspecifik. Meldug spredes over store afstande. Mulighederne for kemisk bekæmpelse er gode. Bekæmpelsesvejledningen for meldug bygger på behandling efter visuelle bedømmelser. Bekæmpelsesanvisningerne er opdelt i forhold til sortens modtagelighed og den aktuelle angrebsgrad (Secher, 1991b).

Sygdommen kan opdeles i racer, og der er stor forskel på sorterens modtagelighed. Der findes racespecifikke resistensgener i vore hvedesorter, men herudover et væsentligt element af uspecifik resistens. Erfaringerne med hvedemeldug viser, at racespecifik meldugresistens sjældent holder længe under

markforhold. Forældre satser derfor meget på uspecifik resistens og mindre på racespecifik resistens. Det vurderes ikke at være særligt nemt at opnå en så høj grad af uspecifik resistens, at kemisk bekæmpelse kan undlades (Hjortsholm, 1990).

En mild vinter og et mildt forår fremmer svampen. Varmt og tørt vejr fremmer frigørelsen af sporer. Spiring og infektion af sporer foregår bedst ved høj luftfugtighed. Inkubationstiden er 4-5 dage ved temperaturer over 15°C.

Høje plantetal fremmer svampen, hvilket sandsynligvis skyldes en højere luftfugtighed i tætte afgrøder. Dette er bl.a. fundet af Smith et al. (1950). Ved at hæve plantetallet fra 150 til 450 planter/m² er meldugangrebet i forsøg øget fra 3 til 6% dækning bedømt i begyndelsen af maj (Kjærsgaard, 1990).

Med hensyn til rækkeafstandens betydning for angrebsgraden er der afvigelser mellem udførte forsøg. Store rækkeafstande har i visse forsøg øget angrebet væsentligt sammenlignet med små rækkeafstande (Broscious et al., 1985; Jenkyn, 1970).

Store kvælstofmængder virker fremmende for meldugangreb. En deling af gødningsmængden har i flere forsøg reduceret angrebet sammenlignet med, hvor gødningen er udbragt af en gang (Darwinkel, 1980b). Se endvidere afsnit 4.3.2.

3.12.5 Gulrust

Gulrust (*Puccinia striiformis*) kan i visse år forvolde endog meget store udbyttestab. Sygdommen er luftbåren. Mulighederne for kemisk bekæmpelse er gode. Bekæmpelse af gulrust sker, når de første symptomer konstateres. I stærkt modtagelige sorter sprøjtes derefter med faste tidsintervaller (Secher, 1991b).

Sygdommen har i vækstsæsonerne 1989 og 1990 haft meget stor udbredelse. Dette skyldes en kombination af milde vintre og dyrkning af meget modtagelige sorter på store arealer.

Gennem tiderne har sorter med uspecifik resistens været effektive til at hindre alvorlige epidemier. Racespecifik resistens nedbrydes til gengæld hurtigt under dyrkningsforhold med højt smittetryk. En kombination af et vist niveau af markresistens med et effektivt racespecifikt gulrustgen vil kunne yde tilstrækkelig beskyttelse til, at kemisk gulrustbekæmpelse kan undgås (Hjortsholm, 1990).

Efter milde vintre kan angreb være veletablerede fra tidligt forår. Perioder med frost kan bremse sygdommen. Relativt køligt og fugtigt vejr i vækstperioden favoriserer sygdommen. Perioder med tørt og varmt sommervejr kan mindske epidemiforløbet lidt, men nattedug alene er tilstrækkeligt til, at sygdomsforløbet kan fortsætte.

Kvælstofmængder og tildelingsstrategi er nævnt som faktorer, der kan påvirke angreb af gulrust. Meget kvælstof tildelt ad en gang medfører højere angreb end hvis gødningen tildeles ad 2 gange (Darwinkel, 1980a).

Udsættelse af såtidspunktet har væsentligt betydning for at mindske smitteoverførslen fra en vækstsæson til den næste. Ved tidlig såning er temperaturerne mere gunstige for epidemiforløbet, og svampen vil kunne gennemleve flere generationer før vinteren indtræder. Dette giver større smittepotentialer, når væksten starter om foråret.

3.12.6 Septoria - hvedegråplet og hvedebrunplet

Inokulum af hvedegråplet (*Septoria tritici*) og hvedebrunplet (*Septoria nodorum*) findes på døde planterester i jordoverfladen. Vind-

spredning af disse sygdomme regnes for at være ubetydelig, selvom sygdommen kan spredes over kortere afstande ved inficerede planterester eller luftbårne ascosporer (Scott et al., 1988). Hvedegråplet findes i det tidlige forår almindeligt udbredt på de nedre visne blade i ca. 95% af alle marker. Hvedebrunplet kan være udsædsbåren, men almindelig bejdsepraksis gør, at sygdommen sjældent spredes ad denne vej. Sygdommene spredes med regnplask til øvre blade, og de kræver generelt fugtigt klima for at kunne etableres. Sygdommene kan være meget tabvoldende især i fugtige vækstsæsoner, hvor smitten spredes til de to øverste blade, som det var tilfældet i 1987. Op igennem 1980'erne har hvedegråplet været den dominerende af de to sygdomme. Årsagen til, at hvedebrunplet kun i få tilfælde har udviklet sig til betydelige angreb kendes ikke. Sygdommene kan relativt let bekæmpes kemisk.

Bekæmpelsesvejledningen for Septoria bygger på antallet af nedbørdage. Hvis antallet af nedbørdage fra vækststadium 32 og fremad overstiger 7 anbefales en bekæmpelse. De 7 døgn er fremkommet ved analyse af tidligere Septoria-forsøg, hvor sammenhængen mellem nedbør, sygdomsangreb og merudbyttet efter bekæmpelse er sammenholdt (Hansen et al., 1990c).

Sorterne har forskellig modtagelighed. Ingen sorter udviser dog total resistens. Sorternes resistens er genetisk forskellig over for de 2 sygdomme, men fælles for dem begge er en fysisk resistens, der er knyttet til sortens højde. Lavere sorter har på grund af mindre afstand mellem bladene lettere ved at blive angrebet, da regnplask har lettere ved at sprede smitstof fra et bladniveau til det næste.

Udvikling af Septoria er meget afhængig af nedbør- og fugtighedsperioder, da både spredning og infektion kræver fugtighed. Specielt i perioden fra begyndende strækning og frem til blomstring er det vigtigt at være

opmærksom på nedbørhændelserne for at kunne iværksætte bekæmpelse om nødvendigt. Hvedebrunplet har et lidt højere temperaturoptimum end hvedegråplet, men i normale vækstsæsoner vil begge sygdomme udsættes for temperaturer, der muliggør vækst.

Oplysninger vedrørende kvælstofmængdens indflydelse på Septoria-sygdommene er ikke entydige. Nogle forfattere har fundet øgede angreb ved højere kvælstofmængder, mens andre ikke har fundet nogen ændring (Bartels, 1987).

Reduceret jordbearbejdning har i engelske forsøg vist sig at øge risikoen for kraftige angreb sammenlignet med traditionel pløjning (Yarham og Hirst, 1975).

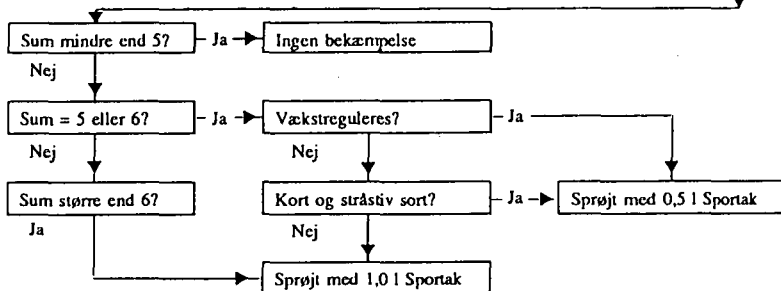
Septoria-angreb er værre på lette jorder end på svære lerholdige jorder. Årsagen til dette forhold er muligvis, at hvede på de lettere jorde ikke bliver så høj, hvilket letter spredningen af Septoria (Berggren, 1981). Lavt kaliumindhold i lettere jorde er i Sverige påvist at være medvirkende årsag til højere angrebsgrader (Berggren, 1981).

3.12.7 Knækkefodsyge

Knækkefodsyge (*Pseudocercospora herpotrichoides*) er en sædskiftebettinget sygdom, der kan medføre moderate til store tab. Kun i forbindelse med lejesæd giver sygdommen betydelige udbyttetab. Sygdommen forekommer i næsten alle marker, men angrebsniveauet varierer betydeligt afhængigt af dyrkningstekniske forhold og klima. Den væsentligste smitte sker om efteråret.

Angrebsgraden kan om foråret vurderes såvel ud fra en planteprøve som ud fra en risikovurdering, jf. figur 3.11. Kemisk bekæmpelse er mulig fra efteråret og frem til Zadoks stadium 31-32 (Jørgensen og Nielsen, 1990c). Der er meget ringe sammen-

		Risiko	Notater
Såtidspunkt: Før 21/9		+ 2	
21/9 - 30/9		+ 1	
Efter 30/9		0	
Forfrugt	For-forfrugt		
Ilvede	Ilvede	+ 4	
Ilvede	Ærter (+ pløjning)	+ 4	
Ilvede	Raps (+ pløjning)	+ 4	
Ilvede	Frøgræs	+ 4	
Ilvede	Roer	+ 4	
Ærter (+ pløjning)	Vintersæd	+ 4	
Vinterbyg	Byg	+ 4	
Byg	Roer	+ 2	
Byg	Vintersæd	+ 2	
Ilvede	Raps (- pløjning)	+ 2	
Raps (+ pløjning)	Vintersæd	+ 2	
Roer	Ilvede	+ 2	
Ærter (+ pløjning)	Byg	+ 2	
Ærter	Roer	0	
Byg	Byg	0	
Frøgræs	Byg	0	
Græs	Byg	0	
Raps (+ pløjning)	Byg	0	
Ærter (- pløjning)	Korn	0	
Frøgræs	Frøgræs	0	
Græs	Græs	0	
Raps (- pløjning)	Korn	0	
Gennemsnitstemperatur i april:		Over 6.1°C	+ 1
		4.0-6.1°C	0
		Under 4.0°C	- 1
Nedbør i april:		Over 52 mm	+ 1
		33-52 mm	0
		Under 33 mm	- 1
Sum:			



Figur 3.11 Pointsystem til vurdering af behovet for bekæmpelse af knækkedodsyge, byggende på opsummering af risikotal (Delvis efter Jørgensen og Schulz, 1991).

hæng mellem angrebet om foråret og sommerangrebet. Relationen til merudbyttet efter behandling er ligeledes dårlig (Scaumann et al., 1991).

De anvendte resistensgener over for knækkedodsyge er relativt svage og tilskrives ikke stor værdi. Stive og kortstråede sorter angribes normalt mindre, og vil kun sjældent gå i leje som følge af et angreb.

I gennemsnit af 4 forsøg havde Sleipner et angreb på 30%, mens Kraka på de samme lokaliteter havde et angreb på 44% (Schulz, 1991).

Det skønnes, at der er gode potentielle muligheder for at forbedre resistensen ved at anvende nye resistensgener hentet fra *Aegilops ventricosa*. Denne resistens er indtil dato ikke udnyttet i danske sorter (Hjortsholm, 1990).

Sammenhængen mellem forfrugt og angrebsrisiko er velkendt. Især sædskiftet med megen vintersæd øger risikoen for angreb (Schulz et al., 1990). Information om sædskiftet er indbygget i vejledningsmodeller som er til rådighed for landbrugeren (Jørgensen og Schulz, 1991).

Jordbearbejdningens indflydelse på angrebet er ikke entydig. I nogle undersøgelser findes pløjning at mindske angreb (Herrman og Wiese, 1985), mens andre ikke finder, at jordbearbejdning har nogen effekt (Rasmussen, 1988).

Hvor ærter og raps var forfrugt, viste reduceret jordbearbejdning sig at medføre en sikker reduktion på forårsangrebet sammenlignet med en pløjning (Schaumann et al., 1991). Dette forhold er ligeledes medtaget i vejledningsmodellen for knækkefodsyge.

Adskillige forsøg har vist, at jo senere man sår, jo mindre bliver angrebet af knækkefodsyge (Schulz, 1970; Olsen, 1984a; Schaumann et al., 1991). Ved at opdele såtidspunktet i 3 perioder er der fundet signifikante forskelle mellem disse 3 perioder, hvilket ligeledes indgår i vejledningsmodellen.

Jo tættere afgrøden er, desto større er risikoen for angreb (Pedersen og Jørgensen, 1960; Rasmussen, 1963). Den højere angrebsgrad skyldes hovedsageligt, at mikroklimaet i en tæt afgrøde er gunstig for svampen (Bruehl et al., 1968). Store ukrudtsmængder er på

lignende vis fundet at øge angrebet, hvilket indikerer, at der er tale om en effekt, som skyldes et ændret mikroklima (Cunningham, 1975).

Der hersker nogen uenighed om, hvorvidt stigende kvælstofmængder er medvirkende til en forøgelse af knækkefodsygeangrebet. Forøget angreb er blandt andet fundet af Pedersen og Jørgensen (1960), Stetter (1971), Schulz (1970) og Jordan et al. (1988). At denne sammenhæng ikke findes i andre undersøgelser skyldes muligvis, at der i disse er anvendt forholdsvis lave kvælstofmængder.

Tidspunktet for tildeling af kvælstof har betydning for angrebsgraden. Pedersen og Jørgensen (1960) angiver således, at angrebsgraden som gennemsnit af to år blev sænket fra 47% til 32% ved at udsætte kvælstoftildelingen fra 21/4 til 10/5. Engelske forsøg har tilsvarende vist at angreb kan reduceres fra 56% til 40% ved at udsætte udbringningen fra 14. marts til 14. april. Ved at udbringe gødningen ad 2 gange var det muligt at reducere angrebet yderligere (Jordan et al., 1988).

Fugtigt og køligt vejr om efteråret, milde vintre samt et koldt og fugtigt forår begünstiger svampens smittemuligheder og vækst. Under danske forhold regnes efterårssmitte for at have størst betydning for forårsangrebet. Tørt og varmt vejr i april, maj og juni hæmmer etablerede angreb, så de ofte ikke formår at følge med plantens vækst (Fitt og White, 1988).

I Tyskland er udviklet en kombineret varslingsmodel, der tager hensyn til både klima og kulturtekniske forhold (Siebrasse og Fehrman, 1987). Modellen har vist lovende resultater m.h.t. forudsigelse af bekæmpelsesbehovet. På klimasiden bruges dels en model for infektionsbetingelser, dels en model, der tager højde for myceliets vækstmuligheder i planten. En forudsætning for

anvendelse af modellen er, at der i hver enkelt mark opstilles en klimastation.

3.12.8 Goldfodsyge

Goldfodsyge (*Gaeumannomyces graminis*) er ligesom knækkefodsygen en sædskiftebetinget sygdom, som er kendt for at kunne medføre store udbyttetab. I gennemsnit af 330 forsøg, som havde mindre end 10% af rodnettet angrebet af goldfodsyge, blev der høstet 59,7 hkg/ha, mens der i gennemsnit af 58 forsøg med mere end 20% angrebet rodnet blev høstet signifikant mindre, 48,9 hkg/ha (Bødker et al., 1990).

Sygdommen er jordbåren og hæmmer samt ødelægger rodudviklingen, så planterne ofte kommer til at lide af vandmangel. Da sygdommen ikke kan bekæmpes kemisk, kan den alene holdes nede ved at tage hensyn til dyrkningstekniske forhold, der minimerer angrebsgraden, jf. afsnit 3.5.1.

Angreb af goldfodsyge er normalt kraftigst på sandede jorder (Pedersen og Jørgensen, 1960; Rasmussen og Olsen, 1983). Denne sammenhæng skyldes, at svampen trives bedst i løst lejrede jorde, hvorimod væksten standses i kompakte og fugtige jorde (Glenn et al., 1987).

Resistens over for goldfodsyge er ikke kendt. Visse sorter har vist evne til at modstå kolonisation af ledningsvævet, men det har ikke været muligt at inddrage denne egenskab i forædlingsarbejdet (Penrose, 1987). Forskellige sorters varierende evne til at genetablere rødder anses også at være en betydningsfuld faktor.

De mindste angreb fås, hvor man har et sundt sædskifte indeholdende bredbladede afgrøder eller havre og silomajs (Steinbrenner og Höflich, 1984). En bearbejdelse af 221 danske forsøg viste tydeligt, at de højeste angrebsgrader forekom i sædskifter med

meget korn, især hvede eller byg. I sædskifter, hvor ærter, raps, frøgræs og andre specialafgrøder indgik som forfrugt, var der signifikant lavere angreb, end hvor hvede og byg indgik som forfrugt (Bødker et al., 1990).

Anvendelse af efterafgrøder som gul sennep viste sig i gennemsnit af 54 danske forsøg ikke at have nogen reducerende effekt på angrebsniveauet (Rasmussen og Olsen, 1983).

Hvis man dyrker hvede i en jord, hvor der i flere år ikke har været dyrket korn, og fortsætter i flere år med hvede, vil angrebet af goldfodsyge de første år være meget begrænset, mens det vil stige i de følgende år. Talrige erfaringer viser (Walker, 1975), at efter 3-4 eller flere års ensidig dyrkning vil der ske en mærkbar nedgang i smitstofmængden (decline). Årsagen hertil er ukendt. Nedgangen kan skyldes opformering af antagonistiske mikroorganismer, der producerer kemiske forbindelser, som hæmmer væksten af svampen (Walker, 1975). 60% af 500 undersøgte jordbårne bakterier og svampe viste antagonisme mod goldfodsygen (Zogg og Jäggi, 1974).

Mange forsøg har tydeligt vist, at goldfodsygeangrebet mindskes ved en udsættelse af såtidspunktet (Schulz, 1970; Olsen, 1984a; Steinbrenner og Höflich, 1984). Hvis der er risiko for angreb af goldfodsyge, kan det derfor være hensigtsmæssigt at udsætte såtidspunktet. Denne foranstaltning skal dog afvejes mod det generelt faldende udbytte ved sen såning.

Resultaterne vedrørende gødningens indflydelse på goldfodsygeangreb er modstridende. Nogle forfattere angiver at gødning øger angrebet (Butler, 1961; Stetter, 1971). Andre hævder, at angreb mindskes ved øget kvælstoftilførsel (Garret, 1948; Olesen et al., 1967). Virkningen på goldfodsyge er i mange forsøg signifikant, hvad enten der er

tale om forøgelse eller formindskelse. De divergerende resultater skyldes formentlig, at der er tale om et kompleks af vekselvirkninger som følge af samspil mellem biotiske og abiotiske faktorer. Gødskningen påvirker patogenets virulens, udbredelse og overlevelse, jordens mikroflora og planternes modstandsdygtighed. Disse faktorer er igen under stærk påvirkning af nedbørsmængden, jordtypen, tidspunkt for gødningstilførsel m.v.

Langt de fleste undersøgelser viser, at goldfodsygen er mindst udbredt ved tilførsel af $\text{NH}_4^+\text{-N}$ fremfor $\text{NO}_3\text{-N}$. Denne tendens er dog mest udbredt ved de lave angrebsgrader (Steinbrenner og Höflich, 1984). De to gødningstyper påvirker pH i hver sin retning. Ammoniumkvælstof sænker pH, og dette virker negativt på goldfodsygen, mens nitratkvælstof hæver pH, hvilket giver svampen gunstigere forhold (Smiley og Cook, 1971, 1973).

Goldfodsygen overlever bedst den saprofytiske fase ved højt kvælstofniveau, dog kan svampen hæmmes af staldgødning, antagelig på grund af dennes indhold af antagonistiske og konkurrerende mikroorganismer.

De største angreb findes i forbindelse med klimaforhold, hvor efteråret har været varmt og fugtigt, vinteren mild og regnfuld, ligesom en fugtig sommer efterfulgt af en tør juni og juli giver de kraftigste angreb.

3.12.9 Andre sygdomme

Ud over de her nævnte sygdomme findes der en række andre skadegørere, der i visse vækstsæsoner spiller en vis rolle. Det drejer sig om brunrust (*Puccinia recondita*), skarp øjeplet (*Corticium solani*) og forskellige Fusarium-svampe, der kan angribe både stængelbasis og aks. Disse svampe vil på grund af deres forholdsvis ringe betydning ikke blive omtalt nærmere her.

Rådsvampe også kaldet saprofytiske svampe optræder ofte sammen med Septoria sidst i fugtige vækstsæsoner. Til denne gruppe hører svampe som *Cladosporium* spp., *Alternaria*, *Ascochyta* m.fl. Rådsvampe kan, selvom de ofte ikke giver synlige symptomer, indvirke på plantens fysiologiske processer og have en ikke ubetydelig udbyttereducerende effekt (Smedegaard-Petersen og Stølen, 1981).

I fungicidforsøg er der i mange tilfælde høstet et signifikant merudbytte efter anvendelse af fungicider, selvom der ikke er konstateret synlige angreb. Dette tilskrives, at midlerne har effekt på rådsvampene, hvilket er påvist for flere middelgruppens vedkommende. I vårbyg er dette påvist specifikt (Tolstrup og Smedegaard-Petersen, 1983). Lignende forhold forventes at gælde for vinterhvede.

I PC-Planteværns Septoria-model indgår risikoen for udbytteskade fra andre fugtighedselskende svampe. Modellen bygger i stor udstrækning på data fra fungicidforsøg, hvor de høstede merudbytter i nogen udstrækning dækker tab som følge af tilstedeværelse af saprofytiske svampe.

Bladlus kan overføre virussygdommen, havrerødsot, til hvede. Havrerødsot medfører dværgvækst, og bladene rød- eller gulfarves. Aksene bliver smalle med dårlig fyldning af kerner. I Danmark er kraftige angreb sjældne, men efter meget milde vintre kan angreb forekomme. Virus er da overført til hveden om efteråret eller i det tidlige forår. Risikoen for havrerødsot kan mindskes ved sen såning og nedpløjning af spildplanter. I England bekæmpes bladlus i visse egne og enkelte år allerede om efteråret for at undgå spredning af virus (Morgan et al., 1988).

3.13 Vanding

Vanding gennemføres på lette jorde for at sikre en optimal vandforsyning. I tilfælde af vandmangel vil planternes stomata lukke og fotosyntesen ophøre. Der er omtrent proportionalitet mellem stomatas åbningsgrad og mængden af transpireret vand. Der fås derfor ofte en tilsvarende proportionalitet mellem vandforbrug og planteproduktion og dermed udbytte (Aslyng, 1978; Hanks og Hill, 1980; Singh et al., 1987).

Der var i løbet af 1970'erne en kraftig stigning i antallet af vandingsanlæg. I 1989 kunne 15,3% af det dyrkede areal vandes (Danmarks Statistik, 1990). Vandingen er hovedsageligt koncentreret på de sandede jorde i det vestlige Jylland. De største areal-andele med vanding findes i Ribe og Ringkøbing amter med henholdsvis 46,6% og 39,9%.

3.13.1 Planters vandforsyning og vandforbrug

En afgrødes naturlige vandforsyning er bestemt af nedbørmængde, fordampningshastighed, mængde af plantetilgængeligt vand i jorden samt transportforhold for vand i jord og plante.

Vandets bevægelse i jord og planter kan beskrives ved vandpotentialer, modstande og kapaciteter i de forskellige dele af jord-plante-atmosfæresystemet (Kramer, 1983). Det grundlæggende princip er her, at vandbevægelsen foregår fra områder med højere til områder med lavere vandpotentiale. Vandpotentialet består af en række delpotentialer, hvoraf især matrixpotentialet har betydning i jorden, og turgorpotentiale og osmotisk potentiale er af betydning i planten.

Vandpotentialets variation med jordvandindholdet beskrives ved retentionskurver. Her angives vandpotentialet ofte ved pF-værdier. Høje pF-værdier svarer til lave vandpotentialer. Der er betydelig forskel på retentionskurvernes form på sand- og lerjorde (Hansen, 1976). I sandjordene er hovedparten af vandet svagt bundet, mens vandet i lerjorde er stærkere bundet. Retentionskurven er ikke konstant for en given jord, men varierer afhængig af hysteres, jordbearbejdning m.m. (Hansen, 1983). Der er endvidere en rumlig variation i jordens vandretention (Hansen et al., 1986).

Jordens plantetilgængelige vandmængde angives ofte som forskellen i vandindhold ved markkapacitet og ved visnegrænsen. Markkapaciteten opnås i pløjelaget og på lerjord ved en pF-værdi på ca. 2,0 (Hansen, 1976), mens en pF-værdi på ca. 1,7 kan anvendes for grovsandede underjorde (Madsen, 1983). Visnegrænsen antages at svare til en pF-værdi på 4,2. Visnegrænsen afhænger dog af de osmotiske egenskaber ved planten og af fordampningshastigheden. Da jordens vandindhold oftest kun ændrer sig lidt ved ændringer i vandpotentiale omkring visnegrænsen, er dette dog kun af mindre betydning (Kramer, 1983).

Jordens plantetilgængelige vandmængde afhænger endvidere af roddebyde og rodtæthed. Modstanden mod vandtransporten i jorden frem til roden afhænger af rodtæthed og hydraulisk ledningsevne (Hansen et al., 1990d).

Til karakterisering af roddebyde benyttes ofte begrebet effektiv roddebyde, der er den jorddebyde, hvortil rodtætheden er tilstrækkelig stor til, at planterne kan udnytte 80-90% af det tilgængelige vand (Aslyng, 1978). Forskelle i effektiv roddebyde er hovedårsagen til forskelle i plantetilgængelig vandmængde i rodzonen mellem sand- og lerjorde (Aslyng og Hansen, 1982).

Planternes vandkapacitet beskrives ved trykvolumen kurver, der giver sammenhængen mellem plantens relative vandindhold og vandpotentialet i planterne (Andersen et al., 1991). På lerjord med en høj rodintensitet fandt Hansen (1974), at modstanden mod vandtransport var større i planten end i jorden undtagen ved meget lave vandpotentiale. Det er imidlertid uafklaret, om dette også gælder på sandjord (Andersen, 1985).

Plantens vandfordampning og modstanden mod vandtransport bevirker, at plantens relative vandindhold varierer i løbet af dagen. Dette giver ændringer i bladvandpotentiale, som er en af hovedfaktorerne til regulering af stomatas åbningsgrad. Denne feedback mekanisme kan beskrives modelmæssigt (Katerji et al., 1986).

Afgrødernes vandfordampning er bestemt af energi-, turbulens, vanddampgradient- og afgrødemæssige forhold. Der skelnes ofte mellem potentiel fordampning og aktuel fordampning. Potentiell fordampning er defineret som fordampningen fra en kort, tæt, homogen, grøn og voksende afgrøde, som dækker et betydeligt areal, og er velforsynet med vand. Den potentielle fordampning kan beregnes fra meteorologiske data (Mikkelsen og Olesen, 1991). Aktuel fordampning er bestemt af den faktiske afgrødestruktur, jordbundsforhold og vandforsyning. Aktuel fordampning kan måles ved en række forskellige metoder, eller beregnes med en vandbalancemodell.

3.13.2 Planternes reaktion på vandmangel

Der vides kun meget lidt om, hvordan ændringer i plantefysiologiske processer udløses af tørkestress (Andersen, 1985; Kramer, 1988). Ændringerne kan være udløst direkte af udtørring, eller indirekte af andre fysiologiske forstyrrelser betinget af tørkestress. Det er ofte svært at skelne årsag fra virkning.

Celle væksten er meget følsom for fald i plantens turgorpotentiale. Reduceret væksthastighed er derfor det første tegn på tørkestress i afgrøder. Den reducerede vækst skyldes hovedsageligt mindsket strækningsvækst. Planterne kan gennem osmotisk tilpasning ændre turgorpotentialet og dermed effekten af tørke på væksthastigheden. Reduceret væksthastighed i den vegetative fase vil reducere bladareal og dermed lysoptagelsen og bruttoproduktion. Denne effekt kan i princippet opstå, selvom der ikke sker lukning af stomata med deraf følgende reduktion af fotosyntesen.

Ved osmotisk tilpasning sker der en akkumulering af osmotisk aktive stoffer i planteceller som følge af tørkestress. Den osmotiske tilpasning sænker det osmotiske potentiale ud over, hvad mindsket relativt vandindhold betinger (Andersen, 1985). Såvel organiske stoffer som uorganiske ioner, bl.a. kalium, indgår i denne osmotiske regulering. Der er formentlig tale om aktive og energi-krævende processer.

Plantehormoner spiller formentlig også en rolle for planternes reaktion på tørkestress. Der er således i en række undersøgelser fundet en akkumulering af abscisinsyre (ABA) i blade under udtørring (Andersen, 1985). ABA har en række styrende funktioner i planten, bl.a. vedr. stomatas lukning og fordeling af assimilater.

Nyere undersøgelser påviser, at der kan ske ændringer i fysiologiske processer i skuddet ved udtørring af jorden, før der optræder ændringer i skuddets vandstatus. Dette skyldes formentlig hormonale signaler fra roden, som udløses af udtørringen eller af stor modstand mod rodvækst i jorden (Kramer, 1988). Det er dog endnu uklart, hvilken rolle disse rodsignaler spiller under markforhold (Ludlow et al., 1990).

Planternes væv eller organer er mest følsomme for tørkestress i deres aktive udviklingsfaser.

Under den vegetative vækst er det således bladareal og sideskudsdannelsen, der påvirkes.

Der kan i vinterhvede i mindre grad ske dannelse af nye sideskud efter en tørkeperiode. Dette vil resultere i uens modning af afgrøden. Under strækningsvæksten påvirkes antallet af kerner/aks, og i kernefyldningsperioden påvirkes indlejringen af kernetørstof.

Eksisterende metoder til karakterisering af planters vandstatus og tørkestress omfatter måling af vandpotentialer, relativt vandindhold, relativ transpiration og jordvandindhold (Kramer, 1988). Disse metoder er dog ikke i stand til at beskrive planternes fysiologiske respons på tørkestress under alle forhold, ligesom planterne synes at kunne ændre respons (Sinclair og Ludlow, 1985).

Effekten af tørke på planternes vækstprocesser skyldes ikke alene direkte fysiologiske ændringer, men kan også skyldes, at plantetemperaturen stiger, når tørkestress indtræder, og den aktuelle fordampning mindskes. Mogensen (1985) fandt således en hurtigere kernefyldning i tørkestresset vårhvede. Dette tillægges delvis hurtigere vækstprocesser ved højere plantetemperatur.

3.13.3 Forsøg med vanding

De fleste forsøg med vanding og tørkestress i hvede er udført med vårhvede (f.eks. Mogensen, 1985; Mogensen et al., 1985; Singh et al., 1987). Resultaterne viser generelt, at tørke før skridning giver den største udbyttenedgang. Der dannes imidlertid sene sideskud, som kan kompensere for dette. Betragtes udbyttet af både almindelige og sene sideskud, fås den største udbyttenedgang ved tørke omkring skridning og blomstring. På grund af vinterhvedens tidlige vegetative vækst er det dog ikke

nødvendigt de samme forhold, der gør sig gældende i vinterhvede.

Effekten af vanding på vækst og produktion af vinterhvede er undersøgt i to vandingsforsøg på Jydevad forsøgsstation (Gegersen og Hejlesen, 1985; Hejlesen, 1989; Hejlesen, 1990). I forsøgene indgik også kvælstofmængde og strategier til deling af kvælstoftilførslen. Dette omtales i afsnit 4.4.1.

Vandingsforsøgene i 1981-84 gav store merudbytter for vanding i 1982 og 83, mens der i 1981 og 84 høstes mindre kerne i vandet end i uvandet (Gegersen og Hejlesen, 1985). I alle år var der merudbytte i halm. Merudbyttet i kerne optrådte i de år, hvor der var et nedbørunderskud i juni måned, hvor aksdannelse og kernesætning foregår. Det negative merudbytte for vanding i to af årene kan hænge sammen med, at vandingsbehovet i disse år optrådte tidligt i vækstperioden før keredannelse.

I 1985-89 gennemførtes et forsøg til belysning af tørkefølsomheden i vinterhvedens forskellige vækstfaser (Hejlesen, 1990). Kerneudbytterne ved fuld vanding og gødskning lå i dette forsøg på et højt og stabilt niveau (gns. 87 hkg/ha). Tørkestress i forskellige vækstperioder blev i forsøget påført gennem anvendelse af mobile overdækninger, som hindrer naturlig nedbør i parcellerne. En oversigt over resultaterne er vist i tabel 3.35.

Kerneudbyttet er mest følsomt for tørke i aksdannelses- og kernefyldningsperioderne, mens halmudbyttet påvirkes mest af tørke under buskning og strækningsvækst. Tørke i aksdannelsesperioden giver et mindre kerneantal og dermed en højere tusindkornsvægt, mens tørke under kerneindlejringen giver mindre kerner.

Tabel 3.35 Udbytter (hkg/ha) og tusindkornsvægt (g) i vinterhvede ved overdækning (ingen nedbør) i forskellige vækstfaser (Zadoks). Gennemsnit for 1985-89 angivet som procent af det fuldt vandede led (efter Hejlesen, 1990).

Overdækket i stadium	Kerne udbytte	Halm udbytte	Tusind-kornsvægt
20 - 37	97	95	100
37 - 71	94	91	109
71 - 85	93	99	93
85 - 92	99	107	102

De viste tørkefølsomheder i forskellige vækstfaser i tabel 3.35 varierede noget fra år til år afhængig af fordampningsstrykket i de enkelte vækstfaser og år. Der blev således i 1988 fundet en væsentlig reduktion i kerneudbytte ved overdækning i den vegetative periode. Dette tillægges en stor fordampning i maj 1988 (Hejlesen, 1990).

3.13.4 Vandingsbehov

Gregersen og Knudsen (1980) har for forskellige afgrøder opgjort det normale vandingsbehov på forskellige jordtyper og forskellige egne af landet. Opgørelsen omfatter dog ikke vintersæd. Aslyng og Hansen (1982) fandt for en grovsandet jord ved Karup, at det gennemsnitlige vandingsbehov i vinterhvede er 122 mm mod 112 mm i vårbyg. Vandingsbehovet i vårbyg er imidlertid ca. 30 mm større end angivet for vårsæd af Gregersen og Knudsen (1982). Det gennemsnitlige vandingsbehov for vårsæd varierer ifølge Gregersen og Knudsen (1982) ca. 20 mm mellem landsdele for samme jordtype. Der er dog betydelige årsforskelle i vandingsbehov. I årene 1981-89 har vandingsbehovet i vinterhvede varieret fra 0 til 220 mm ved Jydevad forsøgsstation (Hansen og Hejlesen, 1991).

3.13.5 Markvanding

En oversigt over eksisterende markvandings-systemer er givet af Mogensen (1990). Den almindeligste vandingsmetode i Danmark er anvendelse af vandingsmaskiner med påmonterede sprinklere. Ved sprinklervanding forekommer et vandtab, dels som følge af fordampning fra vandstrålen og vanddråberne, dels ved vinddrift, hvorved dråberne føres væk fra det areal, der ønskes vandet. Fordampningstabet skønnes under danske forhold at være under 2% af sprederydelsen (Mogensen, 1990). Det totale vandtab ved sprinklervanding skønnes at ligge mellem 1 og 30% afhængig af vejrforhold og spredertype. Der knytter sig dog nogen usikkerhed til den effekt, som ujævn fordeling af vandingsvandet har (Letey, 1985).

Forud for etablering af vandingsanlæg kræves en tilladelse til vandindvinding og etablering af et markvandingsystem. Ved udstedelse af tilladelse tages hensyn til grundvandressource, afstand til forureningskilder m.v. Vandindvindingstilladelsen gives normalt for en periode på 10 år. I det vestlige Jylland, hvor behovet for markvanding er størst, er der også de største grundvandsforekomster og de gunstigste forhold for vandindvinding (Aslyng, 1978).

Der findes flere metoder til styring af markvandingen (Jørgensen, 1985). Mest almindeligt er anvendelse af et vandbalance- eller

vandingsregnskab, hvor forskellen mellem fordampning og tilført vandmængde (nedbør eller vanding) opgøres. En anden metode er anvendelse af tensiometre til måling af jordens vandindhold. Begge metoder forudsætter dog kendskab til jordens rodzonekapacitet og afgrødens tørkefølsomhed. Landskontoret for Planteavl (1989) angiver forskellige tørkefølsomheder i forskellige vækstfaser for vinterhvede. Tilsvarende tørkefølsomheder anvendes i et nyt edb-baseret system til vandingsstyring (Plauborg og Olesen, 1991). Dette system omtales i afsnit 6.3.4.

3.14 Nyttedyr

Faunaen både over og i jorden kan formentlig have stor betydning for stofomsætningen i agroøkosystemet. Her behandles kun regnorme og naturlige fjender af bladlus. Andre organismer bl.a. mikroorganismer i jorden spiller dog formentlig en lige så stor rolle.

3.14.1 Naturlige fjender af bladlus i hvede

I hvede såvel som andre kornarter er bladlus det dominerende skadedyr. Deres store opformeringssevne er hovedsagen til dette, hvilket ofte fører til brugen af insekticider til bekæmpelse. De organismer, som naturligt regulerer bladlusbestandene, er imidlertid mangeartede. Det drejer sig om flere hundrede arter inden for rovlevende insekter, edderkopper, parasitiske snyltehvepse og insektpatogene svampe.

Mariehøns er nok de mest velkendte bladlusfjender, hvoraf den syvplettede mariehøne er almindeligst herhjemme. Både den voksne mariehøne og larven lever udelukkende af bladlus. Der er i store dele af verdenen lagt en del arbejde i at belyse og fremme mariehønsens rolle som bladlusprædator i forskellige afgrøder. I Europa har succesen imid-

lertid været begrænset, hvilket skyldes den dårlige synkronisering af dyrenes fænologi. Mariehønsene har således deres populationsmaksimum så sent på sæsonen, at de ikke kan nå at holde bladlusene i korn nede på et ikke skadeligt niveau.

Arter af guldøjer lever ligeledes af bladlus. Det er larver af guldøjer og mariehøns, som har fået betegnelsen "bladlusløver". På grund af den samme dårlige synkronisering som mariehønen har man flere forskellige steder i verden forsøgt at opformere og udsætte guldøjelarver på friland. Ved massiv udsætning har forsøg til tider vist en gunstig virkning over for bladlus, men det har fortrinsvis været i afgrøder som vin eller jordbær. Udsætning af guldøjer i kornafgrøder er ikke aktuelt p.g.a. det omkostningsfulde opdræt.

For svirreflueres vedkommende er det kun larverne, som ernærer sig ved bladlus. De voksne individer lever derimod af pollen og nektar fra forskellige tokimbladede urter. For at trække svirrefluerne til marken må der derfor være blomstrende urter i eller nær marken. De gravide hunner opsøger bladluskolonier på kornplanterne, hvor de lægger deres æg, så larverne er forsynet med føde, når æggene klækkes. I de senere år er der foretaget undersøgelser i England, hvor betydningen af usprøjtede randzoners vilde blomsterflora for nogle svirrefluearters forekomst er belyst. Såvel engelske (Cowgill, 1989) som tyske (Tenhumberg og Poehling, 1991) undersøgelser peger på arter af svirrefluer som en betydelig regulerende faktor af bladluspopulationer i korn.

Over hundrede arter af løbebiller, rovbiller og edderkopper lever hele eller dele af deres liv i det dyrkede land. Oftest er det dog nogle enkelte arter inden for hver gruppe, som dominerer. Fælles for disse dyr er, at de er polyfage d.v.s. deres fødevalg er stort, og strækker sig fra kannibalisme over et bredt udvalg af leddyr, deres egne æg og larver

samt for nogle arters vedkommende plante-dele og fytofage svampe. En stor del af disse polyfage prædatorer æder også bladlus, og det er påvist, at selv ved lave bladlustætheder i kornmarker er disse prædatorer i stand til at finde og æde lusene i etableringsfasen om foråret (Sunderland og Vickerman, 1980).

Det er særligt de polyfage prædatorer, som i stor udstrækning overvintrer som voksne i hegnes bundvegetation, markkanter og markskel, som tillægges betydning i den forbindelse, idet de allerede i det tidlige forår vandrer/flyver ind i marken. De er således til stede før indvandringen og opformeringen af bladlusene. I England, Sverige og Finland er der påvist en negativ sammenhæng mellem netop disse polyfage prædatorer og bladluspopulationernes maksimum i hvede, vårbyg og havre (Edwards et al., 1979; Ekbohm og Wikteliuss, 1985; Chiverton, 1986; Helenius, 1990). Tilstedeværelsen af en bundvegetation i form af ukrudt eller en underafgrøde synes at fremme forekomsten af nogle billearter, og hæmme andre (Powell et al., 1985). Etablering af et græsbælte i en kornmark har medført høje overvintringstætheder og øget forekomst af polyfage prædatorer samt højere prædation af udlagt føde i marken omkring bæltestet (Riedel, 1991).

Snyltehvepse er endoparasitiske, og lægger således æg i deres værtsdyr. Nogle arter af snyltehvepse lægger æg i de bladlusarter, som dominerer i korn. Som hos mariehøns og gulddøjer er tidspunktet for tilstedeværelsen af snyltehvepse ofte så sent, at de ikke kan hindre væksten af bladluspopulationen effektivt. Desuden dør bladlusen ikke med det samme, når der bliver parasiteret, men først adskillige dage senere når snyltehvepsens larve er ved at være færdigudviklet. I den mellemliggende tid kan bladlusen fortsat skade kornet.

En af vores mest almindelige tægearter (almindelig næbtæge) lever af at udsuge bladlus, og den er hyppigt forekommende i kornmarker. Sammen med mariehøns og mange polyfage prædatorarter overvintrer alm. næbtæge i levende hegn og græskanter.

Bladluspatogener tillægges også betydning i den naturlige regulering af bladlus i korn. Særlig interessante er nogle svampearter inden for slægterne *Entomophthora* og *Verticillium*. De er bladlusspecifikke og skåner således nyttedyrfaunaen. Oftest ses angreb af bladluspatogene svampe sent på vækstsæsonen.

Laboratorieundersøgelser af pesticiders effekt på nyttedyr viser meget forskellige resultater afhængig af middel og arten af nyttedyret, og overførsel af resultaterne til marken er vanskelig. En europæisk arbejdsgruppe udvikler testmetoder til undersøgelse af pesticiders effekt på nyttedyr, og adskillige midler er i dag testet. For bladlusmidler i korn adskiller pirimicarb sig ved i udstrakt grad at være bladlusspecifikt. Midlet vil derfor kun i ringe grad påvirke nyttefaunaen. Gulddøjer har ved flere lejligheder gjort sig bemærket ved at være mindre følsom over for pesticider. Det gælder både voksne og larver, og undersøgelser antyder, at de er i stand til at detoxificere deltamethrin (Bozsik, 1991).

3.14.2 Regnorme

Regnormene er en dominerende faunagruppe inden for jordbundsinvertibrater i landbrugsjord. Den største populationstæthed og artsrigdom findes normalt på muldrige lokaliteter med løvskov eller vedvarende græs (Christensen et al., 1987). Populationstætheden er generelt lavere i landbrugsjord, bl.a. som følge af forstyrrelser fra jordbearbejdning, begrænset tilførsel af organisk stof samt anvendelse af pesticider. Tabel 3.36 viser regnormepopulationens størrelse

Tabel 3.36 Fordeling af biomasse (%) på forskellige regnormearter på tre forsøgsstationer. Populationen er bestemt i maj måned (Heidmann, 1989a,b,c).

	Jydevad JB 1	Foulum JB 4	Ødum JB 6
<i>A. longa</i>	62,9	46,3	55,6
<i>A. rosa</i>	-	5,9	15,6
<i>A. caliginosa</i>	31,3	44,9	9,8
<i>A. chlorotica</i>	-	-	13,4
<i>L. terrestris</i>	-	2,9	2,9
<i>A. tuberculata</i>	5,8	-	2,7
Total biomasse (g tørvægt/m ²)	2,0	3,8	6,2

og sammensætning ved tre af statens forsøgsstationer. Artssammensætningen ses at variere noget mellem lokaliteterne. *A. longa* (lang orm) og *A. caliginosa* (grå orm) er dog de dominerende arter. Populationsstørrelsen synes at stige med stigende lerindhold i jorden, hvilket også er fundet i andre undersøgelser (Christensen et al., 1987). Ved Foulum blev der dog fundet en stor variation betinget af forforfrugten (Heidmann, 1989a). Det er således sandsynligt, at såvel jordtype som dyrkningshistorie spiller en rolle for værdierne i tabel 3.36.

Regnormens levevis varierer en del mellem arterne (Lee, 1985). *A. longa* er således eksempel på en dybtgående art, mens *A. caliginosa* er mere overfladisk levende. Levevisen vil dog også afhænge af alderstrinnet, idet juvenile *A. longa* søger føden i pløjelaget, mens kønsmodne individer går dybere. Tilsvarende forskelle findes også for de øvrige arter. Effekten af forskellig jordbearbejdning og gødskning på forekomsten af regnorme er undersøgt af Andersen (1987c). Skånsom jordbearbejdning og tilførsel af organisk stof enten i form af husdyrgødning eller som planterester har generelt en gunstig virkning på regnormebestanden. De forskellige arter påvirkes dog forskelligt af dyrkningsmetoderne.

Regnormene har både en fysisk og en kemisk effekt på jorden (Lee, 1985). Til de fysiske effekter hører:

- Ændring af jordens teksturprofil gennem vertikal transport af ler og silt.
- Ændring af jordens porøsitet, luftskifte og afdræningsforhold gennem dannelse af regnormegange.
- Ændring af jordstrukturen gennem dannelse af stabile jordaggregater ved regnormens produktion af ekskrementer, hvilket bl.a. har positiv effekt på jordens plantetilgængelige vandmængde og på jordens eroderbarhed.

Regnormene påvirker især jordens kemiske sammensætning og fordelingen af næringsstoffer gennem opblanding af organisk stof og uorganisk materiale i jorden.

Regnorme synes uden problemer at kunne gennemtrænge selv meget tætpakket jord (Joschko et al., 1989). Regnorme kan derfor spille en væsentlig rolle for forbedring af jordstrukturen, f.eks. udbedring af jordstrukturen efter dannelse af pløjesål.

Regnormenes påvirkning af de jordfysiske forhold er formentlig hovedårsagen til en eventuelt positiv effekt af regnorme på planteproduktionen. Der er således især

konstateret øget udbytte ved introduktion af regnorme på jord med dårlig jordstruktur. På dansk landbrugsjord må forekomsten af regnorme formodes ikke at have den store indflydelse på udbyttets størrelse, dels fordi populationen ofte er lav som følge af manglende føde, dels fordi de fleste af regnormenes gunstige effekter tilvejebringes via jordbearbejdning, gødskning, dræning og vanding.

3.15 Tab af kvælstof

Hansen et al. (1990b) har givet en oversigt over kvælstofomsætningen i jorden og de relaterede tabsposter. Afsnit 3.15.2 og 3.15.3 er overvejende et kort sammendrag af fremstillingen med vægt på vinterhvede.

3.15.1 Kvælstofudvaskning

Forfrugten har betydelig indflydelse på den mængde organisk bundet kvælstof, der kan mineraliseres i efterårsmånederne, og som derfor kan udvaskes i efterårs- og vintermånederne, hvor overskudsnedbør forekommer. I etableringsåret begrænser hvedens muligheder for kvælstofoptagelse sig til 10-20 kg N/ha (Andersen et al., 1986). Mængden afhænger meget af den producerede plantemasse, og kan variere betydeligt fra år til år.

Foreløbige resultater fra et igangværende forskningsprogram om Grønne Marker viser, at optagelseevnen afhænger af de klimatiske forhold, såtid og formentligt udsædsmængde, samt forfrugter.

I et forsøg på lerjord ved Rønhave var der efter første såtid (7/9-89) i november optaget 35 kg N/ha. Efter anden såtid (28/9-89) 8 kg N/ha og ved såning efter sukkerroer den 18/10-89 kun 5 kg N/ha. Der opsamledes størst mængde kvælstof, hvor ærter var forfrugt og mindst efter vårbyg. På sandjord

ved Jyndevad blev efter første såtid opsamlet 15-35 kg N/ha, mest efter raps og mindst efter vårbyg. Efter anden såtid var optagelsen kun 5 kg N/ha.

I milde vintre, som i 1989/90, kan optagelsen også foregå i vintermånederne. Der kan i disse tilfælde optages 10-20 kg/ha total N yderligere, afhængig af forfrugt.

Mængden af udvasket $\text{NO}_3\text{-N}$ afhænger af afstrømningen. På trods af det tørre efterår 1989, blev der på Rønhave i januar, februar og marts 1990 udvasket 10 gange mere $\text{NO}_3\text{-N}$ efter sukkerroer end efter ærter, i gennemsnit henholdsvis 29 og 3 kg N/ha. Dette var en direkte følge af forskelle i vinterhvedens vækst og udvikling og dermed mulighed for kvælstofoptagelse. Både ærtehalv og sukkerroetop blev nedpløjet før såning af vinterhvede. Dette bevirker formentlig forskelle i mængden af mineraliseret kvælstof (Olsen, 1990b). I lysimeterforsøg på Askov (JB 1) er registreret ca. 50% større udvaskning efter ærter end efter vårbyg. Udvasningen reduceres med 10-16% hvor der sås vintersædsafgrøder end hvor jorden er ubevokset. Udvasningen efter vårbyg var ca. 40 kg N/ha (Kjellerup, 1991).

Andre undersøgelser udført på Rønhave viser tilsvarende, at vinterhvede optager en større mængde kvælstof efter ærter end efter raps og havre. Vinterhvede optager mindre mængder af kvælstof i efterårs- og forårsmånederne end vinterrug og vinterbyg som følge af en langsommere vækst i denne periode.

Kvælstofudvaskningen efter hvede i monokultur angives af Klausen (1987) til 35-40 kg N/ha/år på lerjord. Hansen et al. (1990b) anfører, at byg i monokultur giver tab af tilsvarende størrelsesorden. I modsætning hertil vil græs som efterafgrøde halvere kvælstofudvaskningen efter byg. Tilsvarende antages at være tilfældet, hvis græs udsås efter vinterhvede.

3.15.2 Ammoniakfordampning

Der kan i forbindelse med udbringning af husdyrgødning ske et tab af kvælstof ved ammoniakfordampning. Tabets størrelse afhænger bl.a. af vejrforhold og henliggetid inden nedbringning i jorden. Hvis gylle udbringes på en voksende plantebestand kan tabet nedsættes ved at nedfælde gyllen eller anbringe den i bunden af afgrøden.

3.15.3 Denitrifikation

Denitrifikation, hvor nitrat reduceres til kvælstofoxider og frit kvælstof, er en mikrobiologisk proces, der foregår under tilstedeværelse af letomsætteligt organisk stof, nitrat og under iltfattige betingelser. Ofte vil iltpotentialet være bestemmende for denitrifikationen, hvilket i landbrugsjorder betyder, at denne form for kvælstoftab er afhængig af jordens tekstur, struktur og vandindhold (Hansen et al., 1990b). Tabsstørrelserne er meget usikre, og varierer fra 0 til 60 kg N/ha/år.

3.15.4 Kvælstoftab fra planten

I en oversigtsartikel gennemgår Wetselaar og Farquhar (1980) forskellige tabsposter og deres betydning, idet mængden af kvælstof i afgrøden svinder fra blomstring til modenhed. Tab ved translokation af kvælstof til rødderne og tab fra rødderne menes at være begrænset. Smith et al. (1983) fandt i vandkultur intet tab via rødderne, idet kvælstofoptagelsen fortsatte helt frem til modenhed. Nedvisning af blade vil medføre et kvælstoftab, men af begrænset størrelse bl.a. fordi kvælstofindholdet i visne blade er lille. Ved blomstring kan der tabes ca. 15 kg N/ha i pollen, ligesom der kan ske en udvaskning af næringsstoffer fra bladene i forbindelse med nedbør, vanding og dugdannelse.

Desuden kan der tabes forskellige gasformige forbindelser, men tabene er vanskelige at fastslå, og er bl.a. afhængig af partialtrykket af ammoniak i den omgivende luft, temperatur, åbningsgrad af stomata og bladets alder.

Udveksling af ammoniak mellem bladene indre og den omgivende luft sker som følge af forskelle i partialtryk. Ammoniaktrykket i bladets indre opstår p.g.a. ubalance mellem ammoniumfrigivende og ammoniumforbrugende processer. Ammonium/ammoniak kan ophobes i bladvævet, så længe stomata er lukkede. Når stomata åbnes udjævnes partialtrykkene. Udvekslingen af ammoniak er tilsyneladende uafhængig af kuldioxidudveksling og transpiration (Schjørring, 1991). I litteraturen angives der ammoniaktab på 8 kg N/ha før blomstring og 3-7 kg N/ha efter blomstring (Schjørring, 1991). Dette afhænger dog formentlig meget af vækstforholdene i kernefyldningsperioden.

Sammenfattende konkluderer Wetselaar og Farquhar (1980), at kvælstoftabet fra planten stiger med kvælstofkoncentrationen i planten, og at en del af tabsprocessen kan foregå i hele vækstperioden.

4. Vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorer

En række af de dyrkningsfaktorer, der er omtalt i kapitel 3, vekselvirker indbyrdes. I dette kapitel behandles disse vekselvirkninger. En skematisk fremstilling af nogle af vekselvirkningerne er givet i kapitel 7. Foruden de omtalte forhold vil klima, jordtype og den sædskiftemæssige placering af vinterhveden spille en rolle for vekselvirkningerne.

4.1 Vekselvirkninger med jordbearbejdning

Jordbearbejdning påvirker især de jordfysiske forhold. Selve jordbearbejdningsprocessen kan dog have såvel direkte som indirekte betydning for de biologiske forhold i og over jorden. Følgende vekselvirkninger med jordbearbejdning omtales her:

- Ukrudt (afsnit 4.1.1).
- Svampesygdomme (afsnit 4.1.2).
- Skadedyr (afsnit 4.1.3).
- Gødskning (afsnit 4.1.4).

4.1.1 Ukrudt

Jordbearbejdning er en meget væsentlig faktor for ukrudtets udvikling i marken. Tidspunktet for og udførelsen af jordbearbejdningen virker selektivt på de enkelte ukrudtsarter.

Jordbearbejdning før såning af vinterhvede påvirker ukrudtet dels ved at ændre ukrudtsfrøenes beliggenhed i jorden, dels ved at påvirke spiringsbetingelserne. Jordbearbejdning kan således påvirke ukrudtet gennem:

- At bryde spirehvilten gennem lyspåvirkning.
- At bryde spirehvilten gennem mekanisk beskadigelse af frøskal.

- Etablere spirehvilten ved at flytte frø, der er produceret samme år, ned til dybere jordlag.
- Fremme spiringsforholdene ved at etablere en god jordstruktur, iblande luft, frigøre gasarter og evt. gennem blanding af tørre og fugtige jordlag.

Flere af de ovennævnte faktorer fremmer aerobe processer i ukrudtsfrøet gennem en øget ilttilførsel og en øget fratræksel af kuldioxid. Spiring og vækst kan derved udløses og fremmes. Tilsvarende vil mikroorganismernes aktivitet blive forøget ved jordbearbejdningen og dermed øge angrebene på frøene.

Hovedeffekten af jordbearbejdning er en forøgelse af antal fremspirede planter. Jordbearbejdning ændrer derimod generelt ikke ukrudtets periodicitet.

Det relative fremspiringstidspunkt for ukrudt og afgrøde kan påvirkes gennem jordbearbejdning. Hver gang der udføres jordbearbejdning får en del af frøbanken spiringsmuligheder, og ved at udføre såbedstilberedning og såning i en arbejdsgang sikres det, at ukrudtet ikke får et forspring i forhold til afgrøden.

Udførelse af al jordbearbejdning i forbindelse med såning i mørke medfører ifølge nye forsøgsresultater en forsinkelse af ukrudtets fremspiring (Jensen, 1991). Effekten af denne forsinkelse på ukrudtets konkurrenceevne har ikke været undersøgt, men må forventes at svare til den effekt, der opnås, når ukrudtet på anden måde forsinkes i forhold til afgrøden.

Omsætningen af ukrudtsfrø vil være størst i de øverste jordlag. I forsøg med reduceret jordbearbejdning, ses der således ofte en øget fremspiring i forhold til dyb jordbe-

arbejdning. Gennemføres ukrudtsbekæmpelsen imidlertid effektivt, vil frøpuljen til gengæld kunne udtømmes relativt hurtigt (8-10 år).

Aggregategenskaber som størrelse og hårdhed påvirker ukrudtsfrøenes spiremuligheder (Terpstra, 1986). På aggregatdannende jorde er ukrudtsfrøene overvejende inde i aggregaterne (Pareja et al., 1985). Ifølge Terpstra (1990) er flere af disse frø i spirehvile end frø uden for aggregaterne. Jordbearbejdning, der slog aggregaterne i stykker, gav øget fremspiring. En større fremspiring på sandet lerjord end på lerjord kunne ligeledes forklares med, at der på den sandede lerjord befandt sig færre ukrudtsfrø inde i aggregaterne (Terpstra, 1990).

Pløjning indarbejder ukrudtsfrøene i aggregaterne. I jordoverfladen (0-5 cm) blev der opkoncentreret en stor frømængde i den ikke-aggregerede fraktion ved reduceret jordbearbejdning, mens fordelingen var mere jævn efter pløjning (Pareja et al., 1985).

En øget andel af gendannede aggregater synes at medføre et relativt øget antal ukrudtskimplanter. Hvis de nye aggregater er relativt store, vil forekomsten af ukrudtskimplanter være forholdsvis lille (Terpstra, 1986).

Aggregatforholdene giver forskellige miljøpåvirkninger på ukrudtsfrøene i kraft af forskellige fugtigheds- og luftforhold i de enkelte mikrolokaliteter. Frø inde i aggregaterne kan blive udsat for et højt fugtighedsniveau og et lavt ilttryk gennem det meste af året. Dette kan fremme spirehvile frem for spiring. Frø i tæt kontakt med makroporeområderne i jorden vil modsat modtage rigeligt med ilt, og deres spiring vil være en funktion af temperatur og fugtighed (Pareja et al., 1985).

På jorde med ringe kapillær vandtransport mod jordoverfladen, kan der ofte blive for

tørt i jordskorpen, og spiringen går derved i stå. Frøene vil dog ofte være parat til en meget hurtig spiring, når der igen tilføres vand. Sådanne kraftige svingninger i fugtighedsforhold kan bevirke en meget stor dødelighed af unge kimplanter, der ikke har fået udviklet tilstrækkeligt lange rødder.

Pløjning er karakteriseret ved at give flere plantearter men færre planter end ved direkte såning, hvor der er risiko for opformering af bl.a. Enårig Rapgræs (Andersen, 1987b). Udvidelsen af arealet med vinterhvede og vinterraps har begunstiget opformeringen af såvel græsukrudt som frøukrudt, såvel i pløjede som ikke pløjede marker. Thorup (1988) har igennem en årrække fulgt ukrudtets udvikling hos landmænd, der benytter pløjefri dyrkning og fundet, at ukrudtsbestanden efter en årrække er aftagende i de upløjede marker. Dette skyldes, at disse landmænd oftest er dygtige og erfarne plantevilere, der benytter de bedst egnede redskaber på de gunstigste tidspunkter. De sår tidligt og udnytter vejrforholdene bedre end flertallet af landmænd.

4.1.2 Svampesygdomme

Skadevoldere, der overlever på planterester, er langt den vigtigste gruppe i relation til pløjefri dyrkning. Fælles for disse sygdomme er, at de ikke kan klare sig i konkurrence med jordens mangfoldighed af andre mikroorganismer, med mindre der er rester af allerede inficeret plantemateriale til stede (Jensen, 1988).

I et sædskifte med megen hvede vil jordbearbejdningen spille en rolle for angreb af brunplet og gråplet. Engelske undersøgelser viser, at begge disse svampe er mest fremtrædende ved direkte såning (Yarham og Hirst, 1975).

Fra Danmark er der undersøgelser af jordbearbejdningens indflydelse på angreb af

knækkefodsyge og goldfodsyge. De fleste forsøg viser, at jordbearbejdning ikke har nogen indflydelse på de to sygdomme (Rasmussen, 1990b; Bødker et al., 1990). For knækkefodsygens vedkommende fandt Schulz et al. (1990), at der var signifikant mindre angreb efter direkte såning sammenlignet med pløjning. Tilsvarende fandt Schaumann et al. (1991) signifikant mindre angreb, hvor pløjning blev undladt sammenlignet med en traditionel pløjning med raps og ærter som forfrugt. Dette skyldes, at smitstof kan overleve 3 år i nedpløjet stand, hvorimod smitstof i overfladen færdig-sporulerer efter en enkelt vækstsæson.

Hvis jordbearbejdningen har været dårlig og givet mulighed for vækst af spildkornplanter, kan dette få betydning for opformering og spredning af meldug og gulrust til den efterfølgende afgrøde. Dette er særligt aktuelt i andet års hvedemarker. Spildkornplanter, som overvintrer i nabomarker, vil tilsvarende kunne sprede disse sygdomme.

Enkelte undersøgelser vedrørende halmnedmuldningens indflydelse på vintersædens angreb af knække- og goldfodsyge viser, at der ikke forekommer kraftigere angreb, hvor halmen er nedmuldet, end hvor den er fjernet eller afbrændt. Tværtimod er der tendens til mindre angreb, hvor halmen er nedmuldet (Rasmussen, 1990b).

Nedmuldning af vintersædshalm forud for vintersæd synes at give en svag tendens til mindre angreb af goldfodsyge i den efterfølgende afgrøde. De opnåede resultater, hvad angår knækkefodsyge, er derimod noget divergerende og trænger til yderligere belysning. Generelt synes halmen at have ringe eller ingen indflydelse på angrebet af knækkefodsyge, da smitstoffet sidder på stubben (Jensen og Schulz, 1990).

4.1.3 Skadedyr

Jordbearbejdning har en kendt effekt på opformering af agersnegle. Bearbejdning af enhver art reducerer forekomsten af snegle. Sneglene hæmmes sandsynligvis ved den udtørring, der sker af de øverste jordlag ved hver bearbejdning. Det er især snegleæg, men også voksne snegle, der skades af jordbearbejdningen (Hansen, 1991). Vel-drænede jorde med få knolde og en relativ tæt struktur er ikke disponeret for snegleangreb i samme grad som en storknoldet, åben og fugtig jord.

4.1.4 Gødskning

På lerjord i Norge fandt Njøs (1982) vekselvirkning mellem pløjedybde og kvælstofgødskning. Øget pløjedybde fra 12 til 24 cm øgede kun kerneudbyttet ved lavt og medium kvælstofniveau, mens der ikke var nogen effekt af dybere pløjning end 18 cm ved højt kvælstofniveau (150 kg N/ha). Øget pløjedybde op til 18 cm reducerede antallet af kvik-udløbere.

De få undersøgelser, der er gennemført vedrørende ekstra kvælstoftilførsel i forbindelse med halmnedmuldning viser, at der ikke er behov for ekstra kvælstof om efteråret, samt at halmnedmuldning ikke giver anledning til at ændre på kvælstofstrategien om foråret (Pedersen, 1988; Thomsen og Petersen, 1991; Holbrook et al., 1982).

Nedmuldet halm kan fastlægge op til 16 kg N/ha. En sådan fastlæggelse i løbet af efterårs- og vinterperioden vil kunne medvirke til reduktion af nitratudvaskningen fra dyrkningslaget (Christensen, 1987a).

4.2 Vekselvirkninger med såtid og udsædsmængde

Såtid og i mindre grad udsædsmængde har betydelig effekt på såvel kvantitative som kvalitative forhold i vinterhvede. Sortsvalg og smittetryk af svampesygdomme, herunder specielt fodsyge, har stor indflydelse på optimal såtid. Det optimale såtidspunkt er i høj grad også afhængigt af, hvornår det bedste såbed kan etableres. Udsædsmængden influerer især på ukrudtsbestanden, visse svampesygdomme, samt behovet for vækstregulering.

Følgende vekselvirkninger med såtid og udsædsmængde behandles her:

- Ukrudt (afsnit 4.2.1).
- Svampesygdomme (afsnit 4.2.2).
- Skadedyr (afsnit 4.2.3).
- Vækstregulering (afsnit 4.2.4).
- Sorter (afsnit 4.2.5).
- Gødskning (afsnit 4.2.6).

4.2.1 Ukrudt

En forskydning i ukrudtets fremspirings-tidspunkt i forhold til afgrøden har stor betydning for konkurrenceforholdet. I undersøgelser af Håkansson (1979) blev ukrudtsbiomassen mere end fordoblet ved en tidsforskydning i fremspiring på 3 dage til ukrudtets fordel. I marken kan forskydninger fremkomme ved, at ukrudt og afgrøde har forskellige temperaturkrav til spiring, der ved sen såning i efteråret kan medføre en meget begrænset ukrudtsspiring. Forskelle i relativ fremspiring formodes at være den væsentligste faktor, der påvirker årsvariationen i konkurrenceforholdet mellem ukrudt og afgrøde.

Afgrødens konkurrenceevne over for ukrudt øges med stigende udsædsmængde/plantetal, når rækkeafstanden holdes konstant. Dette er

især undersøgt i vårsæde afgrøder (Håkansson, 1979), men der er også lavet undersøgelser i vintersæd. I gennemsnit af 11 vinterhvedeforsøg fandt Andersson (1986), at ukrudtets biomasse blev fordoblet i ubehandlede forsøgsled, når udsædsmængden blev reduceret fra 450 kerner/m² til 225 kerner/m². Tilsvarende ændringer i ukrudtsbiomasse ved ændringer i udsædsmængde i vinterhvede er fundet herhjemme af Rasmussen (1991c). Begge de refererede resultater stammer fra forsøg, hvor rækkeafstanden har været holdt konstant på 12 cm.

Om efteråret fortsætter spiringen af ukrudt indtil jorden bliver for kold, og starter igen tidligt om foråret ved stigende temperaturer. For de fleste aktuelle ukrudtsarter ligger den kritiske grænse på 5°C i døgnmiddeltemperatur (Bewley og Black, 1983). Enårig Rapgræs spirer dog ned til 2°C. Forårsfremspiringen af ukrudt kan nogle år være betragtelig, men konkurrenceevnen af dette ukrudt over for afgrøden vil være betydeligt ringere end det efterårsfremspirede. Der er ingen undersøgelser, der belyser forskellen i konkurrenceevne mellem forårs- og efterårsfremspiret ukrudt.

Sen såning af vinterhvede vil reducere antallet af efterårsspirede ukrudtsplanter. Dette ukrudt vil desuden være svagt udviklet inden vinteren med øget risiko for udvintring og dårligere udgangspunkt for konkurrence om foråret til følge. Effekten vil være størst for ukrudtsarter med højt krav til spiretemperatur.

4.2.2 Svampesygdomme

Såtidspunktet har en væsentlig indflydelse på angrebet af knækkefodsyge og goldfodsyge. I gennemsnit af mange forsøg er det tydeligt, at en tidlig såning først i september indebærer risiko for betydende angreb af både goldfodsyge og knækkefodsyge (Prew et al, 1986; Olsen, 1984a).

I tabel 4.1 er vist fodsyeangreb i april og juli ved Roskilde og Rønhave i gennemsnit af 1979-83. I juli var der et goldfodsygeangreb på 12% ved første såtid og kun 3% ved sidste såtid midt i oktober. Umiddelbart var der ikke så stor forskel, men der er store variationer fra år til år og sted til sted. For knækkefodsyge er der både i april og juli en betydelig forskel i angrebet af knækkefodsyge afhængigt af såtidspunktet. Forskellen mellem bedømmelserne har holdt sig til juli, selvom der er gennemført kemisk bekæmpelse.

Den betydelige effekt af såtidspunktet på goldfodsyge og knækkefodsyge har kun signifikant betydning i anstrengte sædskeer, hvor sygdomsrisikoen er stor.

Tidlig såning kan endvidere øge angrebet af hvedegråplet (Thomas, 1989). Risikoen for

angreb af meldug og gulrust, der kræver levende plantemateriale for at overleve fra en vækstsæson til den næste, øges ligeledes betydeligt ved tidlig såning.

Høje plantetal fremmer svampeangreb, hvilket sandsynligvis skyldes et gunstigere mikroklima for svampene. Plantetallets indflydelse på meldug er dokumenteret af Smith og Blair (1950) og for knækkefodsyge af Pedersen og Jørgensen (1960) og Rasmussen (1963). Ved at hæve plantetallet fra 150 til 450 planter/m² har man i forsøg øget meldugangrebet fra 3 til 6% dækning bedømt i begyndelsen af maj (Kjærsgaard, 1990).

Visse forsøg tyder på, at meldugangrebene øges, hvis afgrøden udsås på stor rækkeafstand (Broschius et al., 1985; Jenkyn, 1970).

Tabel 4.1 Såtidspunktets indflydelse på angrebet af knækkefodsyge og goldfodsyge. Gennemsnit af forsøg fra Roskilde og Rønhave 1979-1983 (Olsen, 1984a).

Såtidspunkt	Goldfodsyge % angrebet rodnet		Knækkefodsyge, % angrebne planter (april) og strå (juli)	
	April	Juli	April	Juli
2. september	1	12	35	27
23. september	1	8	11	13
15. oktober	1	3	3	4

4.2.3 Skadedyr

I milde efterår kan der ske en spredning af havrerødsot til hvede. Smitten sker primært fra bladlus, der er aktive om efteråret. Tidligt på efteråret findes størst aktivitet af bladlus, da temperaturen normalt falder i løbet af efteråret. Tidligt såede marker vil derfor være mere udsat, da der er større sandsynlighed for, at de er fremspirede og dermed attraktive værter. Havrerødsot er dog af minimal betydning i Danmark, hvorimod områder af England jævnligt oplever store

problemer, og må behandle om efteråret (Morgan et al., 1988). Anvendelse af insekticidet Aldicarb i efteråret mindskede infektionen af havrerødsot og forøgede kerneudbyttet samt reducerede antallet af planteparasitiske nematoder (Thorne et al., 1988).

4.2.4 Vækstregulering

Risikoen for lejesæd ved de største udsædsmængder kan formindskes ved vækstregulering (Kjærsgård, 1990). Der er ikke fundet

forsøg, der belyser vekselvirkningen mellem såtid og vækstregulering. Det må dog forventes, at tidligt såede marker har det største behov for vækstregulering.

4.2.5 Sorter

Det optimale såtidspunkt for forskellige sorter eller sortstyper er endnu ikke tilstrækkeligt belyst. I et endnu ikke publiceret forsøg var der signifikant vekselvirkning mellem såtid og sorter. Der var tendens til, at de langstråede sorter bedre tålte en sen såning end de korte. Det er dog ikke påvist, om det er denne egenskab, der er udslagsgivende (Olsen, 1991). Lignende forskelle er fundet i Landsforsøgene (Ullerup, 1988).

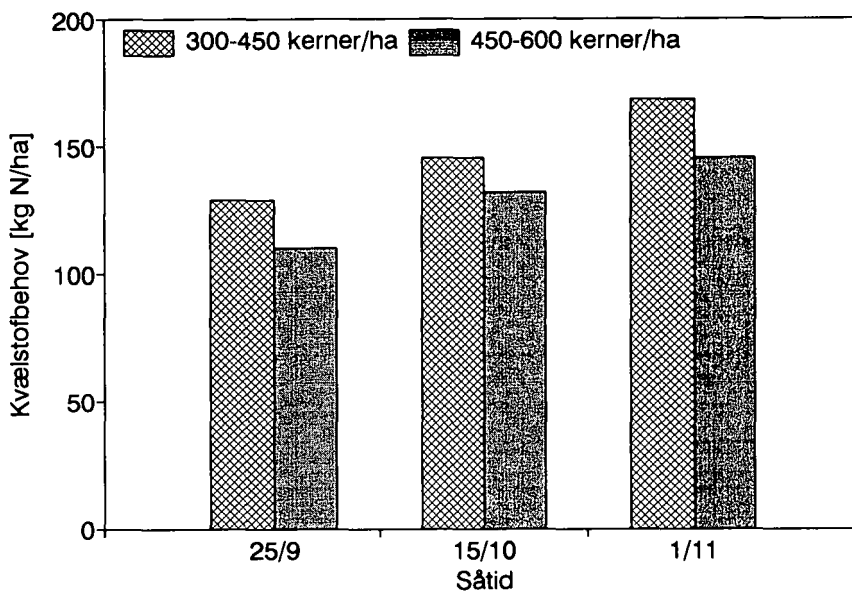
Fodsygekomplekset er stærkt relateret til såtiden. Ved de sene såtidspunkter i oktober

måned findes ikke større sortsforskelle på angrebsniveauet af goldfodsyge, mens dette kan være tilfældet ved tidlig såninger (Olsen, 1991).

Udsædsmængdens indflydelse på kerneudbyttet synes at være mindre sortsafhængig (Ullerup, 1990), men i forbindelse med årsvariation kan der være nogen sortsforskelle. Der var ikke signifikans mellem forskellige sorter og forskellige udsædsmængder i forsøg gennemført på en lokalitet i 1986-88 (Olsen, 1991).

4.2.6 Gødskning

Udsættes såtiden og reduceres udsædsmængden øges behovet for kvælstofgødskning i foråret (Schönberger og Slotta, 1984), jf. figur 4.1. Ved udsættelse af såtiden bliver vækstperioden i efteråret forkortet, således at



Figur 4.1 Kvælstofbehov ved kombinationer af såtid og udsædsmængde for opnåelse af samme udbytte (Schönberger og Slotta, 1984).

antallet af sideskudsanlæg reduceres. Schönberger og Slotta (1984) anfører, at tidlig såning giver god rodvækst og optagelse af større mængder kvælstof i efterårsmånederne. En veletableret afgrøde kræver således mindre tilførsel af kvælstof om foråret. I danske forsøg er der ikke fundet sikre vekselvirkninger mellem kvælstoftilførsel, såtid og udsædsmængde (Olsen, 1991).

Angivelse af bestandstætheder kan gøres på forskellige måder. Oftest angives udsædsmængden, men da ikke alle kerner spirer og overlever til foråret, vil denne angivelse blive for høj. Angivelse af plantetallet er bedre, men planterne vil buske sig og sætte flere sideskud. Kürten et al. (1982) grupperede bestandene efter aksantallet og fandt, at udbytteforøgelsen ved kvælstofgødskning i tynde bestande skyldtes større og flere aks, mens udbytteforøgelsen i tætte bestande udelukkende skyldtes flere aks/m². Der foreligger ingen oplysninger om tidspunktet for gødningstilførsel. Kernevægten påvirkedes ikke af bestandstætheden.

Andersson et al. (1989) fandt i modsætning til Kürten et al. (1982), at øget kvælstofgødskning øger aksantal og antal kerner/aks, men nedsætter tusindkornsvægten. Aksantal påvirkes mest i tynde bestande, men antal kerner/aks mest i tætte bestande. Kvælstoftilførselens indflydelse på kerneudbyttet bliver dermed uafhængig af udsædsmængden. Kvælstofgødskningens indflydelse på kvalitetsegenskaberne er ligeledes uafhængig af udsædsmængden (Andersson et al., 1989).

I nogle år og i visse sorter kan strånedknækning forekomme i modenhedsfasen. Dette skyldes en fusariumsvamp, som svækker strået. Anvendelse af svampemidler i løbet af vækstsæsonen mindsker nedknækningen betydeligt. Andre dyrkningsforanstaltninger bl.a. plantetal, vækstregulering og kvælstofgødskning synes dog også at have effekt. Kjærsgaard (1988, 1989) fandt således

mindre strånedknækning i Sleipner ved lavere kvælstofmængder.

4.3 Vekselvirkninger med gødskning

Kvælstof og andre næringsstoffer påvirker og modificerer mange af de øvrige dyrkningsforanstaltninger. Følgende vekselvirkninger med gødskning behandles i denne rapport:

- Ukrudt (afsnit 4.3.1).
- Svampesygdomme (afsnit 4.3.2).
- Skadedyr (afsnit 4.3.3).
- Vækstregulering (afsnit 4.3.4).
- Sorter (afsnit 4.3.5).
- Jordbearbejdning (afsnit 4.1.4).
- Såtid og udsædsmængde (afsnit 4.2.6).
- Vanding (afsnit 4.4.1).

4.3.1 Ukrudt

Det er primært kvælstofgødskning, der kan påvirke konkurrencen mellem ukrudt og afgrøde. Der er lavet en del undersøgelser på området (bl.a. Alkämper, 1976). Disse undersøgelser viser, at ændringer i kvælstoftildelingen kan ændre konkurrenceforholdet ukrudt/afgrøde til begge sider afhængigt af udgangssituationen, især afhængig af forekommende ukrudtsarter, men også afgrødens og ukrudtets tilstand på tildelingstidspunktet spiller ind. En øget kvælstoftilførsel i vintersæd begunstiger konkurrencestærke ukrudtsarter som Burre Snerre, Agerrævehale og Vindaks.

4.3.2 Svampesygdomme

Flere næringsstoffer har betydning for planternes modtagelighed over for svampesygdomme. Dette skyldes hovedsageligt, at svampesporernes spiring er meget påvirket af bladcellernes indholdstoffer. Store mæng-

der af exudater (sukkerstoffer og aminosyrer) stimulerer sporespiring. Koncentrationen af exudater er høj, når afgrøden har underskud af kalium, calcium og bor, ligesom det er velkendt, at koncentrationen af aminosyrer og amider er høj, når der er tilført store kvælstofmængder (Marschner, 1986).

Stigende kvælstoftilførelser øger angrebet af biotrofe bladsygdomme som meldug og rust. Ligeledes er udbringningstidspunktet af betydning for angrebsgraden. I hvede har man i en række forsøg fundet, at deling af kvælstof kan reducere sygdomsangrebet sammenlignet med tildeling ad en gang.

Årsagerne til den forøgede modtagelighed ved stigende kvælstofmængder er dårligt belyst, og kan skyldes såvel fysiologiske som morfologiske ændringer i planten og/eller ændringer i afgrødens mikroklima fremkaldt af gødskningen (Marschner, 1986).

Forsøg (Bainbridge, 1974) med varierende kvælstoftilførsel til planter udsæt på så stor afstand, at effekten af mikroklima er elimineret, viste, at meldugangrebet øges med stigende tilførsel af kvælstof. Følgende faktorer er målt:

- Spiring af konidier og appresoriedannelse er uafhængig af kvælstoftilførsel.
- Længden af udviklede kolonier og læsioner stiger med stigende kvælstoftilførsel. Ligesom kolonierne bliver tættere.
- Antal sporer pr. mm koloni stiger med stigende kvælstoftilførsel.
- Generationstiden mindskes ved høj kvælstoftilførsel.
- Antal appresorier med hyfevækst (=infektion) stiger med stigende kvælstoftilførsel (Masri og Ellingboe, 1966).

Nye danske undersøgelser omkring epidemiiske parametre, der påvirkes af kvælstof, tyder på, at den øgede modtagelighed ved

stigende kvælstoftilførsel især kan tillægges, at infektionsfrekvensen forøges, samt at sporeproduktionen pr. bladarealenhed formodentlig også stiger (Jensen og Munk, 1991).

Meldugangreb på vårbyg er fundet stærkt korreleret til kvælstofindholdet i bladene (Jensen og Munk, 1991). Et højt kvælstofindhold i bladene anses ikke i sig selv at være den direkte årsag til den forøgede modtagelighed. Årsagen skal snarere søges i, at et højt kvælstofniveau kan reducere indholdet af fungitoksiske phenolforbindelser i bladene eller reducere lignindannelsen i bladet og derved gøre det lettere for svampen at penetrere og inficere planten (Király, 1964; Matsuyama og Dimond, 1973).

Reduktionen af phenolforbindelser hænger sammen med, at aktiviteten af glukose-6-fosfat dehydrogenase reduceres ved øgede kvælstofmængder. Dette enzym menes at være vigtigt for produktionen af phenoler (Király og Farkas, 1962). Reduktionen af phenoler i kraftigt kvælstofgødede planter er målt til 60-70% på skridningstidspunktet. God sortsresistens over for bl.a. sortrust er i visse tilfælde fundet at være positivt korreleret til phenolindhold i planten (Király og Farkas, 1962).

Lignin, som er en kompleks polyphenolforbindelse, indgår som en vigtig byggeklods i planternes cellevægge. Reduktionen af phenolforbindelser vil således have en direkte effekt på ligninproduktionen. Ligninindholdet i undersøgte risplanter er fundet formindsket med 53%, hvor planter har fået tilført kvælstofgødning. Formindskelsen var sammenkædet med reduktion i aktiviteten af to enzymer (Matsuyama og Dimond, 1973).

Forsøg med mikroklimatiske målinger i afgrøder med forskellige kvælstofbehandlinger er manglende i litteraturen, jf. afsnit 3.2.2. Det må dog antages, at miljøet i en tæt afgrøde vil være mindre påvirkeligt af

klimatiske ændringer i omgivelserne end i en åben afgrøde. Luftfugtigheden vil være mere stabil og ligge på et højere niveau end i en tynd afgrøde, da luftskiftet i en tæt afgrøde formodes at være mindre.

Dannelse af sideskud og antallet af strå/m² vil ofte være stigende med forøgede mængder kvælstof (Kuhlmann, 1988). Endvidere øger stigende kvælstofmængder det totale bladareal, hvilket i forbindelse med, at bladene holder sig friske og grønne længere end ellers, kan ændre mikroklimaet i afgrøden (Ellen og Spiertz, 1975; Marchner, 1986).

Kvælstofgødskning kan påvirke fanebladets position og stivhed (Thompson og Ferguson, 1982; Kjærsgaard 1988). Hvedeplanter, der får tilført kvælstof ad en gang, bliver slappere og mere hængende, ligesom planternes farve er mere mørkegrøn, end hvis tilførsel af samme mængde gødning sker ad 3 gange. Om ændringerne i bladens position og stivhed er tilstrækkeligt til at ændre mikroklimaet i afgrøden så meget, at sygdommenes vækstvilkår påvirkes, er ikke undersøgt. Et faktum er det dog, at der er fundet mindre meldug, hvor gødningen er udbragt ad 3 gange, sammenlignet med hvor den er udbragt af en gang (Kjærsgaard, 1990). Dette kan dog meget vel skyldes en kombination af mikroklimatiske og biokemiske ændringer i planten.

I hvede skal følgende resultater på sammenhænge mellem kvælstoftilførsel og sygdomsudvikling nævnes.

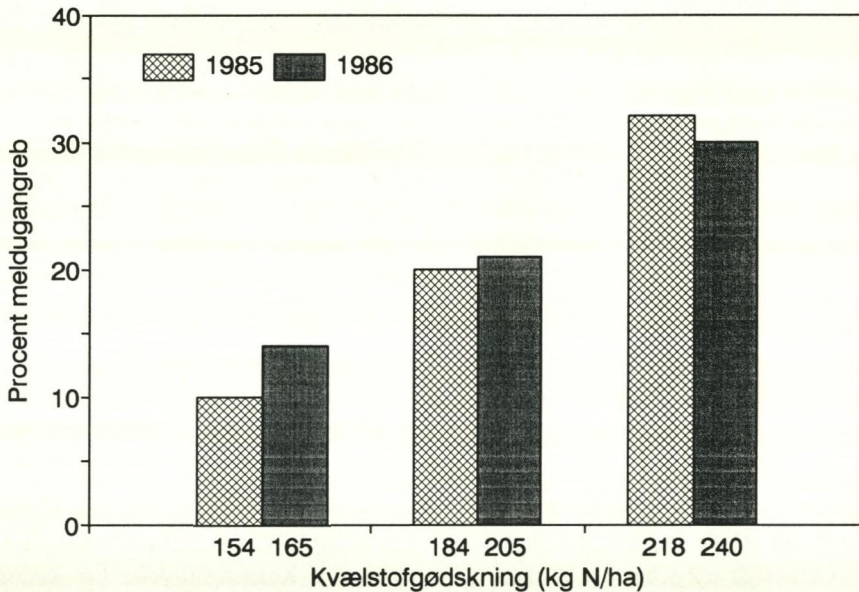
Forsøg i Tureby-Køge og Omegns Landboforening med delt og udelte kvælstoftilførsel har vist en tydelig reduktion i meldugangreb, hvor gødningen har været udbragt ad 3 gange. I vækstsæsoner, hvor maj måned har været tør, har man ikke kunnet observere denne forskel mellem delt og udelte kvælstoftilførsel. I et enkelt forsøg er det fundet, at meldugangrebet ved 3-delt gødskning uden

svampebekæmpelse har været mindre, end hvor gødningen har været udbragt af en gang samtidig med, at der har været behandlet mod svampe.

En ringere effekt af svampebekæmpelse kan delvis forventes i afgrøder, hvor gødningen er givet ad en gang. Dette skyldes, at afgrødens bladfylde forøges og det hængende faneblad vanskeliggør sprøjtevæskens nedtrængning i afgrøden.

I fire tyske forsøg med 10 sorter i hver, 3 niveauer af kvælstofgødskning og 4-5 svampebehandlinger blev følgende trukket frem (Bartels, 1987). I gennemsnit af de 10 sorter steg angrebet af meldug fra 10 til henholdsvis 20 og 30% angreb, når kvælstofmængden steg fra 154 til 184 og 218 kg N/ha, jf. figur 4.2. Kvælstoftilførsel og sortrespons havde stor indflydelse på økonomien ved bekæmpelse af meldug på bladene. Hvor der var anvendt en moderat kvælstofmængde (154-165 kg N/ha), var én meldugbekæmpelse tilstrækkelig i alle sorter til at give optimalt økonomisk udbytte. Ved de høje kvælstoftilførsler (180-240 kg N/ha) var det imidlertid nødvendigt med to bladsprøjtninger for at få tilsvarende rentabilitet i de modtagelige sorter. Angreb af *Septoria* var ikke påvirket af de anvendte kvælstofmængder. Aksbeskyttelse var økonomisk rentabel i alle sorter i alle de gennemførte forsøg (Bartels, 1987). Nettomerudbytte varierende dog afhængigt af kvælstofniveauet og sortens modtagelighed. Resultaterne er svære at overføre til dansk dyrkningspraksis, da forsøgene anvender fungicidmængder, der er helt uhørte under danske forhold.

Engelske markforsøg har vist et samspil mellem tidspunktet for kvælstof udbringning og sygdomsangrebet, jf. tabel 4.2. Tidlig kvælstofgødskning gav kraftigere angreb af knækkefodsyge og *Septoria tritici*, sammenlignet med senere kvælstofgødskning (Jordan et al., 1988).



Figur 4.2 Sammenhæng mellem kvælstoftildeling og meldugangreb. Gennemsnit af 10 tyske sorter afprøvet i 2 år (delvis efter Bartels, 1987).

Tabel 4.2 Effekten af gødningstildeling på udviklingen af knækkefodsyge (Jordan et al., 1988).

Sort	Avalon				Sleipner	
Kvælstof tildeling	160 kg N/ha 14 marts	160 kg N/ha 14 april	120+40 kg N/ha 14 marts 13 maj	120+40 kg N/ha 14 april 13 maj	160 kg N/ha 14 marts	160 kg N/ha 14 april
	Knækkefodsyge (Indeks)					
Ubehandlet	54	38	47	28	59	41
Sportak, stadium 31	23	15	26	18	26	22
Sportak, stadium 37	33	28	38	14	33	21
	Septoria tritici (13 juni)					
Ubehandlet	11	4			34	18

Gylle er fra praksis kendt som en faktor, der kan virke reducerende på bl.a. et meldugangreb. Fra tyske forsøg (Weinmann og Heitefuss, 1990) har man bekræftet denne sammenhæng. Det har således vist sig muligt at

reducere meldugniveauet betydeligt sammenlignet med, hvor der er anvendt kalkammonsalpeter. Hvor gyllen har været udbragt med slæbeslanger i afgrøden, har effekten på meldug været mindre sammenlignet med

traditionel bredspredning. Blandt årsagerne til gyllens reducerende effekt nævnes afspuling af meldugkonidier, og mindre produktion af konidier, da en pustel, der bliver overdækket med gylle, kun i begrænset grad vil producere sporer. Effekten menes ikke at skyldes, at stoffer i gyllen virker hæmmende på sygdommen. I andre tyske forsøg har gylle reduceret angreb af knækkefodsyge signifikant ved udbringning i april (Seifert, 1979).

Christensen et al. (1981) målte højere udbytter ved chloridtilførsel. Årsagen skulle være nedsat følsomhed over for goldfodsyge gennem nedsat osmotisk potentiale i bladene. Chloridtilførsel kan både øge og reducere angrebet af *Puccinia striiformis* (Scheyer et al., 1987), men forfatterne tilskriver udbytteforøgelsen reduceret stress fra goldfodsyge.

4.3.3 Skadedyr

Stigende kvælstofniveauer og især sene tildelinger af kvælstof fremmer bladlusenes reproduktionsevne (Vereijken, 1979), specielt ved at hæmme vingedannelse og derved sinke emigration. Ved tre kvælstofniveauer øgedes bestanden i løbet af 3 uger fra 5 til henholdsvis 64, 85 og 104 (LSD=29) bladlus pr. aks ved stigende kvælstoftildeling. Derudover forsinkes plantens modning ved høje og sene kvælstoftildelinger, hvorved perioden for skadevirkning og dermed den samlede skade af bladlus kan blive forøget. Kvælstofniveauets betydning for merudbyttet for en bladlusbehandling er dog ikke klart eftervist i udbytteforsøg. I hollandske karforsøg er der ikke fundet sikre større tab ved høje kvælstofniveauer (Vereijken, 1979).

Daamen et al. (1989), Prew et al. (1986) og Erlingson (1983) fandt ikke i markforsøg at kornbladlus er påvirket af kvælstofniveau. Erlingson (1983) fandt dog at mængden af havrebladlus øges ved stigende kvælstof-

mængder. Honek (1991) fandt, mængden af græsbladlus steg med stigende kvælstofmængde, mens kornbladlus kun blev lidt påvirket. Dette kan skyldes, at græsbladlus hovedsageligt lever på bladene, mens kornbladlus hovedsageligt findes i aksene, og at bladenes kvalitet ændres mere ved ændret gødskning end avnernes. Zhou og Carter (1991) fandt varierende effekter af kvælstofgødskning på græsbladlus.

4.3.4 Vækstregulering

I afsnit 3.8 er beskrevet virkningen af vækstregulering og kvælstof på forskellige sorter, og nogle hovedresultater er givet i tabel 4.3. Generelt giver vækstregulering kun små merudbytter, og for at behandlingen giver et økonomisk merudbytte, skal der høstes 2,5 hkg mere pr. ha.

Udbyttedmæssigt er det ikke altid fordelagtigt at vækstregulere, hvilket er i overensstemmelse med resultater fra Landsforsøgene (Kristensen og Elbæk-Pedersen, 1989; Kristensen et al., 1992). Ved lejesæd øges risikoen for forringelse af kerne kvaliteten, høsten vanskeliggøres og kræver ofte øget tørring. Reduktion af lejesæd ved behandling med stråforkortningsmiddel kan hermed vise sig økonomisk fordelagtig.

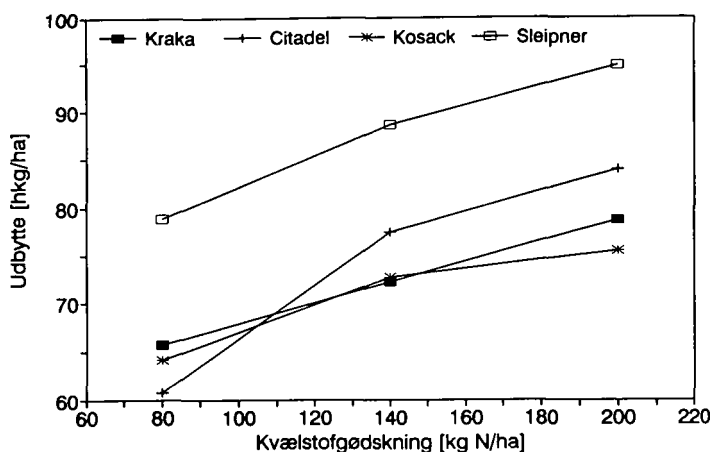
Tendensen til lejesæd øges med stigende kvælstofgødskning, men er i de fleste sorter kun et alvorligt problem ved overgødskning.

4.3.5 Sorter

Virkningen af kvælstofgødskning på de enkelte sorter er generelt ens og som beskrevet i afsnit 3.9. Sortsforskelle gør dog, at reaktionen på og behovet for kvælstof er varierende, ligesom den ønskede kvalitet har indflydelse på kvælstofbehovet.

Tabel 4.3 Udbytter og merudbytter (hkg/ha) ved behandling med stråforkortningsmidler. Gennemsnit af flere sorter (ref. tabel 3.26, 3.28, 3.30). Kvælstofmængder i kg N/ha.

Gødskning kg N/ha	Vækstregulering		
	Uden	CCC	CCC+Cerone
100	68,7	-0,1	-
200	71,8	2,1	-
120	91,1	1,4	-
160	93,2	2,7	-
80	67,4	4,6	2,9
140	77,8	7,5	9,9
200	83,3	4,6	7,9



Figur 4.3 Eksempel på udbytter (hkg/ha) ved stigende kvælstoftilførsel uden stråforkortning. Data fra Rønhave 1988-90 (efter tabel 3.30).

Gødskningstidspunktet må afpasses efter afgrødens udvikling, mens mængden afpasses efter det forventede udbytte. Pedersen og Østergaard (1991) skelner således ikke mellem de enkelte sorter, men korregerer kvælstofbehovet til det forventede udbytte.

Til opnåelse af et øget proteinindhold i kernerne kan der eftergødskes.

Sorterne kan udbyttmæssigt reagere forskelligt på kvælstofgødskning (figur 4.3), således at merudbytterne for øget kvælstoftildeling er sortsafhængige. Forskellene kan

dog være vanskelige at eftervise (Hjortsholm, 1991).

Ved højt kvælstofniveau øges lejesædstilbøjeligheden og her kan de enkelte sorter ligeledes reagere forskelligt.

4.4 Vekselvirkninger med vanding

De største merudbytter for vanding opnås normalt, når de øvrige vækstforhold er optimale, f.eks. gødskning og plantebeskyttelse. Planternes tørkefølsomhed påvirkes af en række dyrkningsfaktorer, og selve vandingen kan påvirke bl.a. forekomsten af plantesygdomme.

Hovedeffekterne af forskellige produktionsforhold under vandmangel kan ifølge Passioura (1983) beskrives ved anvendelse af følgende relation:

$$Y = ET \times WUE \times HI$$

hvor Y er kerneudbyttet, ET er mængden af transpireret vand, WUE er vandudnyttelses-effektiviteten, og HI er høstindekset (kerne-vægtens andel af total topvægt). Forskellige produktionsfaktorer vil påvirke disse tre bestemmende variable forskelligt. Følgende vekselvirkninger med vanding behandles her:

- Gødskning (afsnit 4.4.1).
- Svampesygdomme (afsnit 4.4.2).
- Sorter (afsnit 4.4.3).

4.4.1 Gødskning

En række forsøg har vist, at kvælstofmangel reducerer vandudnyttelseseffektiviteten (Heitholt, 1989). Dette kan både skyldes, at kvælstofmangel reducerer det aktive bladareal, og at kvælstofmangel i sig selv reducerer fotosyntesen. Kvælstofmangel og vandmangel giver anledning til nogle af de samme

effekter på plantevæksten, f.eks. reduceret sideskudsdannelse og reduceret bladvækst. Disse effekter er dog ikke additive (Heitholt, 1989). I tilfælde af vandmangel vil planternes kvælstofbehov være mindre, da den optagne kvælstofmængde ikke fortyndes i så stor en plantemasse som under optimal vandforsyning. Barraclough et al. (1989) fandt en vekselvirkning mellem kvælstof- og vandforsyning på en lerjord. Dette blev hovedsageligt tillagt en bedre rodudvikling med stigende kvælstoftilførsel.

Virkningen af forskellige kvælstofmængder og tildelingsstrategier i forbindelse med vanding på sandjord er undersøgt i flere forsøg på Jyndevad forsøgsstation (Gregersen og Hejlesen, 1982; Gregersen og Hejlesen, 1985; Hejlesen, 1990). Vanding har generelt medført en øget kvælstofoptagelse. Vinterhvede på sandjord har behov for en tidlig gødskning med kvælstof i marts måned (Gregersen og Hejlesen, 1982). Under vandede forhold blev forskellige tildelingsstrategier for kvælstof undersøgt, en todeling i marts og april, en tredeling i marts, april og juni og en firedeling i marts, april, maj og juni. Kvælstoffet blev inden for hver af disse hovedkategorier tildelt på forskellige tidspunkter og i forskellige mængder (Gregersen og Hejlesen, 1985).

Stigende kvælstofmængder gav stigende kerne- og halmudbytte ved en todeling af kvælstoffet. Halmudbyttet blev mest påvirket. Ved en tredeling af kvælstoffet var der med de anvendte kvælstofmængder kun ringe effekt af stigende kvælstofgødskning. Tredeling af kvælstoftilførslen gav øget kerneudbytte, men lavere halmudbytte. De største kerneudbytter blev dog opnået ved en firedeling af kvælstoftilførslen. Der var kun små effekter af varierende tildelingstidspunkter.

Deling af kvælstofgødskningen har hovedsageligt påvirket høstindekset ved bremsning af den vegetative vækst, og ved at vækstfor-

holdene under kerneindlejringen er blevet fremmet. Den sene tilførsel af kvælstof har således ikke påvirket kerneantallet, men givet større kerner. Dette kan sandsynligvis forklares ved, at sen kvælstoftildeling har givet et længerevarende grønt bladareal i kernefyldningsperioden. På grundlag af disse forsøg anbefales en tredeling af kvælstoftilførslen under vandede forhold på sandjord (Hejlesen, 1990).

Andre næringsstoffer kan også have betydning for plantevækst under vandmangel. Andersen (1985) nævner specielt kalium, fordi kalium spiller en stor rolle i forbindelse med osmotiske regulering i planterne. Der er i flere forsøg og undersøgelser blevet fundet en bedre vandudnyttelse med stigende kaliumindhold i planterne. Der foreligger dog ikke resultater omkring dette for vinterhvede, og effekten på danske sandjorde må formodes at være minimal.

4.4.2 Svampesygdomme

Der findes ingen konkrete danske oplysninger om vandingens indflydelse på svampesygdomme i hvede. Risikoen for stigende angreb af fugtighedselskende svampe som *Septoria*, der spredes ved regnplask, formodes dog at blive forøget ved vanding. Denne antagelse bygger bl.a. på det forhold, at der på Jyndevad Forsøgsstation (JB 1), hvor der hyppigt vandes, generelt udvikler sig kraftigere angreb af *Septoria* spp. end på de uvandede forsøgsstationer.

Udenlandske undersøgelser vedrørende vandingens indflydelse på sygdomsangreb peger i forskellige retninger. Tilsyneladende afhænger resultaterne af sort, sygdomstryk og sygdomsart. Angreb af *aksfusarium* er øget under vanding (Caca, 1986). Det samme er set for gulrust under kraftige sygdomstryk (Caca, 1980) og for knækkefodsyge, hvor angrebet blev forøget uafhængigt af

sædskifte og lokalitet (Hoflich og Steinbrenner, 1980).

Fra en enkelt kilde rapporteres vanding til 70% af markkapacitet at have reduceret angrebsgraden af brunrust og meldug og øget afgrødens sygdomstolerance (Myznikova, 1987).

I varme og tørre perioder, hvor vanding udføres, vil perioden med fugt på bladene være betydeligt kortere sammenlignet med rigtige nedbørsituationer. Kunstvanding vil derfor ikke helt kunne sidestilles med naturlige nedbørsperioder.

4.4.3 Sorter

Ludlow og Muchow (1990) har givet en oversigt over plantefysiologiske karakteristika, der vil kunne anvendes i planteforædlingen til at forbedre udbyttet under vandbegrænsende forhold. Der lægges særlig vægt på følgende forhold, hvor der også er konstateret genetiske forskelle mellem sorter:

- Mobilisering af assimilater til kernen.
- Rodudvikling og rodtæthed.
- Vedligeholdelse af grønt bladareal.
- Osmotisk regulering.
- Bladenes reflektionskarakteristika.
- Transpirationens effektivitet.

Der mangler dog forståelse af den samlede effekt af forskelle i disse træk. Sortsforskelle i tørkefølsomhed har endvidere størst betydning under uvandede forhold. I praksis vil vandskapaciteten dog være begrænset, og sortsforskelle i tørkefølsomhed kan her spille en rolle.

I vandsforsøg ved Jyndevad forsøgsstation med to sorter af vinterhvede fandt Gregersen og Hejlesen (1985) nogen udbytteforskel mellem sorterne under uvandede forhold. Denne forskel forsvandt dog ved vanding.

4.5 Vekselvirkninger med sorter

Sorterne reagerer forskelligt på variation i miljøet, og dermed også forskelligt på dyrkningstekniske foranstaltninger. Følgende vekselvirkninger med sorter behandles i denne rapport:

- Ukrudt (afsnit 4.5.1).
- Svampesygdomme (afsnit 4.5.2).
- Skadedyr (afsnit 4.5.3).
- Vækstregulering (afsnit 4.5.4).
- Såtid og udsædsmængde (afsnit 4.2.5).
- Gødskning (afsnit 4.3.5).
- Vanding (afsnit 4.4.3).

4.5.1 Ukrudt

Der er store forskelle på vinterhvede med hensyn til konkurrenceevne over for ukrudt (Christensen, 1991, 1992). For at opnå samme ukrudtseffekt i den konkurrencesvage sort Sleipner, som i den konkurrencestærke sort Rektor, var det således nødvendigt at anvende 5 gange så høj herbiciddosering. I usprøjtede parceller var der tilsvarende 5 gange så meget ukrudt i Sleipner som i Rektor. Forskelle i konkurrenceevne kan henføres til forskelle i skyggeevne tidligt i vækstsæsonen. Dette kan være en følge af forskelle i buskning, tidlig strækingsvækst og bladareal. Det er endnu uvist, om der er vekselvirkning mellem sort og år med hensyn til denne egenskab.

4.5.2 Svampesygdomme

En god sygdomsresistens hører med til sorternes vigtigste dyrkningsegenskaber. De dyrkede sorter udviser betydelig variation med hensyn til resistens over for de tre vigtigste bladsygdomme: meldug, gulrust og Septoria.

Da der hvert år udføres et stort forsøgsarbejde her i landet med afprøvning af sorter og deres reaktion på svampebekæmpelse, er emnet ret godt belyst. Der findes meget store forskelle med hensyn til de enkelte sorters angreb i det enkelte år, hvilket igen afspejler sig i en betydelig årsvariation i de høstede merudbytter for svampebekæmpelse, jf. afsnit 3.4.1.

Resistensforædling er en vedvarende proces, da bl.a. meldug og gulrust er i stand til at udvikle smitteracer, som kan angribe tidligere resistente sorter. Når en ny sort introduceres vil den ofte i de første dyrkningsår vise god sygdomsresistens. Ved stigende udbredelse af en sort eller sorter med samme specifikke resistensgrundlag ses almindeligvis, at resistensen nedbrydes.

4.5.3 Skadedyr

Sen modning medfører, at afgrøden holder sig grøn i længere tid. Sådanne marker kan blive kraftigt angrebet af bladlus sidst i vækstperioden, da de optræder som de eneste attraktive værter. De vil derfor risikere et større og længerevarende bladlusangreb end normalt og tidligt modnende sorter.

4.5.4 Vækstregulering

Der er stor forskel på vinterhvedesorternes muligheder for at udnytte vækstregulerings-effekten, og den er stærkt klimabetinget.

Der opnås oftest økonomiske merudbytter ved vækstregulering af de langstråede sorter, selvom behovet for vækstregulering ikke alene er korreleret til strålægden, men også til stråstyrken.

Såfremt vækstbetingelserne er optimale, opnås i de fleste sorter næsten altid et merudbytte for vækstregulering. Merudbyttet

størrelse afhænger dog af sort og vækstforhold.

4.6 Vekselvirkninger med ukrudt

Vekselvirkninger mellem ukrudtsforekomst og dyrkningsfaktorer er især knyttet til konkurrenceforholdet mellem afgrøde og ukrudt. Ukrudtet kan dog også påvirke forekomsten af andre skadevoldere. Følgende vekselvirkninger med ukrudt behandles i denne rapport:

- Svampesygdomme (afsnit 4.6.1).
- Skadedyr (afsnit 4.6.2).
- Vækstregulering (afsnit 4.6.3).
- Jordbearbejdning (afsnit 4.1.1).
- Såtid og udsædsmængde (afsnit 4.2.1).
- Gødskning (afsnit 4.3.1).

4.6.1 Svampesygdomme

Hvor der eksisterer kraftige ukrudtsbestande i en hvedeafgrøde, vil dette kunne påvirke mikroklimaet i afgrøden i retningen af en højere luftfugtighed bedømt i forhold til en renholdt afgrøde. Sammenhængen mellem øget luftfugtighed i afgrøden og dennes effekt på sygdomsudvikling er kun meget sparsomt belyst.

Fra praksis såvel som fra forsøg er det kendt, at visse herbicider i flere tilfælde har indflydelse på udviklingen af sygdomsangreb. Blandt de kendte tilfælde er de gule midlers og flyvehavremidlet Avenges reducerende effekt på meldugangreb.

Mindre let erkendeligt er de situationer, hvor et ukrudtsmiddel fremmer angrebet af en sygdom. Fra såvel udenlandske som danske forsøg har man fundet, at midlet isoproturon udbragt om foråret fremmer angreb af meldug i hvede sidst på vækstsæsonen (Kaysø

og Munk, 1991; Ibenthal og Heitefuss, 1979).

På knækkefodsyge har isoproturon i udenlandske forsøg vist sig at have en reducerende effekt, når der er tale om en efterårsudbringning (Huber et al., 1966). Danske forsøg har hverken vist positiv eller negativ effekt over for denne sygdom (Kaysø og Munk, 1991). Andre herbicider bl.a. triazin, dicamba, ioxynil og bromoxynil har ligeledes vist sig at virke hæmmende på knækkefodsygeangreb. Når disse midler er brugt i blanding med et svampemiddel, har man kunnet observere en synergistisk effekt på bekæmpelseeffekten, svarende til at fungiciddoseringen kan reduceres (Kataria og Gisi, 1990).

4.6.2 Skadedyr

Kristiansen et al. (1992) undersøgte i 1990 og 1991 effekten af behandling med ukrudtsmidlet isoproturon og vækstreguleringsmidlet ethephon på bladlusforekomsten. I 1990 var der ingen effekt af behandlingerne på bladlusbestanden, mens behandling med begge midler i dobbelt dosering i 1991 gav en højere bladluspopulation end i de ubehandlede parceller.

Sygdoms- og skadedyrsangreb, der reducerer afgrødens vækstkraft og skyggeevne, mindsker konkurrenceevnen over for ukrudt. Undersøgelser på området er ikke kendt.

Ukrudt kan have en stimulerende effekt på antallet af nytte dyr. Hovedparten af disse vil være herbivore arter, men i kraft af en større insektbestand vil der også ske en opformering af bladlusprædatorer. Der er dog ikke eftervist, at ukrudt kan have en hæmmende effekt på udviklingen af bladlus.

4.6.3 Vækstregulering

Vækstregulering reducerer afgrødehøjden, hvilket mindsker dennes konkurrenceevne over for ukrudt. I en tysk undersøgelse (Heitefuss et al., 1977) øgedes antallet af Agerrævehaletoppe pr. m² med ca. 20%, biomasse af Burre Snerre med ca. 25% og ukrudtets samlede dækningsgrad med 40-50%, når der blev foretaget vækstregulering.

4.7 Vekselvirkning mellem svampe-sygdomme og vækstregulering

Vækstregulering mindsker risikoen for lejesæd bl.a. i forbindelse med angreb af knækkefodsyge. Som en konsekvens af dette er skadetærsklen for knækkefodsyge hævet i afgrøder, der vækstreguleres (Jørgensen og Schulz, 1991). Tilsvarende er foreslået fra engelsk side (Scott og Hollins, 1978). Den udbredte anvendelse af vækstregulering er derfor medvirkende til de lave merudbytter for bekæmpelse af knækkefodsyge.

Hvis en vækstregulering fører til en væsentlig reduktion af afgrødens højde, vil dette formentlig øge risikoen for angreb af Septoria. Dette skyldes, at sporerne herved lettere kan spredes med regnplask fra et niveau i afgrøden til det næste.

4.8 Vekselvirkning mellem svampe-sygdomme og skadedyr

Svampebekæmpelse kan dæmpe væksten af bladlus. Dette kan skyldes, at visse svampe-midler har en toksisk effekt på bladlus. Da svampebehandlinger holder afgrøden grøn i længere tid, og dermed forlænger lusenes samlede sugetid, kan bladlus dog forårsage større skade i svampebehandlede parceller.

Honningdug har for flere sygdomme bl.a. *Septoria nodorum* vist sig at forbedre in-

fektionbetingelserne (Fokkema et al., 1983). Engelske forsøg har vist, at effekten af sygdomsbekæmpelse i hvede reduceres betydeligt, hvis der på bekæmpelsestidspunktet er honningdug på planterne. Honningdug har således øget ED 50 (den dose, der giver 50% bekæmpelse) op til 10 gange for visse fungicider. Honningdug virker således antagonistisk på fungicideffekten (Dik et al., 1991).

4.9 Kvantificering af vekselvirkninger

Der er gennemført mange forsøg og undersøgelser over effekten af enkelte dyrkningsfaktorer på udbyttet i vinterhvede. De forskellige dyrkningsfaktorer er normalt undersøgt i separate forsøg med få indgående faktorer, hvilket oftest ikke giver tilstrækkelig information om vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorerne. Der er dog gennemført enkelte multifaktorielle forsøg i vinterhvede, hvor effekten af mange dyrkningsfaktorer undersøges samtidigt, og hvor det er muligt at kvantificere visse vekselvirkninger. Forståelse af årsagerne til vekselvirkningerne forudsætter dog, at der gennemføres hyppige og detaljerede registreringer i forsøgene. Sådanne registreringer mangler ofte i sædvanlige faktorielle forsøg, specielt savnes registreringer fra forskellige fagdiscipliner i de samme forsøg.

Moniteringsdata er data, som indsamles mere eller mindre rutinemæssigt på lokaliteter, hvor der ikke gennemføres forsøg. Det kan f.eks. være data indsamlet gennem produktionskontrol. Disse data har kun beskeden værdi ved kvantificering af vekselvirkninger, da de gennemførte registreringer oftest er begrænsede. Sådanne data vil dog kunne anvendes til vurdering af variationen i hovedeffekter af dyrkningsforanstaltninger i praksis.

Hvis der er et tilstrækkeligt kendskab til de årsager og mekanismer, som betinger vekselvirkninger, kan disse kvantificeres i modeller. Anvendelsen af modeller er beskrevet i kapitel 5.

4.9.1 Faktorielle forsøg

Der er gennemført en række faktorielle forsøg til karakterisering af nogle af de simple vekselvirkninger mellem forskellige indsatsfaktorer. En stor del af disse forsøg er omtalt i kapitel 3 og 4. Her omtales kun de generelle forhold vedr. sådanne forsøg.

Forsøgene gennemføres ofte som blokforsøg med et vist antal gentagelser. Der findes en række forskellige forsøgsdesign, som kan anvendes, bl.a. split-plot-forsøg og ufuldstændige blokforsøg. Den statistiske behandling af sådanne forsøgsresultater er velkendt.

Begrænsningen i de faktorielle forsøg ligger i antallet og graden af vekselvirkninger, som kan undersøges. Det er oftest kun muligt at undersøge første og anden ordens vekselvirkninger. Informationen om vekselvirkningerne er endvidere begrænset til de niveauer af andre indsatsfaktorer, som er faste for alle parceller i forsøget.

Sådanne faktorielle forsøg kan dog være

meget værdifulde til undersøgelse af hovedeffekter og simple vekselvirkninger, hvis der gennemføres registreringer, som tager sigte på klarlægning af årsagerne til virkningerne.

Ved anvendelse af data fra mange sådanne faktorielle forsøg kan der opnås en bredere viden om hovedvirkninger og vekselvirkninger (Andersson, 1983; Springer og Heitefuss, 1988).

4.9.2 Multifaktorielle forsøg

De særlige forsøgsmæssige problemer, der knytter sig til multifaktorielle forsøg, skyldes især det store antal parceller, der er involveret. Det vil ofte være umuligt at inkludere alle kombinationer af forsøgsbehandlinger inden for en blok, da jordvariationen inden for blokken herved bliver for stor. Det er dog muligt at konstruere multifaktorielle forsøg med begrænset blokstørrelse ved at fravælge uinteressante højere ordens vekselvirkninger. Det samme princip kan anvendes til at reducere antallet af parceller (brudent faktorforsøg).

I årene 1979-84 gennemførtes en række multifaktorielle forsøg i vinterhvede ved Rothamsted (Prew et al., 1983, 1985, 1986). Forsøgsbehandlingerne i de enkelte år er vist i tabel 4.4. Forsøgene blev gennemført som

Tabel 4.4 Dyrkningsfaktorer undersøgt i multifaktorielle forsøg ved Rothamsted (Prew et al., 1983, 1985, 1986).

1979	1980-81	1982-84
Såmetode	N-tidspunkt	Forfrugt
Såtid	Såtid	Såtid
N-Mængde	N-mængde	N-mængde
N-delning	N-delning	N-tidspunkt
Vanding	Vanding	Vækstregulering
Pesticid efterår	Pesticid efterår	Pesticid
Bladlusbekæmpelse	Bladlusbekæmpelse	Svampebekæmpelse forår
Svampebekæmpelse	Svampebekæmpelse	Svampebekæmpelse sommer

Tabel 4.5 Effekt af forfrugt og bedste kombination af tre faktorer på kerneudbytte i et multifaktorielt forsøg i vinterhvede ved Rothamsted (Prew et al., 1986).

År	Kerneudbytte (hkg/ha)	
	Gennemsnit	Bedste trefaktor kombination
Havre som forfrugt		
1982	81,7	87,1 (megen kvælstof tildelt tidligt)
1983	98,2	102,4 (tidlig såning og svampebekæmpelse)
1984	104,3	110,8 (megen kvælstof og pesticid)
Byg som forfrugt		
1982	50,2	60,6 (megen kvælstof tildelt tidligt)
1983	79,4	85,6 (sen såning og svampebekæmpelse)
1984	82,0	92,5 (sen såning og megen kvælstof)

et $\frac{1}{2} \times 2^3$ brudent faktorforsøg med i alt 128 parceller. Ved et 2^3 -forsøg forstås et forsøg med otte behandlinger hver på to niveauer. Forsøgene blev gennemført af en tværfaglig forskergruppe, hvilket gav mulighed for en øget forståelse af årsager til udbyttevariation mellem behandlinger. Forsøgsresultaterne er desuden anvendt i forbindelse med udvikling af en vækstmodel for vinterhvede (Weir et al., 1984) samt en metode til fastlæggelse af behov for kvælstofgødskning (Widdowson et al., 1987).

Forsøget i 1979 gav et gennemsnitligt udbytte af alle behandlinger på 97 hkg/ha. Den bedste kombination af tre faktorer gav et udbytte på 113 hkg/ha. De faktorer, der havde den største effekt på udbyttet, var bladlusbekæmpelse og svampebekæmpelse. Effekten af disse faktorer var mere end additiv og størst ved den højeste kvælstofmængde.

Gennemsnitsudbyttet af forsøget i 1980 og 1981 var henholdsvis 96 og 83 hkg/ha, og udbyttet af de bedste trefaktor kombinationer var henholdsvis 112 og 99 hkg/ha. Svampebekæmpelsen havde den største effekt på udbyttet. Effekten var større ved tidligere såning og ved høj kvælstofmængde.

I forsøget i 1982-84 undersøgttes også effekten af forfrugt, dels en dårlig forfrugt (byg), dels en god forfrugt (havre) med hvede som forforfrugt. Forfrugten havde langt den største effekt på udbyttet, jf. tabel 4.5. Dette skyldtes i det væsentlige angreb af goldfodsyge. Effekten af de øvrige behandlinger varierede fra år til år. Der kunne dog hvert år konstateres en vekselvirkning mellem forfrugt og såtid.

Som supplement til de multifaktorielle forsøg på lerjorden ved Rothamsted har Widdowson et al. (1985) og Thorne et al. (1988) udført tilsvarende forsøg på andre jordtyper i England.

I Tyskland har bl.a. Kundler et al. (1988) og Heyland og Triebel (1986) gennemført multifaktorielle forsøg i vinterhvede. Kundler et al. (1988) undersøgte effekten af 8 faktorer på 5 lokaliteter over tre år i DDR. Virkningen af de forskellige faktorer fandtes at variere betydeligt afhængig af sted og år. Udbyttet i den bedste kombination af indsatsfaktorer lå i gennemsnit 21 hkg/ha over gennemsnittet i forsøgene. Der blev imidlertid ikke gennemført tilstrækkelige registreringer til klarlægning af årsagerne til udbytteforskellene.

Heyland og Triebel (1986) gennemførte et multifaktorielt forsøg med fem faktorer på en lokalitet over to år. En større registreringsindsats gjorde det muligt her at give sandsynlige forklaringer på årsagerne til forskelle og vekselvirkninger mellem behandlinger. Multipel lineær regression blev anvendt til at relatere effekterne til bl.a. klimaforhold. Denne fremgangsmåde er dog betænkelig på det foreliggende datamateriale, der kun dækker to år. Anvendelsen af multipel lineær regression giver dog mulighed for at vurdere effekternes størrelse og betydning, men sådanne regressionsmodeller vil først have vejledningsværdi, hvis de bygger på et betydeligt bredere datamateriale.

I Danmark har Kjærsgaard (1986-90) gennemført en række multifaktorielle forsøg til belysning af vekselvirkninger mellem sorter, plantetal, kvælstofmængde og -tildelingsstrategi, vækstregulering og svampebekæmpelse. Forsøgene er gennemført på lerjord på Sjælland, og der er kun gennemført få forsøg hvert år. Størrelsen og antallet af vekselvirkninger har varieret betydeligt fra år til år, især afhængig af vejrforholdene i de enkelte år. Det har dog i flere år været muligt at reducere ressourceindsatsen betydeligt i forhold til normal dyrkningspraksis under opretholdelse af det samme eller et højere økonomisk udbytte.

4.9.3 Udnyttelse af monitoringsdata

Monitoringsdata fra registreringer i praktisk jordbrug kan give information om effekten af dyrkningsfaktorer under praktiske forhold. Dette forudsætter dog, at registreringerne gennemføres efter nøje fastlagte retningslinier. Hvis der skal foretages visuelle bedømmelser, bør antallet af observatører være beskedent.

Hvis antallet af registreringer er tilstrækkeligt stort, kan monitoringsdata belyse hovedvirkninger af forskellige faktorer. Dette giver mulighed for at identificere faktorer, som kun sjældent medtages i forsøg, bl.a. effekt af læbælter og markens hældningsgrad og hældningsretning. Således har Kluge (1990) benyttet monitoringsdata til klarlægning af faktorer, som påvirker meldugangreb i vinterhvede.

Oftest vil det dog ikke være muligt at identificere vekselvirkninger i monitoringsdata. Dette skyldes, at mange faktorer i praksis påvirker produktionsresultatet. Det er ikke muligt i praksis at gennemføre et registreringsprogram, som kan afsløre alle disse faktorer.

5. Modeller for vinterhvede

Systemanalyse og simulering har i de sidste årtier i stigende grad været anvendt i studiet af jordbrugsfaglige og planteproduktionsmæssige problemstillinger. Fremgangsmåden kan karakteriseres ved tre begreber (Rabbinge og de Wit, 1989): systemer, modeller og simulering. Et system er en afgrænset del af virkeligheden, der indeholder relaterede elementer. En model er en simplificeret repræsentation af et system. Simulering kan defineres som kunsten at bygge matematiske modeller og studiet af deres egenskaber med reference til de systemer, som de beskriver.

Afgrænsningen af systemet afhænger af hvilke effekter, der ønskes modelleret. De eksisterende modeller for vinterhvede er alle begrænset til at dække interaktioner indenfor en disciplin eller mellem få discipliner. Anvendelsen af modeller til studiet af interdisciplinære problemstillinger er dog stigende (Penning de Vries, 1990).

Formålet med modellering kan opdeles i flere punkter:

- At opnå større forståelse af systemets funktion gennem beskrivelse af sammenhængene mellem de enkelte elementer.
- At kunne ekstrapolere viden til også at gælde omstændigheder og kombinationer af faktorer, der ikke direkte er undersøgt i forsøg.
- At kunne anvende modellerne til planlægning og styring af indsatsen af produktionsfaktorer.

Modeller for plantevækst har især været anvendt til opnåelse af større forståelse af plante-jord-atmosfære systemet. Modellerne har kun i beskedent omfang været anvendt til planlægningsformål, og da oftest i forbindelse med strategisk planlægning, bl.a. vedr. sortsvalg og såtidspunkt i semiaride

områder (f.eks. Singels, 1992). Dette skyldes dels, at de eksisterende modeller ikke indeholder alle betydende faktorer bl.a. vedr. sygdomme og skadedyr, dels at modellernes opbygning oftest gør dem uegnede til optimeringsformål.

5.1 Principper for modellering

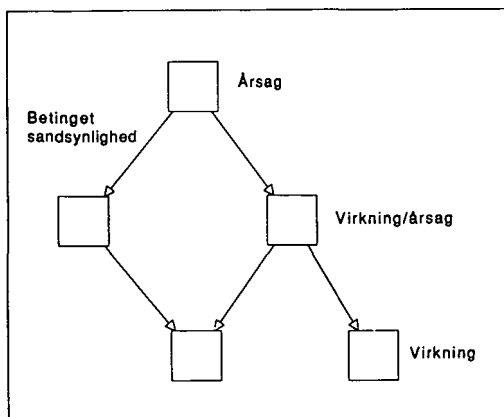
Den simpleste metode til modellering er anvendelse af regressionsmetoder, hvor indsamlede data tilpasses en på forhånd valgt ligning. Denne metode er bl.a. benyttet af Hanus og Aimiller (1978) til udvikling af udbytteprognoser. Metoden giver ingen egentlig beskrivelse af komplicerede årsags/virknings forhold og er derfor uegnet til ekstrapolering af den eksisterende viden til andre forhold. Regressionsmetoden kan dog anvendes til udvikling af delmodeller, hvor der er tale om simple sammenhænge mellem årsager og virkninger.

Da plantevækst er resultatet af mange vekselvirkende processer, der forløber over en lang tidsperiode, er det naturligt at beskrive systemet ved ændringer i dets tilstand i form af hastigheder og differentialligninger. Dette kaldes dynamisk og deterministisk simulering. Denne metode er også anvendt til beskrivelse af vandtransport og næringsstofomsætning og -transport i jorden. Simulering med disse modeller foregår ved numerisk integration af differentialligningerne (Leffelaar og Ferrari, 1989). Dynamiske modeller beskrives ofte ved systemanalyse diagrammer, som grafisk viser sammenhængen mellem de indgående tilstandsvariable, og hvorledes disse påvirkes af ydre forhold.

Dynamisk og deterministisk simulering er den mest anvendte metode til simulering af plantevækst, og stort set alle de modeller,

der er nævnt i afsnit 5.2, er af denne type. Anvendelsen af differentialligninger, som integreres over tid gør dog disse modeller uegnede til optimeringsformål i andre end meget simple situationer.

En anden metode til beskrivelse af et system er anvendelse af kausale sandsynlighedsnet. Denne metode er hidtil fortrinsvis anvendt til udvikling af medicinske diagnosesystemer (Andreassen et al., 1990). Et kausalt sandsynlighedsnet beskrives ved hjælp af knuder og kanter (pile), således at der fremkommer en orienteret ikke cyklisk graf. Knuderne i nettet repræsenterer modellens variable eller parametre, mens pile repræsenterer de kausale sammenhænge mellem disse, jf. figur 5.1. Sammenhængene mellem knuderne angives ved betingede sandsynligheder.



Figur 5.1 Elementer i et kausalt sandsynlighedsnet.

De enkelte knuder i nettet indeholder en række gensidigt udelukkende tilstande, og for hver knude bestemmes sandsynligheden for, at knuden er i de enkelte tilstande. Dette giver i praksis en række restriktioner på repræsentationen af kontinuerte variable, der ofte må diskretiseres i en række tilstande eller intervaller.

Ved opstilling af kausale net er der grundlæggende to betingelser, der skal opfyldes:

- Viden om tilstanden for en knude i nettet (A) afhænger kun af viden om tilstandene af forældrene til A (første ordens Markov), d.v.s. viden om tilstandene for andre knuder i nettet er irrelevant.
- Der må ikke forekomme orienterede cykler i nettet. Ved at følge pilens retning bort fra en knude, må det ikke være muligt at komme tilbage til samme knude.

Knudernes sammenhænge og de betingede sandsynligheder udgør den statiske viden i modellen, mens sandsynlighederne for de enkelte knuders tilstande under påvirkning af nettet udgør den dynamiske viden. Det er muligt at beregne de betingede sandsynligheder for de knuder, hvis tilstand ikke kendes på forhånd. Dette kræver, at den betingede sandsynlighedsfordeling til de enkelte knuder kendes:

P(knudeforældre): Sandsynligheder for knudens tilstande på betingelse af alle kombinationer af forældreknuder.

Inddata til den kausale model er data for tilstanden af enkelte observerbare knuder. På grundlag af denne kan nye sandsynlighedsfordelinger beregnes for knuderne givet de kendte forhold (evidens):

P(knudeevidens): Sandsynligheder for knudens tilstande på betingelse af evidens (kendte forhold).

Kausale sandsynlighedsnet gør det muligt at modellere årsagssammenhænge, hvor der samtidig opereres med sandsynligheder og usikkerheder. Metoden er ikke direkte egnet til modellering af kontinuerte variable og af

variable, som udvikler sig i tid. Der findes dog metoder til at overkomme dette. Det er muligt at kalibrere de kausale net med data for modellens variable og sammenhængen mellem disse.

Kausale net anvendes i ekspertsystemer til flere formål, bl.a. diagnose-, fejlfindings- og planlægningssystemer. I et diagnosesystem er det muligt af fremkomme med en diagnose ud fra viden om enkelte vilkårlige variable i modellen. I et planlægningssystem kan et optimalt forløb for en proces planlægges.

Kausale sandsynlighedsnet har endnu ikke været anvendt til udvikling af plantevækstmodeller. Dette skyldes formentlig, at teknikkerne og værktøjerne til beregning af sandsynlighederne i store net først er blevet tilgængelige i de seneste år. Olesen et al. (1991) har dog forsøgsvis anvendt et kausalt net til modellering af meldug i vinterhvede. Hovedkonklusionen på dette modelforsøg var, at anvendelse af kausale sandsynlighedsnet synes lovende til beskrivelse af visse sammenhænge i planteproduktionen. Dette gælder ikke mindst, hvor der er tale om interdisciplinære sammenhænge. Sådanne net vil forholdsvis enkelt kunne udbygges til anvendelse som styrings- og planlægningsværktøj i planteavl, hvor det er muligt at optimere indsatsen af produktionsfaktorer.

5.2 Oversigt over eksisterende modeller

I tabel 5.1 er givet en oversigt over et udvalg af modeller og delmodeller, som vedrører vinterhvede. Modellerne er i tabellen opdelt efter det fagområde, som de beskriver. De generelle modeller søger at beskrive flere aspekter af plantevæksten. Det er dog oftest kun plantens vand- og kvælstofforsyning samt kvælstofomsætningen i jorden, der er beskrevet i disse modeller. Der findes således endnu ikke modeller, som beskriver alle de forhold, der er af betydning for indsatsen af produktionsfaktorer i vinterhvededyrkingen.

Tabel 5.1 Modeller med relation til vinterhvede.

Emne	Reference
Generelle modeller	
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstofomsætning (AFRC wheat)	Porter et al. (1980) Landsberg og Porter (1981) Weir et al. (1984), Porter (1984a)
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstofomsætning (DAISY)	Hansen et al. (1990d)
Planteproduktion (SUCROS87)	Spitters et al. (1989)
Planteproduktion og vandforsyning (SIMTAG)	Stapper (1984)
Planteproduktion (TAMW)	Maas og Arkin (1980)
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstofomsætning (CERES-Wheat)	Ritchie og Otter (1984)
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstofomsætning (SOIL-N)	Jansson (1987) Jansson et al. (1987)
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstof	Groot (1987)
Planteproduktion, vandforsyning og kvælstof	Keulen og Seligman (1987)
Planteproduktion og vandforsyning	O'Leary et al. (1985)
Planteproduktion og kvælstofomsætning	Spek og Oijen (1986)
Plantevækstprocesser, fænologi m.m.	
Spiring	Lindstrom et al. (1976)
Ontogenese	Miglietta (1989, 1991a,b,c)
Dannelse af sideskud	Chalabi og Day (1986)
Kernevækst	Vos (1981)
Mikroklima	
Jord og luftklima	Goudriaan og Waggoner (1972)
Luftklima	Wu (1990)
Luftklima	Goudriaan (1977)
Kvalitet	
Vandindhold i kerner	Olesen og Mikkelsen (1985a,b)
Faldtal i kerner	Karvonen og Peltonen (1991)
Jordbearbejdning	
Teoretisk jord mekanik	Hettiaratchi (1988)
Maskiner, jord og planter	Hadas et al. (1988)

Tabel 5.1 (fortsat) Modeller med relation til vinterhvede.

Emne	Reference
Ukrudt	
Effekt af ukrudtsbekæmpelse	Pannell (1990)
Effekt af ukrudtsbekæmpelse	Lotz et al. (1990)
Effekt af ukrudtsbekæmpelse	Jensen og Kudsk (1988)
Effekt af ukrudtsbekæmpelse	Kudsk (1989)
Fremspiring af ukrudt	Benech Arnold et al. (1990)
Fremspiring af ukrudt og afgrøde	Bridges et al. (1989)
Fordeling af ukrudtsfrø i jorden	Cousens og Moss (1990)
Konkurrence med afgrøde	Kroppf og Spitters (1991)
Konkurrence med afgrøde	Wilson og Wright (1990)
Populationsdynamik af ukrudt i relation til sædskifte og bekæmpelsesstrategi	Cousens et al. (1987) Holzmann og Niemann (1988) Wilson et al. (1984)
Ukrudtsharvning	Rasmussen (1991a,b)
Skadedyr	
Bladlus, skade i vinterhvede	Rossing et al. (1989) Rossing og Wiel (1990) Rossing (1991a,b)
Bladlus, udvikling	Entwistle og Dixon (1986)
Bladlus, udvikling	Poehling et al. (1991)
Bladlus, udvikling	Latteur og Oger (1991)
Bladlus, udvikling og skade	Rabbinge og Mantel (1981)
Bladlus, udvikling og skade	Rossberg et al. (1986)
Plantesygdomme	
Meldug, udvikling og skade	England (1986)
Meldug, skade	Daamen (1988, 1989)
Septoria tritici, udvikling	Coakley et al. (1985)
Septoria tritici, udbyttetab	Shaw og Royle (1989)
Septoria nodorum, bekæmpelse	Vereet og Hoffmann (1989)
Septoria nodorum, angreb	Englert (1983)
Knækkefodsyge, bekæmpelse	Siebrasse et al. (1988)
Vandforbrug	
Vandtransport i planter	Katerji et al. (1986)

6. Vejledningssystemer for vinterhvede

Vejledningssystemer kan være mangeartede. Det karakteristiske ved sådanne systemer er, at de ofte bygger på en bestemt filosofi, hvorfra der udarbejdes mere eller mindre detaljeret vejledning vedrørende dyrkningen. Tidligere var vejledningssystemerne baseret på papirløsninger. Med fremkomsten af billige edb-maskiner, bliver edb-baserede vejledningssystemer mere og mere udbredte.

6.1 Udenlandske dyrkningssystemer for vinterhvede

I Europa er der i 1970'erne og starten af 80'erne udviklet flere dyrkningssystemer eller "forskrifter" for hvededyrkning. I Belgien introduceredes et system (Laloux) baseret på en relativt beskeden indsats, der lagde vægt på lav udsædsmængde, god buskning og en moderat indsats med kvælstof (Laloux et al., 1980). I Slesvig-Holsten udvikledes et system baseret på en intensiv anvendelse af plantebeskyttelsesmidler, vækstregulering og flerdeling af kvælstofgødning for at stimulere forskellige vækstperioder. I systemet indgik anvendelse af høje udsædsmængder, samt tildeling af plantebeskyttelsesmidler, vækstreguleringsmidler og kvælstofgødning relativt ofte, og på i forvejen fastlagte tidspunkter i forhold til hvedens udviklingstrin.

6.2 Danske dyrkningssystemer for vinterhvede

I slutningen af 1970'erne introducerede fremsynede konsulenter og landmænd nordtyske dyrkningssystemer specielt i de østlige egne af Danmark. Afsmitningen fra tyske systemer har kunnet spores i dyrkningspraksis (f.eks. en høj udsædsmængde) helt frem til i dag.

Principperne i de nordtyske dyrkningssystemer er blevet afprøvet i forsøg udført af landboforeninger og Statens Planteavlsforsøg. Man har ikke i Danmark kunnet finde entydige merudbytter for tre eller firedeling af kvælstofmængden, ligesom anvendelsen af vækstreguleringsmidler og anvendelsen af store udsædsmængder heller ikke entydigt var optimalt.

I de seneste år er der en stigende interesse for dyrkningssystemer, der med en reduceret anvendelse af hjælpstoffer kan fastholde de samme dækningsbidrag som intensive dyrkningssystemer. Kjærsgård (1990) har i sine forsøg demonstreret, at nettoudbyttet i nogle sorter er nogenlunde konstant, på trods af forskelle i indsatsniveau af bl.a. udsædsmængde, kvælstoftildeling og plantebeskyttelse.

Egentlige danske dyrkningssystemer for hvede er ikke udviklet. Der er dog egnsvis forskelle i dyrkningspraksis betinget af afgrødevalg, forskelle i bekæmpelsesbehov og tradition.

6.3 Edb-baserede vejledningsprogrammer

Det er beskedent, hvad der i dag findes af PC'ere i landbruget. Selv om 3-4 år forventes antallet ikke at være stort, jf. tabel 6.1.

Tabel 6.1 Prognose for antal PC'ere i landbruget og andel af landbrug med egen PC (AIM-Farmstat, 1990).

	%	Antal
1990	7	4.500
1994	16	10.500

Det er hovedsageligt større landbrug, der anskaffer edb-udstyr. Edb er i dag et vigtigt element i undervisningen på landbrugsskoler. Efterhånden som nyuddannede landmænd overtager produktionen, vil der sandsynligvis ske et skred i antallet af PC'ere i erhvervet. På samme måde vil det stigende antal programmer, der er til rådighed, stimulere en øget anvendelse.

Edb vil uanset udbredelsen af PC'ere blandt landmænd indgå som en integreret del af rådgivningen i de kommende år. Edb anvendes i dag på alle planteavlkontorer i forbindelse med planlægning af gødskning og plantebeskyttelse. Denne udvikling vil givet fortsætte. Det må således forventes, at edb fremover vil finde anvendelse til strategisk, taktisk og operationel beslutningsstøtte for både landmænd og konsulenter.

Forudsætningen for en optimal edb-anvendelse i landbruget er, at de nødvendige programmer er til rådighed. Sådanne programmer har i en årrække været under udvikling såvel i Danmark som internationalt. De fleste programmer har dog endnu kun lille udbredelse.

6.3.1 Udenlandske vejledningsprogrammer

I midten af halvfjerdserne udvikledes i Holland et vejledningssystem mod sygdomme og skadedyr i hvede. Systemet blev døbt EPIPRÉ og dannede skole for en række lignende systemer i andre lande. EPIPRÉ byggede på simple vækstmodeller for de aktuelle skadevoldere samt skaderelationer, der kunne omsætte et evt. angreb til et estimeret tab. Såfremt det estimerede tab oversteg omkostningerne til behandling anbefalede behandling. EPIPRÉ havde på sit højeste over 1000 marker tilsluttet (Zadoks, 1989b; Drenth et al., 1989). EPIPRÉ er i dag tilgængelig over det Hollandske "Minitel" system. Systemet er eksporteret til Schweiz, hvor der ligeledes er tilsluttet 6-

800 marker (Forrer og Amiet, 1989). Systemet er blevet afprøvet i Belgien, England, Frankrig, Tyskland og Sverige uden dog at være slået an (Zadoks, 1989). Et tilsvarende system fungerer i Norge, Nordpré (Magnus, 1990). En PC-baseret version af EPIPRÉ (EPICURE) har i en årrække været under udvikling i Frankrig (Progetti og Benizri, 1990), men er endnu ikke udviklet til brug i større skala. En række andre programmer er under udvikling i Frankrig (ITCF) (Lescar et al., 1983) og Tyskland (Siebrasse et al., 1988; Mangstl et al., 1987). Der er ingen steder rapporteret om færdige programmer dækkende sygdomme og skadedyr med en signifikant udbredelse i praktisk landbrug.

Programmer til vejledning i bekæmpelse af ukrudt er i litteraturen kun omtalt i begrænset omfang. I Tyskland udvikles flere systemer (Geröwit, 1990; Pohlmann og Reiner, 1990). I England er meldt om et system under udvikling ved Long Ashton Research Station (Cussans og Rolph, 1990). I andre afgrøder er meldt om systemer i Frankrig (Lescar et al., 1983) og Holland.

6.3.2 Bedriftsløsningen

Ved Landbrugets Rådgivningscenter er udviklet et integreret bedriftsstyrings- og planlægningsprogram, Bedriftsløsningen. Bedriftsløsningen består af en række sammenhængende edb-programmer til brug for økonomi- og produktionsstyring af landbrugsbedrifter. Bedriftsløsningen er opbygget som selvstændige programmer med en fælles brugergrænseflade. Man kan overføre og genbruge data mellem de enkelte fagområder (Landbrugets Rådgivningscenter, 1990). Bedriftsløsningen henvender sig både til konsulenter og landmænd.

Bedriftsløsningen var tilgængelig fra 1990. De indledende moduler omfattede planlægningsmoduler for regnskab, budget og markstyring. I løbet af 1991 tilbydes vejlednings-

moduler i ukrudtsbekæmpelse samt optimering af gødningsfordeling. I 1992 forventes vejledningsmoduler for bekæmpelse af sygdomme og skadedyr at blive indbygget.

6.3.3 PC-Planteværn

Ved Planteværnscentret udvikles PC-baserede vejledningsprogrammer vedr. bekæmpelse af sygdomme, skadedyr og ukrudt. Programmerne vil i deres endelige udformning blive formidlet under navnet PC-Planteværn som et modul i ovennævnte Bedriftsløsning.

PC-Planteværn indeholder både vejledningsmodeller og generel information. Systemet indeholder følgende menulementer:

- Vejledningsmodeller mod sygdomme, skadedyr og ukrudt
- Information om kemikalier
- Information om blandingsmuligheder
- Information og forslag til optimal sprøjte-teknik
- Information om sygdomme, skadedyr og ukrudtsarter
- Information om nytteedyr

Med baggrund i markobservationer, klimatiske oplysninger og agronomiske data, fastlægger vejledningsmodellerne om der er behov for bekæmpelse. Hvis dette er nødvendigt, beregnes en faktorkorrigeret dosering. Vejledningsmodellerne i PC-Planteværn er blevet afprøvet i forsøg og af grupper af landmænd og konsulenter. De har her vist sig i stand til at håndtere forekommende skadevoldere tilfredsstillende med et lavere kemikalieforbrug, end hvad der anvendes i almindelig praksis (Baandrup og Ballegård, 1990; Secher og Murali, 1991; Secher, 1991a).

Vejledningsmodeller for ukrudtsbekæmpelse er tilgængelig for landmænd og konsulenter fra foråret 1991. Vejledningsmodeller for

sygdomme og skadedyr forventes at følge efter fra foråret 1992.

6.3.4 MARKVAND

Ved Statens Planteavlfsforsøg er der udviklet et PC-baseret vejledningsprogram til styring af vandingen på markniveau på landbrugsbedrifter (Plauborg og Olesen, 1991). Programmet, der hedder MARKVAND, distribueres fra 1991 af Landbrugets Rådgivningscenter til interesserede landmænd og konsulenter. Systemet giver vejledning vedr. vandings-tidspunkter og mængder i en 5-døgns prognoseperiode. Systemet indeholder endnu ingen prioritering mellem afgrøder og marker, såfremt vandingskapaciteten er begrænset.

MARKVAND-systemet er opbygget af empiriske modeller, herunder en afgrødemodel, en vandbalancemodel, en beslutningsmodel samt en brugergrænseflade til håndtering af ind- og uddata.

Systemet benytter daglige værdier af nedbør, potentiel fordampning og temperatur. Bladareal- og rodudvikling samt fænologisk udvikling beregnes i afgrødemodellen på baggrund af temperatursummer. I vandbalancemodellen beregnes daglige værdier for aktuel fordampning, afdræning og jordvandunderskud i rodzonen. I beslutningsmodellen beregnes vandingsforslag, såfremt det relative jordvandunderskud overskrider en afgrødeafhængig tørkefølsomhedsparameter.

MARKVAND-systemet udvides i et igangværende projekt med en model til prioritering mellem afgrøder og marker ved begrænset vandingskapacitet. Dette omfatter udvikling af simple modeller til beregning af udbyttenedgang ved vandmangel.

7. Modelskelet for vinterhvededyrkning

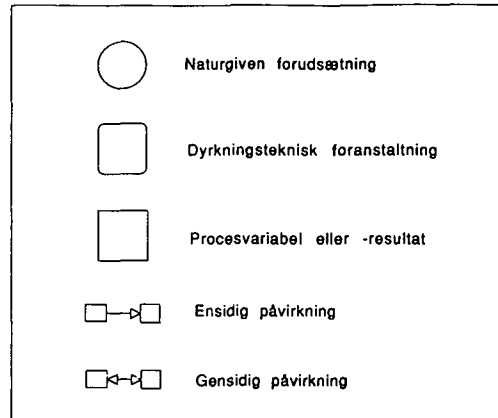
Vinterhvededyrkingen påvirkes af mange dyrkningsfaktorer, som vekselvirker indbyrdes gennem processer i jord, planter eller atmosfæren. Der er tale om komplicerede processer, der dog ofte kan reduceres til nogle få begreber. I forbindelse med udvikling af et integreret dyrkningsprogram for vinterhvede er det af betydning at danne sig et overblik over processerne og deres vekselvirkninger.

Der er derfor gennemført en systemanalyse af vinterhvedens vækst og produktion. Kun de vigtigste forhold er medtaget i systemanalysen. Valget heraf bygger alene på forfatterens skøn. Resultatet af systemanalysen foreligger i form af en række diagrammer, som viser sammenhængene mellem forskellige tilstandsvariable og processer af betydning for produktion af vinterhvede.

I diagrammerne anvendes en række symboler, hvis betydning fremgår af figur 7.1. Der skelnes mellem tre typer variable:

- Naturgivne forudsætninger. Dette kan f.eks. være jordtype og klima, som påvirker systemet, men som ikke kan ændres.
- Dyrkningstekniske foranstaltninger. Dette er behandlinger, som gennemføres for at regulere produktionen, og som derfor er styrbare.
- Procesvariable og procesresultater. Dette er resultatet af de naturgivne forudsætninger, behandlinger eller af andre procesvariable. Disse variable kan både være tilstande og hastigheder.

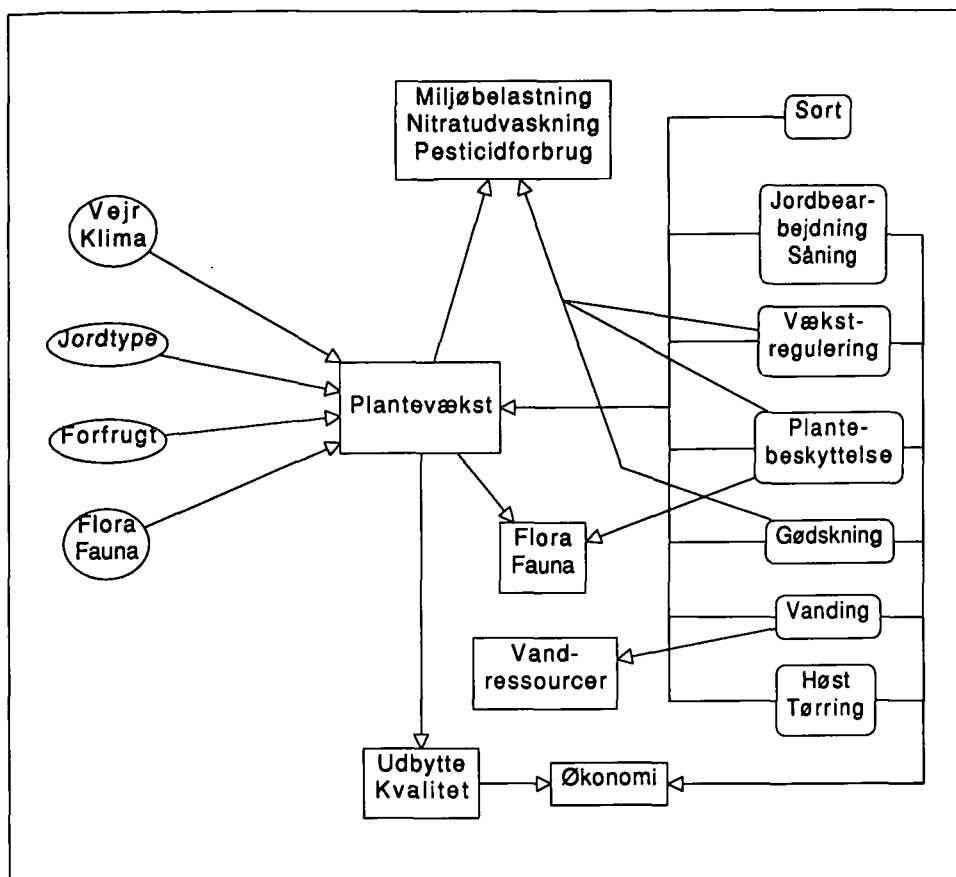
Sammenhængen mellem to variable vil oftest kunne beskrives ved en ensidig påvirkning, således at den ene variabel påvirker den anden, mens det modsatte ikke er tilfældet. I nogle situationer vil der dog være tale om en gensidig påvirkning, evt. forskudt i tid.



Figur 7.1 Symboler i modelskelettet.

Figur 7.2 giver en oversigt over de produktionsfaktorer, som påvirker plantevæksten og dyrkningsøkonomien. Endvidere er effekten på miljø, vandressourcer samt naturlig flora og fauna skitseret. I relation til plantevækst er der tale om komplicerede sammenhænge, som yderligere er skitseret i figurene 7.3 til 7.20. Indsatsfaktorerne har en simpel effekt på økonomien gennem de omkostninger, der er forbundet hermed, og en mere kompliceret gennem effekten på plantevæksten og dermed udbytte og kvalitet. Optimeringskriteriet i systemet vil ofte være dyrkningsøkonomien.

Det bliver dog i stigende grad af betydning også at inddrage andre forhold, bl.a. miljøbelastning i optimeringen. Der ligger dog betydelige problemer i vægtingen af disse effekter i forhold til økonomien. På trods heraf vil det være muligt i nyttefunktionerne at knytte "priskoefficienter" til de miljøbelastende faktorer. Sådanne priskoefficienter vil i høj grad være baseret på skøn. Ved at variere priskoefficienterne vil det være



Figur 7.2 Oversigt over forhold som påvirker og som påvirkes af vinterhvededyrkning.

muligt at udarbejde optimale strategier under forskellige forudsætninger m.h.t. miljøpåvirkning.

Figur 7.3 viser, hvorledes den fænologiske udvikling i vinterhvede afhænger af klimatiske forhold. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 3.1.1.

Figur 7.4 illustrerer dannelsen af skud, aks og kerner. Dette er beskrevet i afsnit 3.1.3 og 3.1.4. De styrende faktorer er her hovedsageligt klimaforhold, sygdomme, skadedyr og jordstruktur. Endelig er mængden af assimilater af stor betydning. Assimilat-

mængden afhænger som vist i figur 7.6 af en lang række forhold.

Figur 7.5 viser dannelsen af bladarealet, som er af betydning for fotosyntesen. De styrende faktorer er her stort set de samme som i figur 7.4. Dannelsen af blade er beskrevet i afsnit 3.1.2.

Figur 7.6 viser dannelsen af assimilater gennem fotosyntesen og tabet gennem respiration. Assimilatfordelingen sørger for fordeling af assimilater til plantens forskellige organer. Denne fordeling styres hovedsageligt af plantens udviklingstrin, men også

andre forhold spiller ind. Planteproduktionen er beskrevet i afsnit 3.1.5 og 3.1.6.

Figur 7.7 viser, hvorledes afgrødens mikroklima påvirkes af afgrødestruktur og makroklima. Dette er omtalt i afsnit 3.2.2.

Figur 7.8 viser, hvordan jordbearbejdningen påvirker de jordfysiske, -kemiske og -biologiske forhold samt fremspiringen af planter. Jordbearbejdning er behandlet i afsnit 3.5. Det ses, at jordbearbejdningen har en ukrudtsbekæmpende effekt. Der kan dog som vist i figur 7.12 også være tale om en fremmende effekt på fremspiring af ukrudt.

Figur 7.9 viser vækstreguleringens indflydelse på planternes egenskaber, specielt lejesædstilbøjelighed og fordelingen af assimilater til forskellige organer. Effekten af vækstregulering er beskrevet i afsnit 3.8.

Figur 7.10 illustrerer kvælstofomsætningen i jorden afhængig af de klimatiske forhold og af gødskning. Tab af kvælstof gennem ammoniakfordampning, denitrifikation og nitratudvaskning er også vist. Kvælstof kan endvidere fjernes fra jorden gennem optagelse i afgrøde og ukrudt. Disse forhold er beskrevet i afsnit 3.9 og 3.15.

Plantens udnyttelse af optaget kvælstof er vist i figur 7.11. Plantens kvælstofindhold og vækststadiet bestemmer plantens kvælstofstatus, der er af betydning for andre produktionsprocesser, jf. afsnit 3.9.2.

Figur 7.12 viser fremspiringen af ukrudtsplanter og dynamikken i jordens puljer af ukrudtsfrø afhængig af en række forhold. De fleste af de viste sammenhænge afhænger af ukrudsart. Disse forhold er yderligere omtalt i afsnit 3.10.

Figur 7.13 viser hvorledes vækst af ukrudtsplanter påvirkes af en række forskellige faktorer, jf. afsnit 3.10. Figuren viser endvi-

dere, hvorledes bekæmpelsesmulighederne påvirker denne vækst.

Figur 7.14 illustrerer konkurrencen mellem ukrudt og afgrøde. Dette sker gennem konkurrence om lys, vand og næringsstoffer, gennem udveksling af biokemiske stoffer og gennem påvirkning på mikroklima og dermed på forekomst af sygdomme og skadedyr. Konkurrence mellem afgrøde og ukrudt er omtalt i afsnit 3.10.2.

Figur 7.15 viser, hvilke faktorer, der påvirker forekomsten af bladlus i vinterhvede. Det ses, at en række forhold spiller ind og har betydning for udvikling af bladluspopulationen. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 3.11.1.

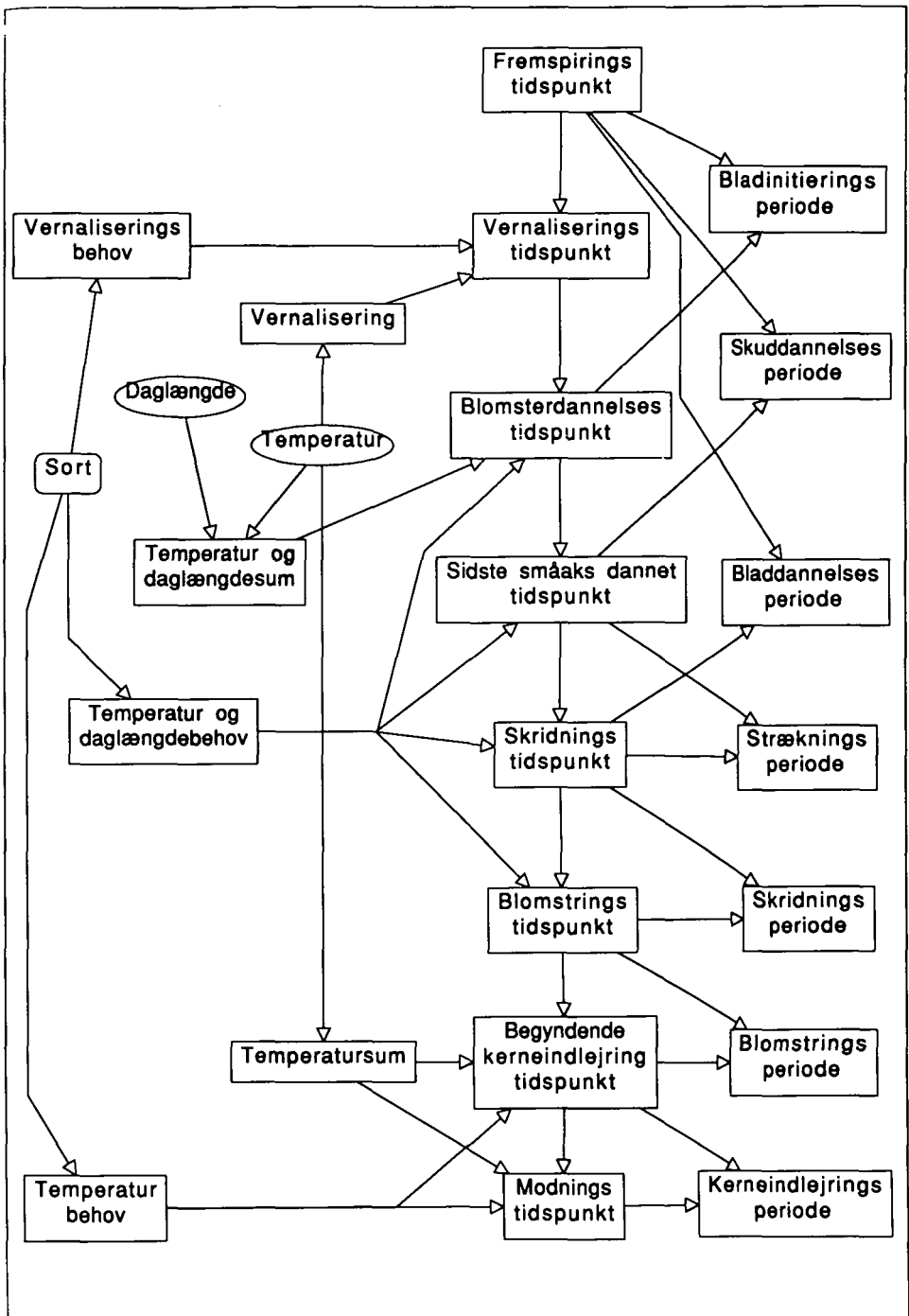
I figur 7.16 er væksten af bladsvampe vist. Dette kan f.eks. være meldug, gulrust eller Septoria. De forskellige svampearter vil dog påvirkes forskelligt af styrende faktorer, jf. afsnit 3.11.

Figur 7.17 viser, hvorledes forekomsten af knækkefodsyge afhænger af klimatiske forhold og en række andre faktorer. Knækkefodsyge giver øget risiko for lejesæd samt reduceret assimilattransport i stænglen, jf. afsnit 3.12.

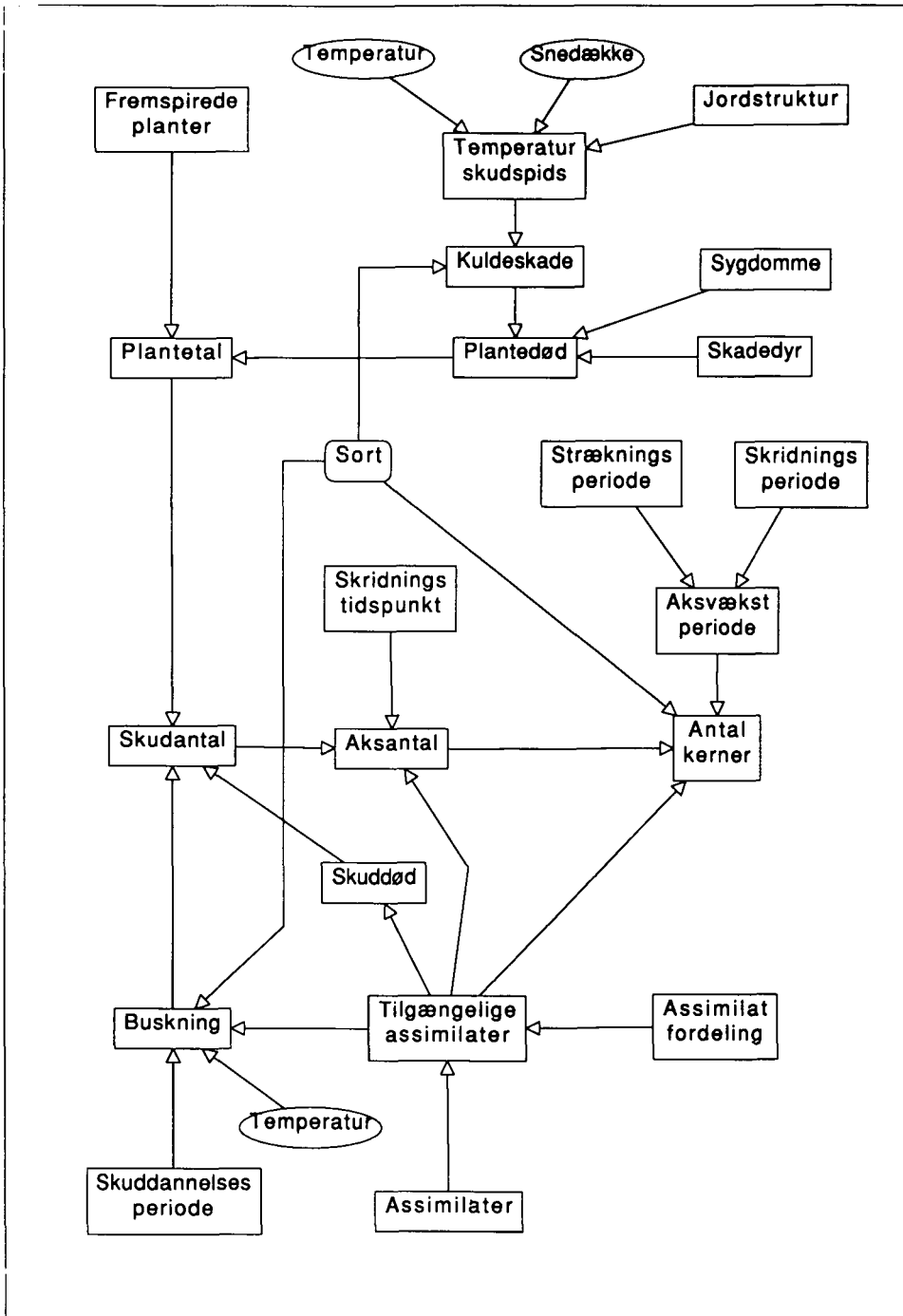
Figur 7.18 illustrerer de forhold, som har betydning for forekomst af goldfodsyge. Goldfodsyge angriber rodnettet og reducerer dermed vand- og næringsstofoptagelsen, jf. afsnit 3.12. Der findes ingen kemiske bekæmpelsesforanstaltninger.

Figur 7.19 viser planternes vandoptagelse og vandudnyttelse afhængig af klimatiske forhold, afgrødestruktur og vanding, jf. afsnit 3.13.

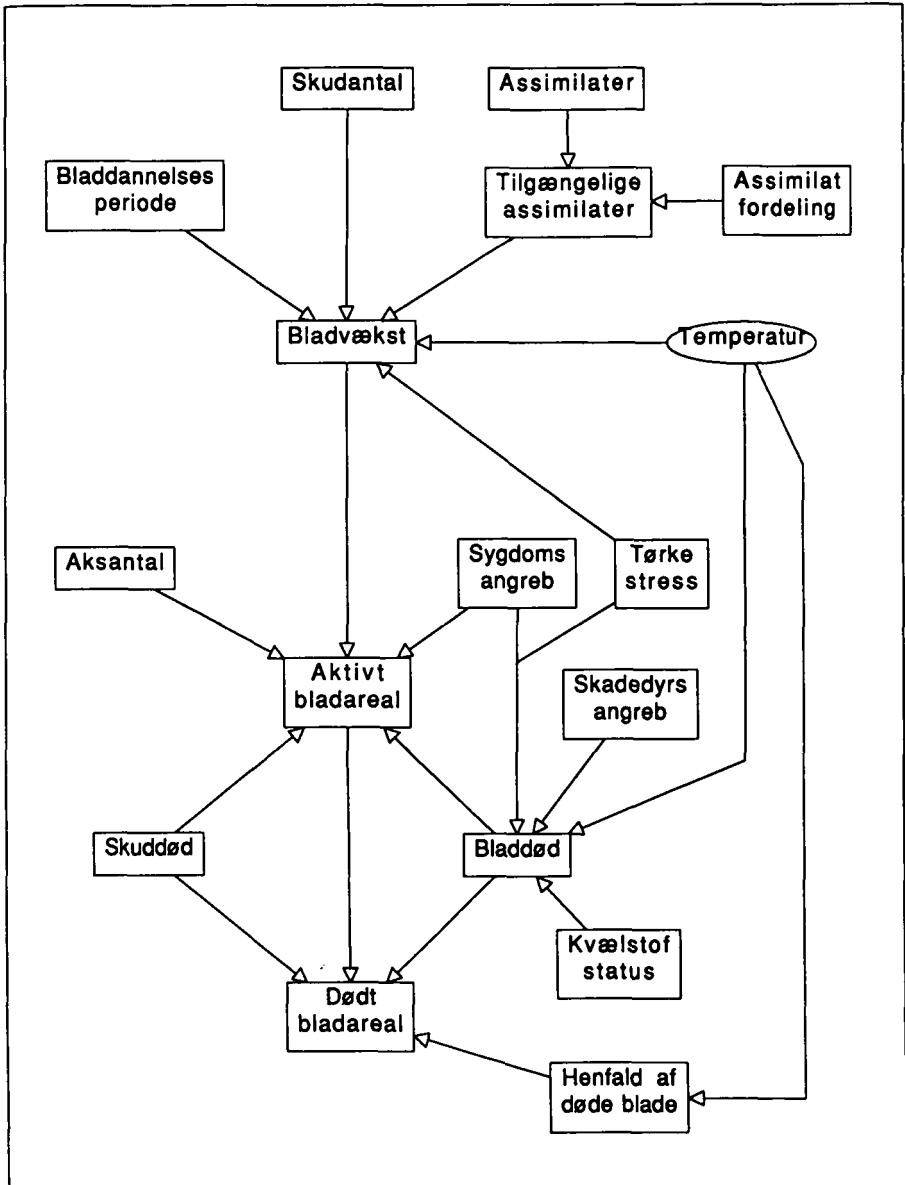
I figur 7.20 er illustreret de vekselvirkninger mellem indsatsfaktorer, som anses at have størst betydning for forekomsten af bladsvampe, jf. afsnit 4.3.2.



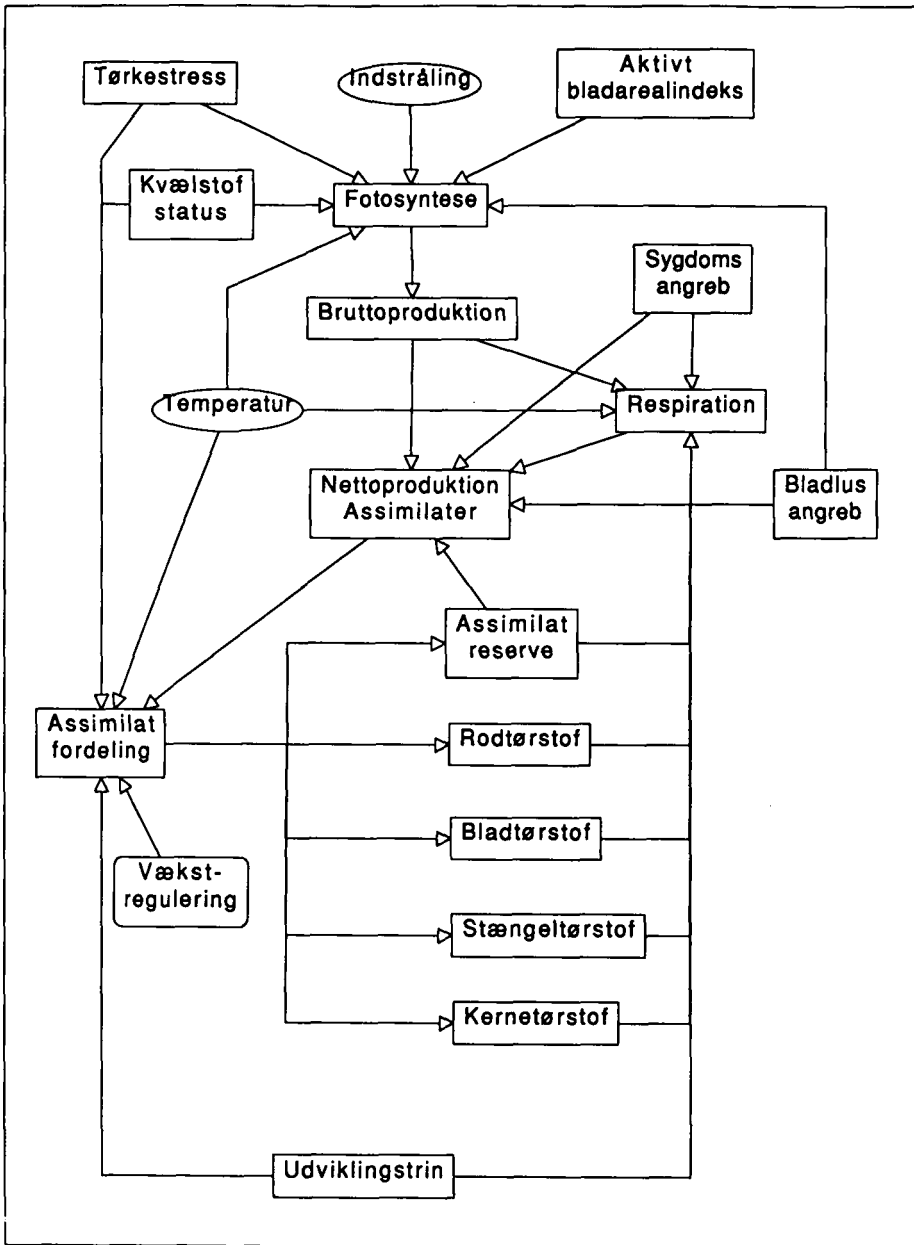
Figur 7.3 Fænologisk udvikling i vinterhvede.



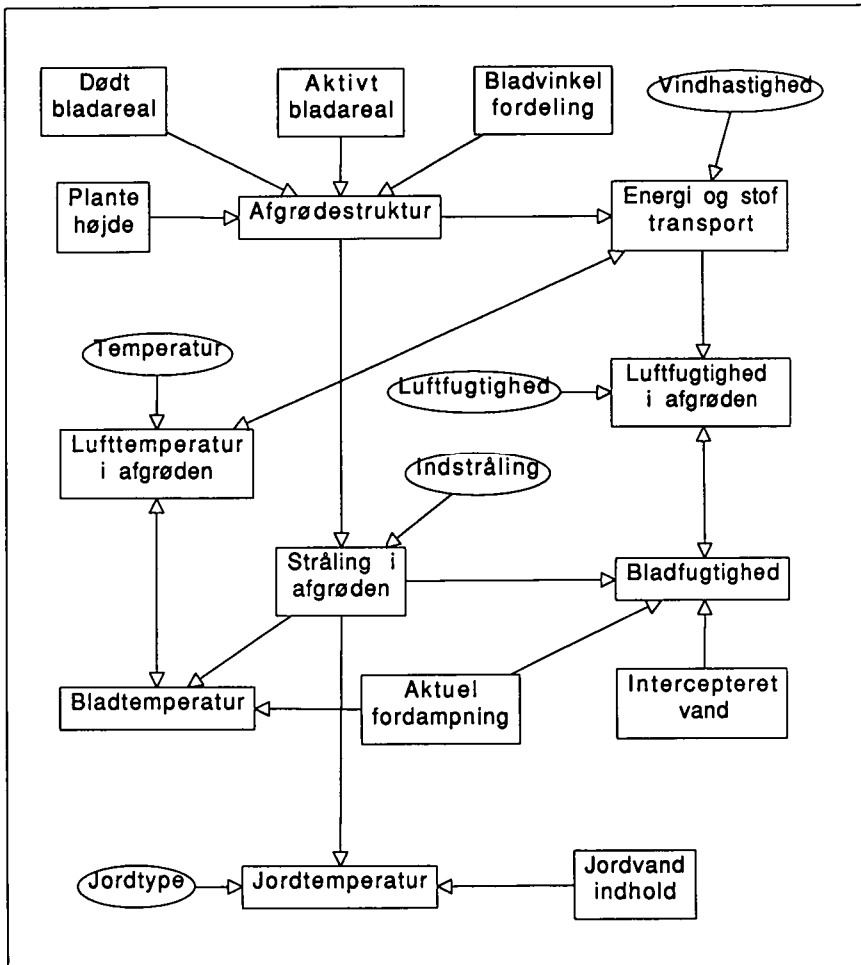
Figur 7.4 Planter, skud, aks og kerner.



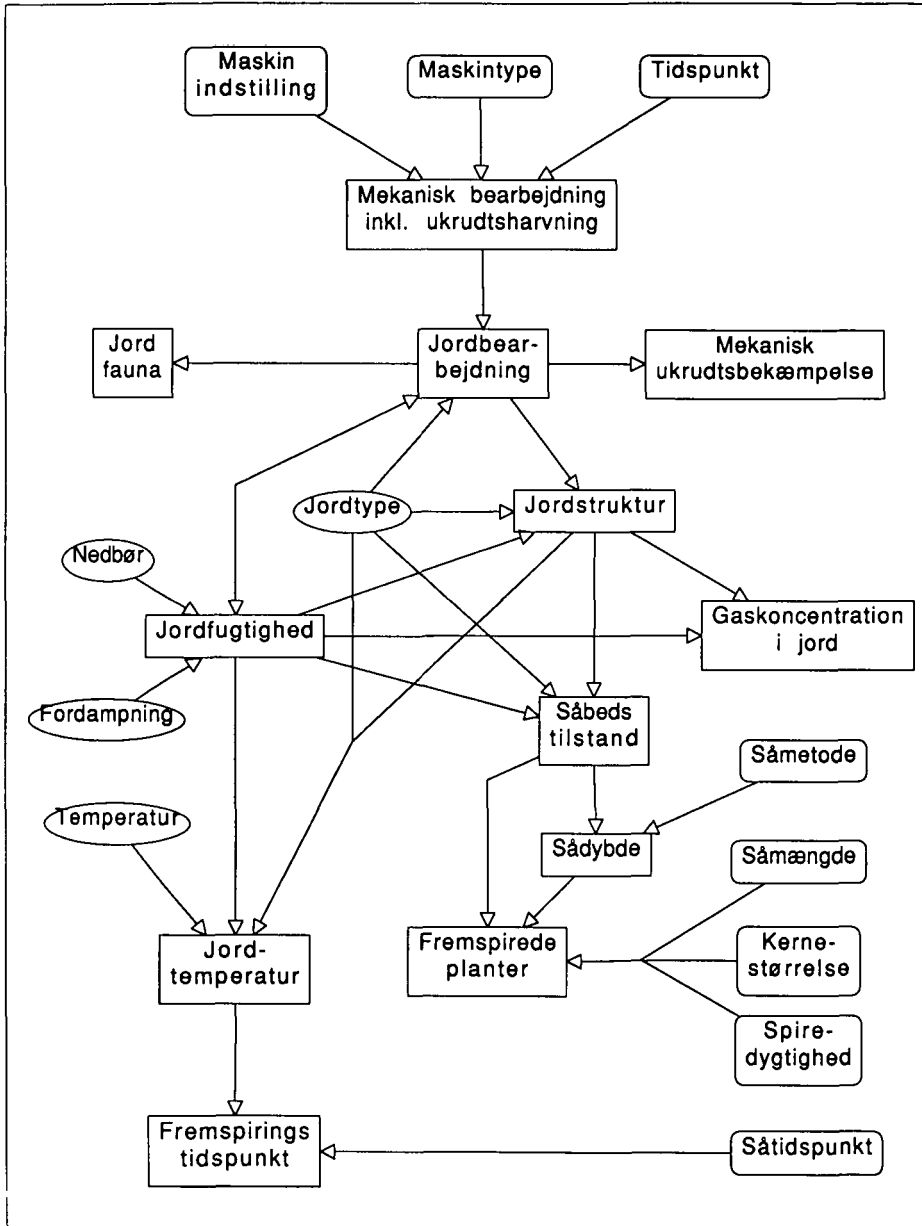
Figur 7.5 Bladareal.



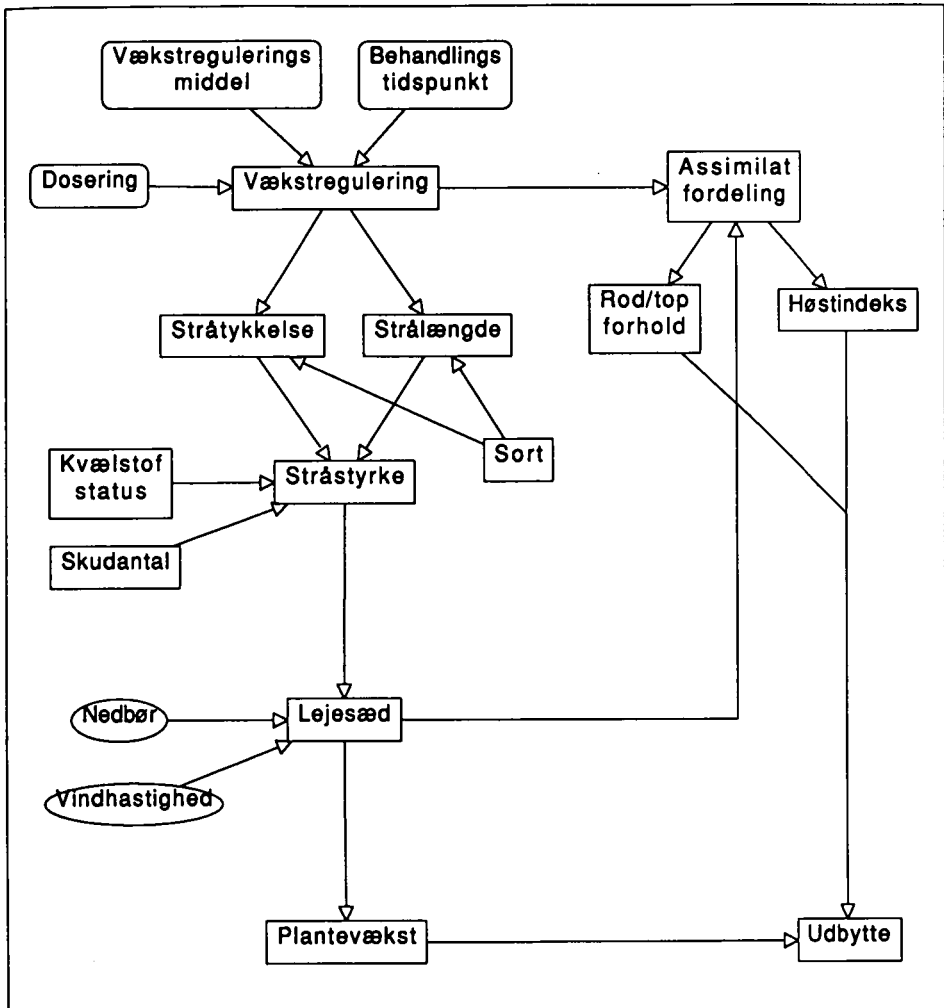
Figur 7.6 Tørkeproduktion.



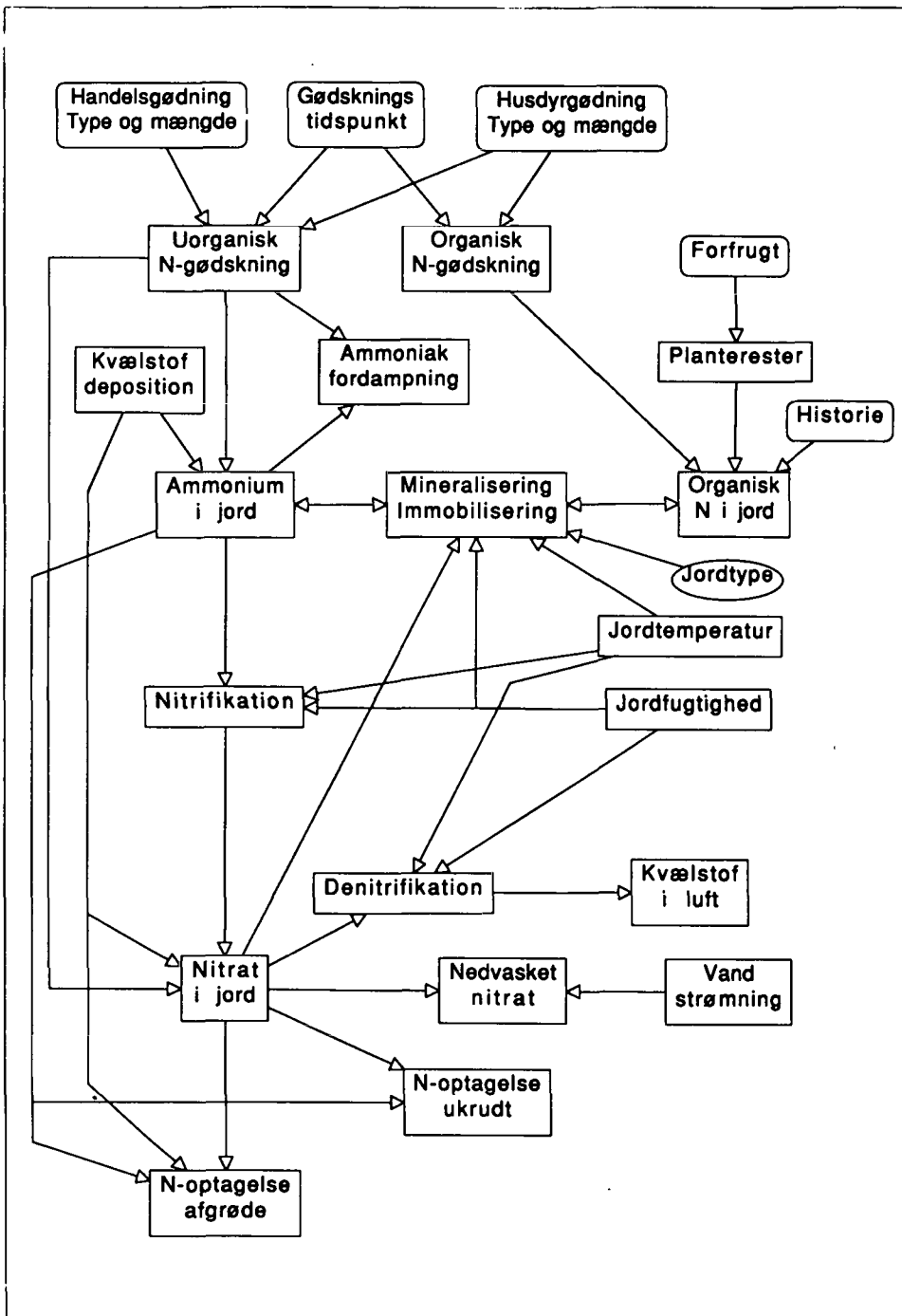
Figur 7.7 Mikroklima.



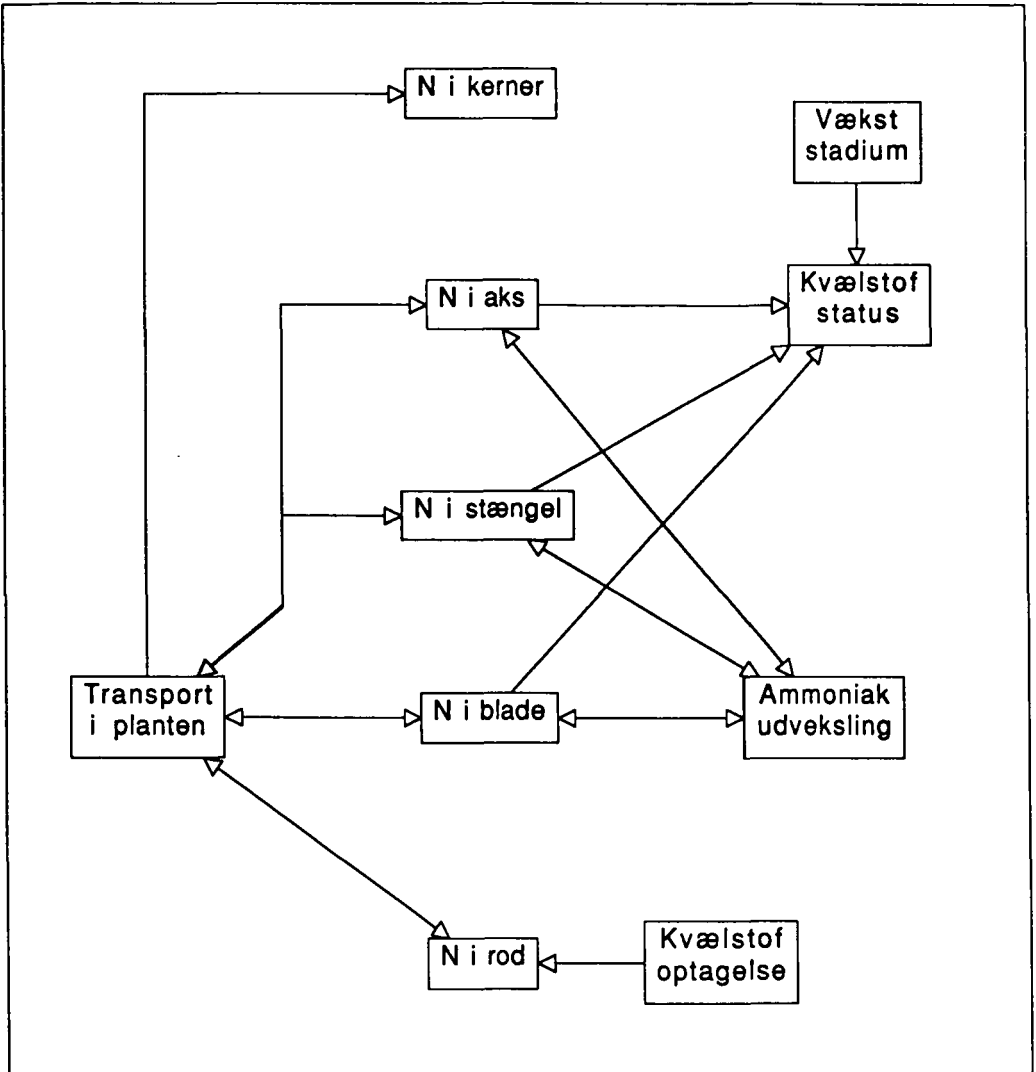
Figur 7.8 Jordbearbejdning.



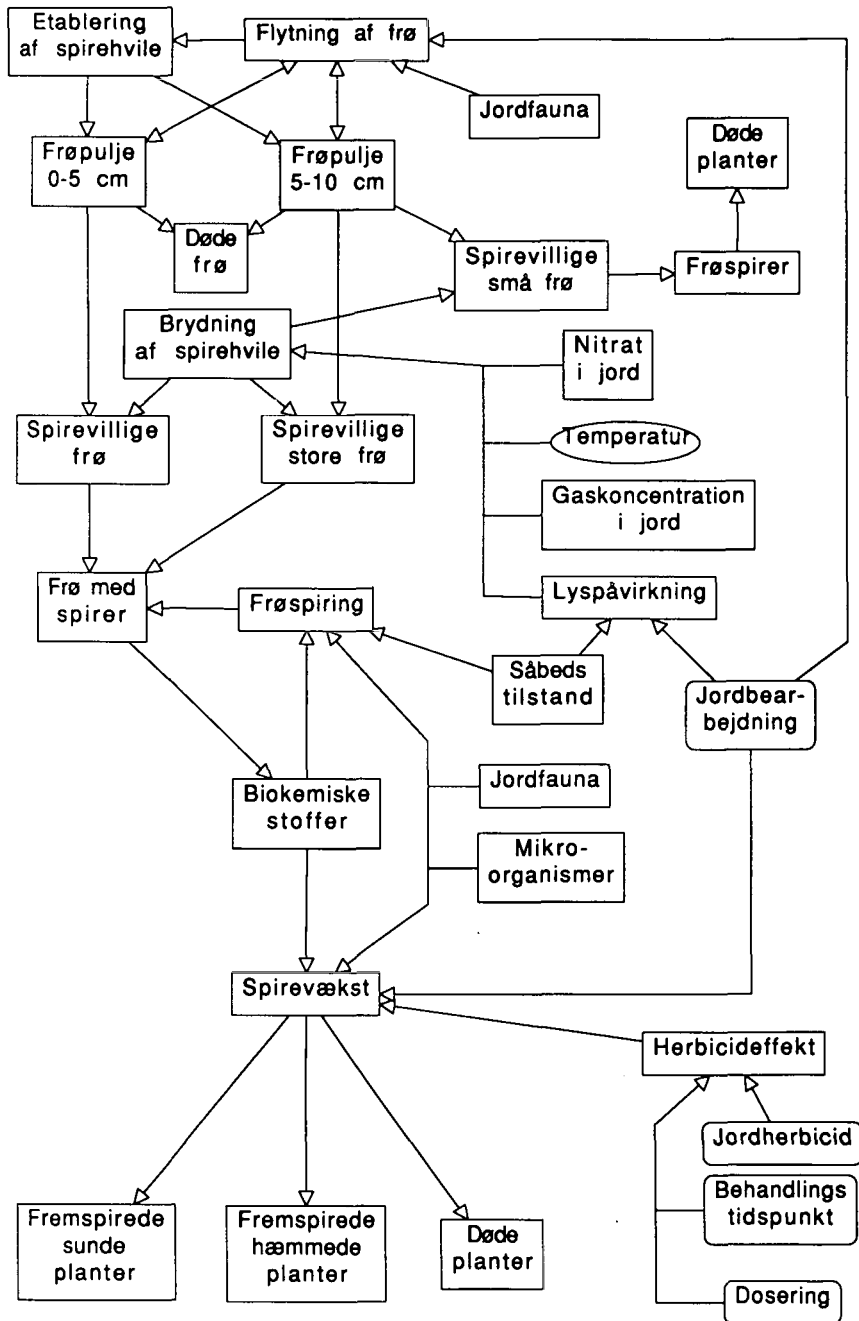
Figur 7.9 Vækstregulering.



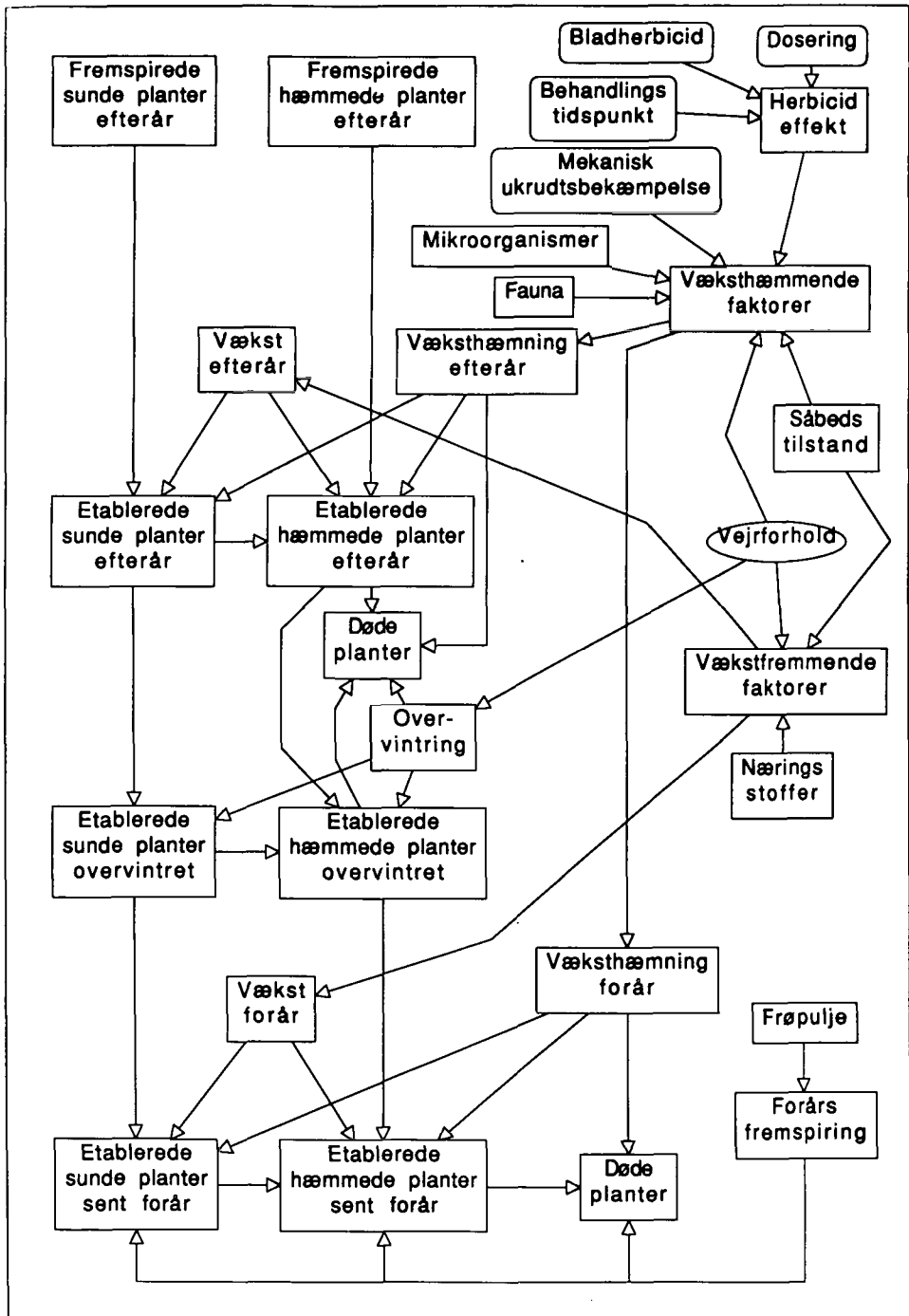
Figur 7.10 Kvælstofomsætning i jord.



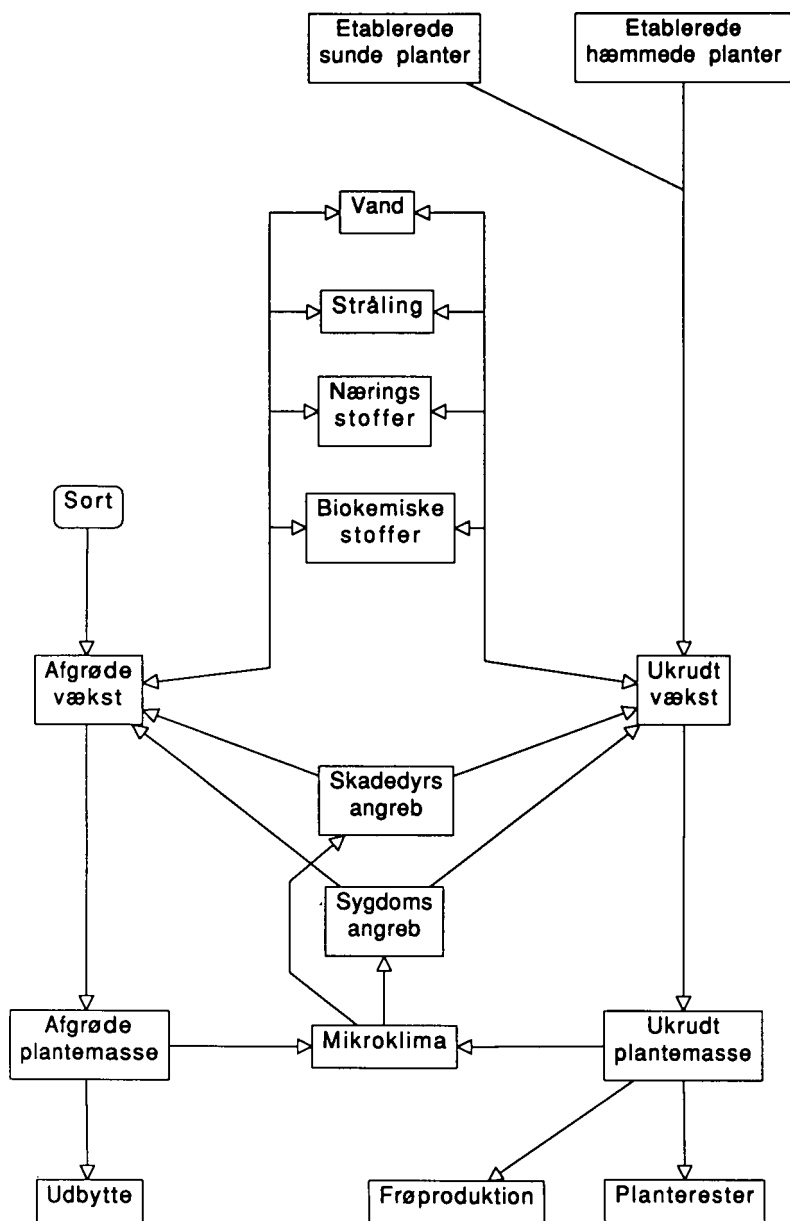
Figur 7.11 Kvælstof i planter.



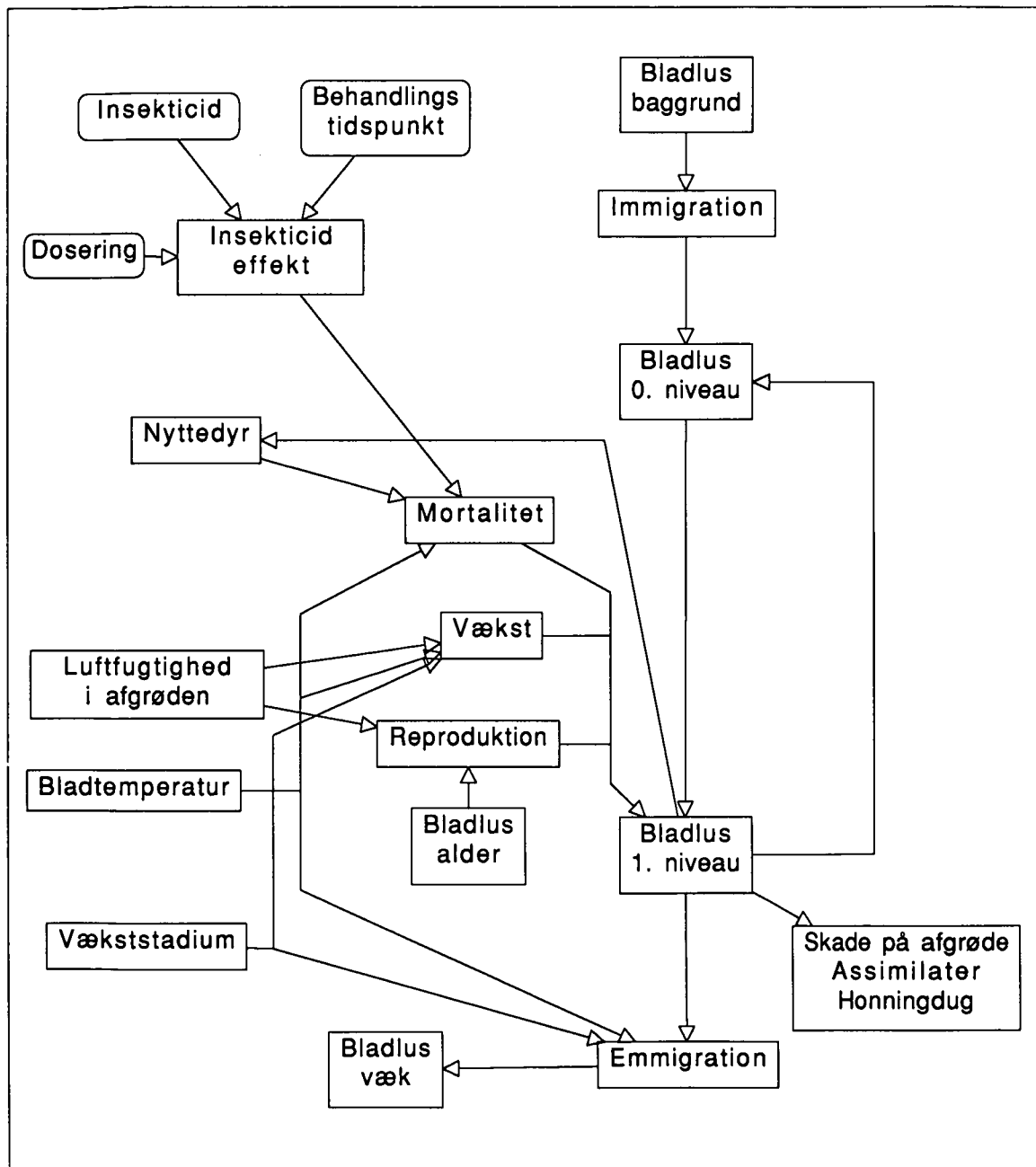
Figur 7.12 Fremspiring af ukrudt.



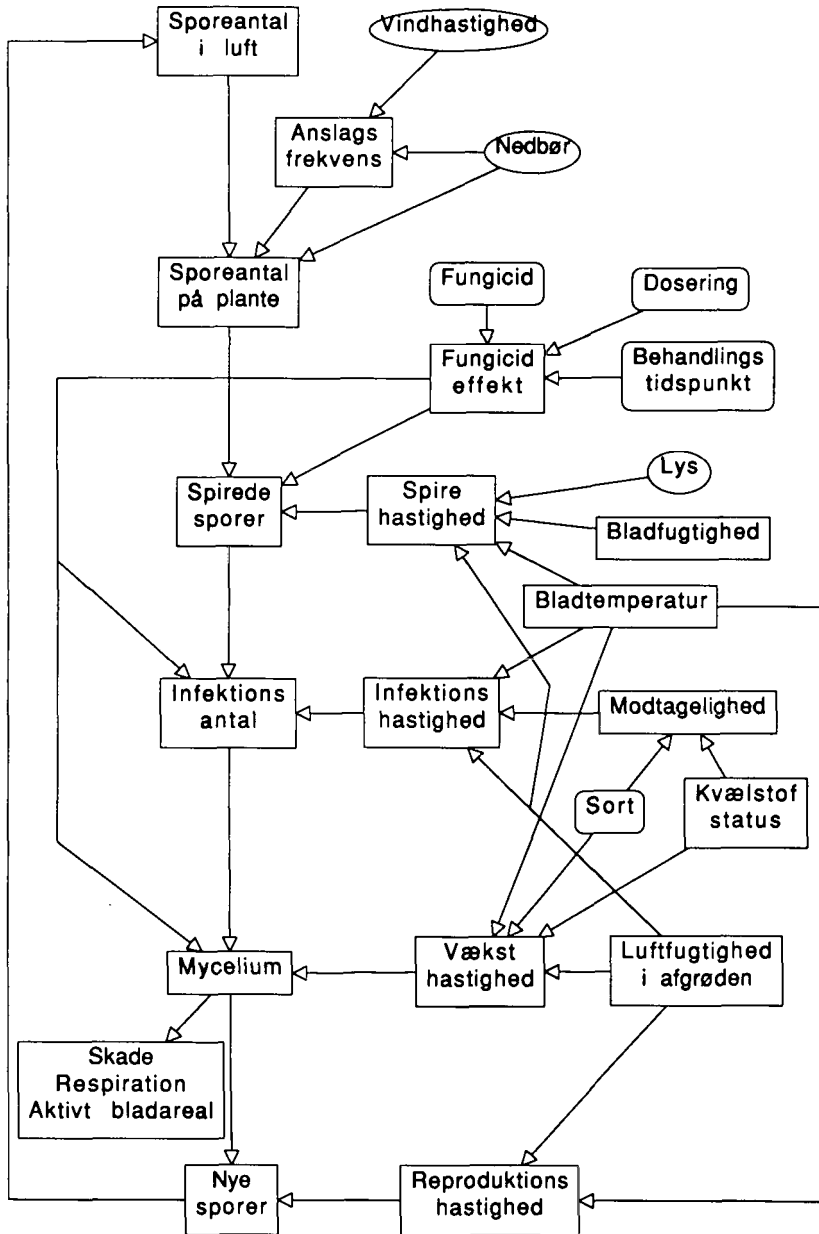
Figur 7.13 Vækst og bekæmpelse af ukrudt.



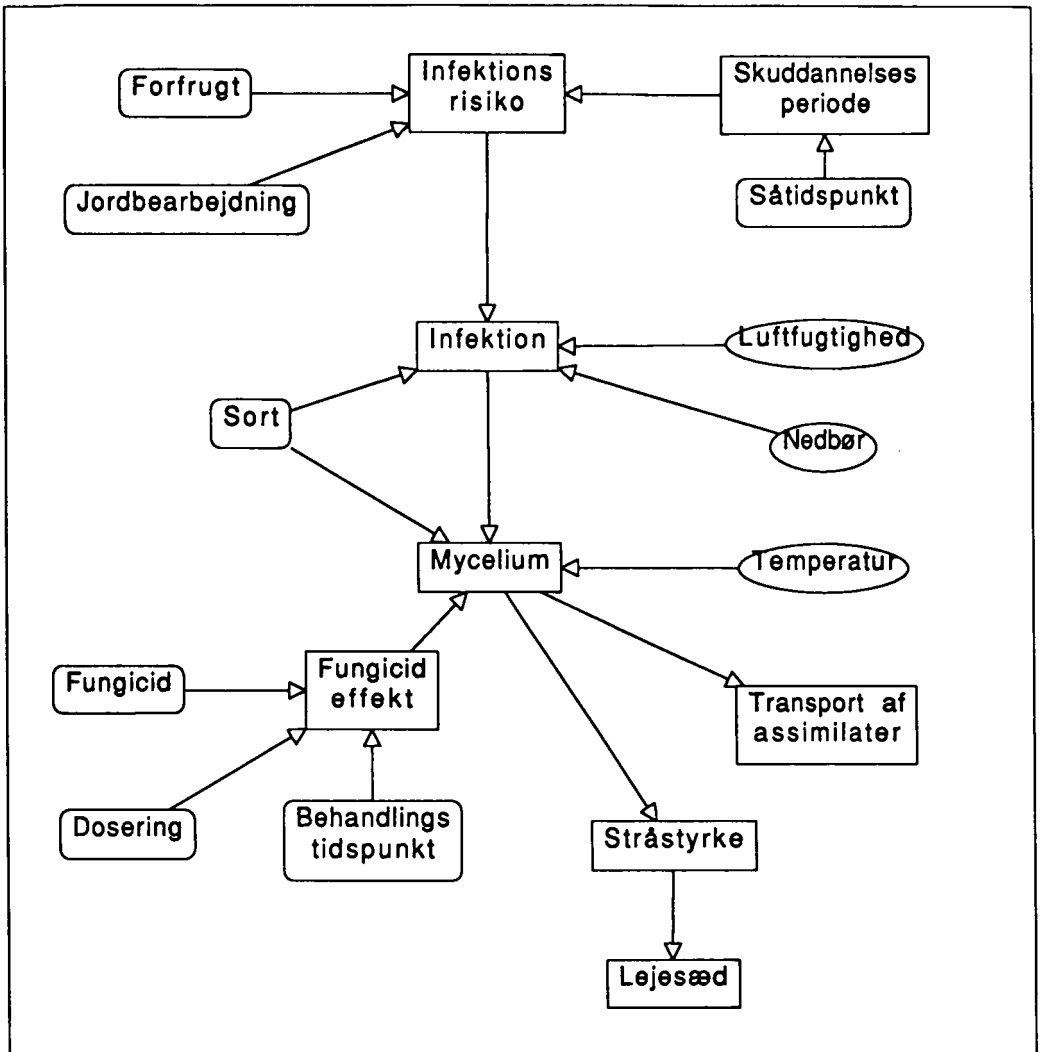
Figur 7.14 Konkurrence mellem ukrudt og afgrøde.



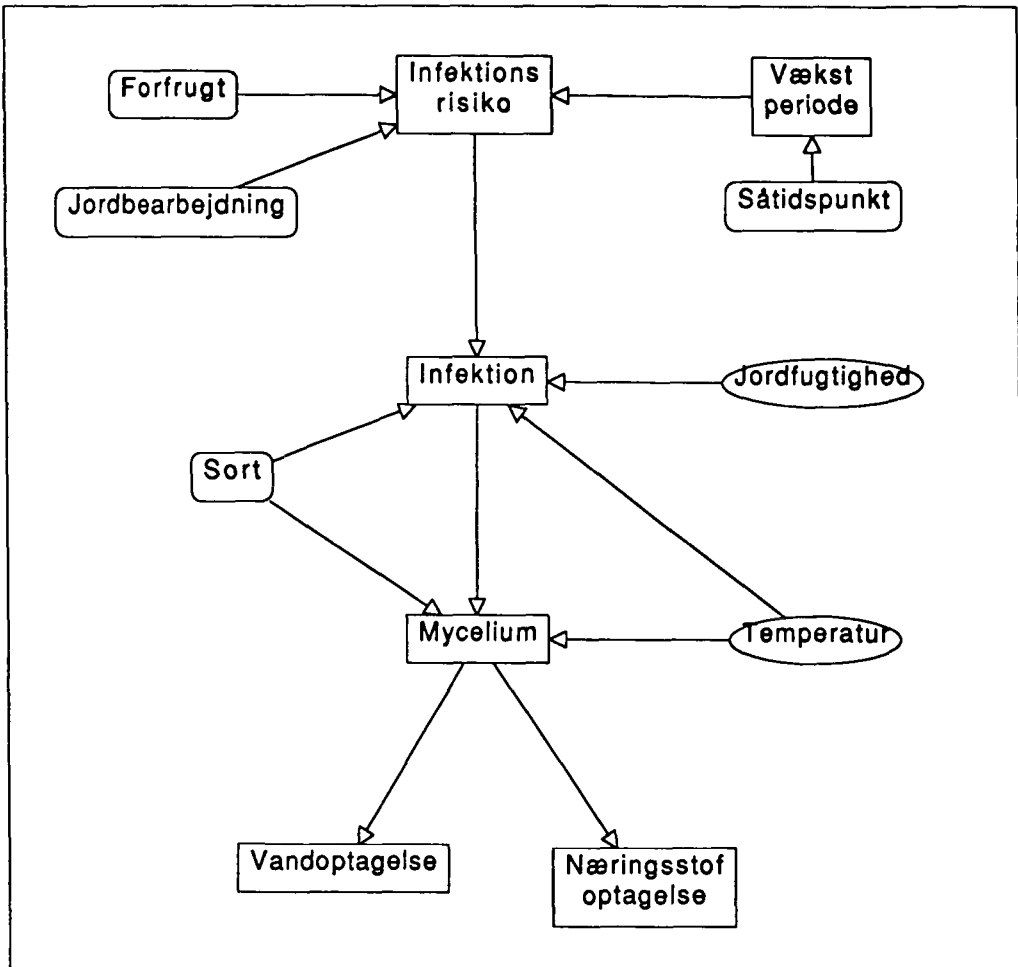
Figur 7.15 Bladlus.



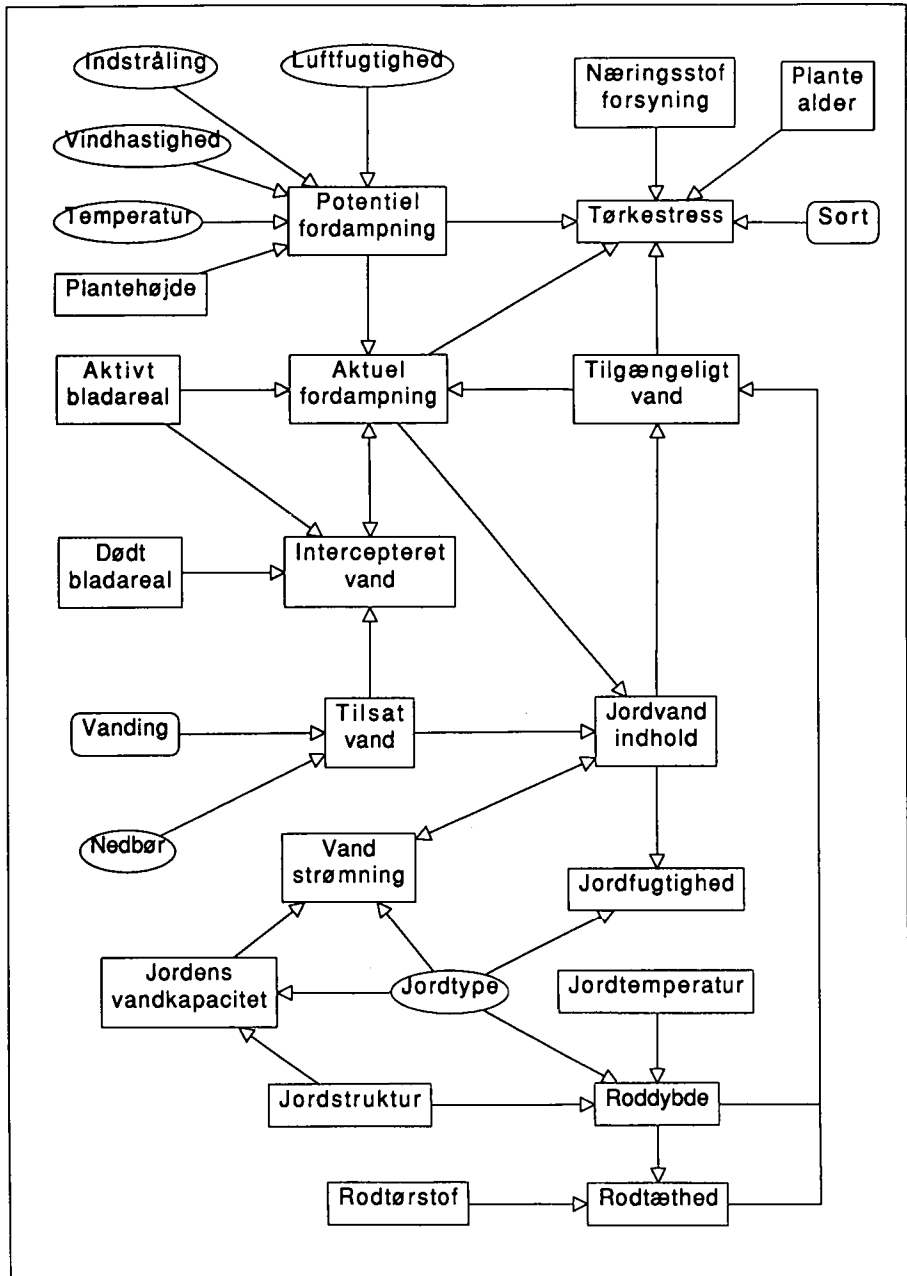
Figur 7.16 Bladsvampe.



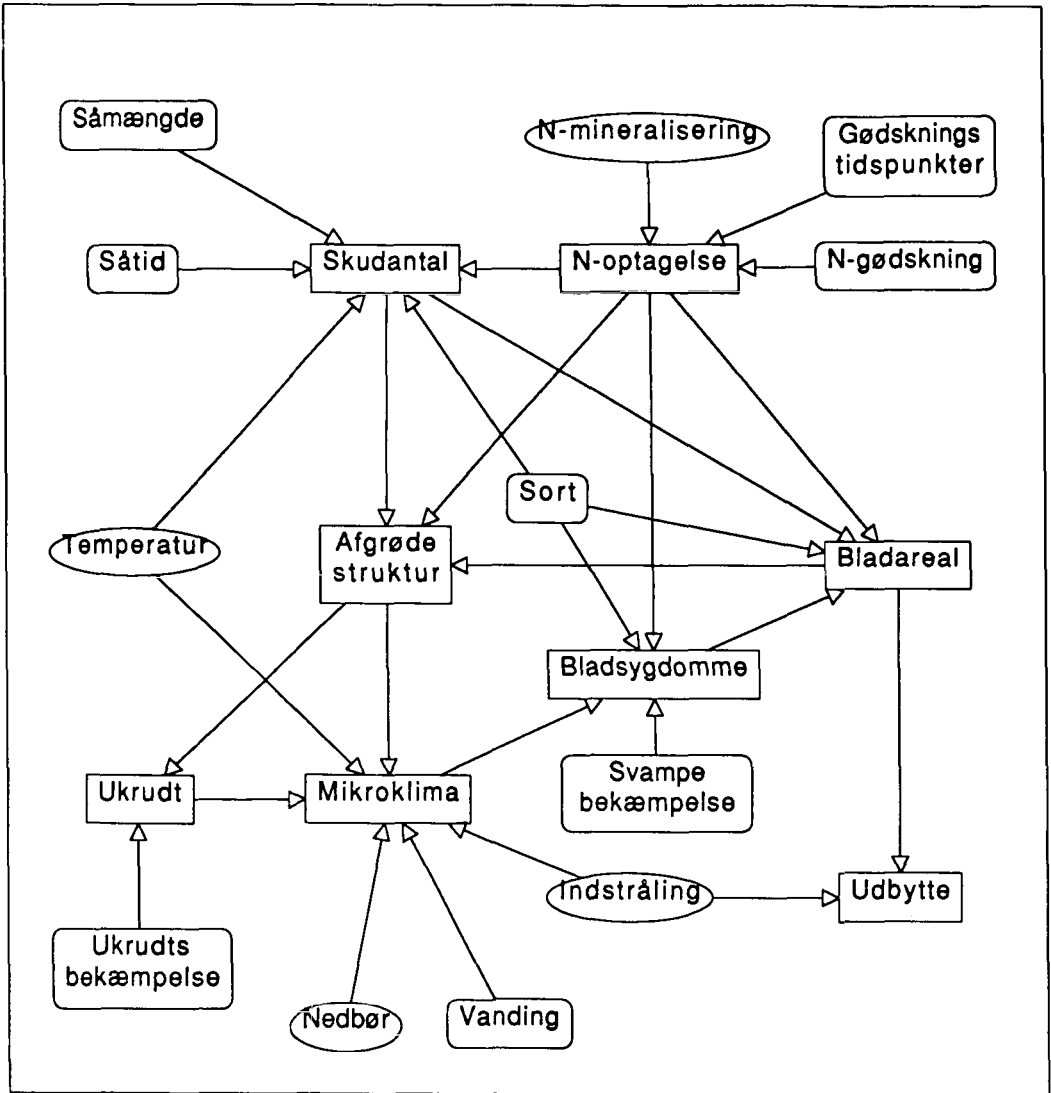
Figur 7.17 Knækkedods sygdom.



Figur 7.18 Goldfodsyge.



Figur 7.19 Vandbalance og vanding.



Figur 7.20 Vekselvirkninger af betydning for angreb af bladsvampe.

8. Muligheder for reduceret ressourceindsats

Indsatsen med hjælpestoffer, maskiner, arbejdskraft m.v. i hvededyrkingen skal ses i forhold til merudbyttet for den pågældende indsats. Det interessante er her det økonomiske merudbytte, d.v.s. merindtægten for afgrøden minus meromkostningerne ved indsatsen. De enkelte dyrkningsfaktorer betragtes ofte hver for sig ved denne økonomiske optimering af indsatsen. Som beskrevet i kapitel 4 er der dog en række vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorerne, som også får betydning for økonomien i hele dyrkningssystemet. På grund af vekselvirkningerne bør den økonomiske optimering derfor ske for alle dyrkningsfaktorer under et. Dette forudsætter imidlertid et grundigt kendskab til vekselvirkningerne mellem dyrkningsfaktorerne.

I tabel 3.1 og 3.2 i kapitel 3 er vist de gennemsnitlige omkostninger til forskellige dyrkningsforanstaltninger i vinterhvede. Det ses, at stykomkostningerne til såsæd, gødning og kemikalier er af samme størrelse. Maskinomkostningerne er dog noget større end stykomkostningerne, når der anvendes maskinstationstakster. De største muligheder for reduceret ressourceindsats synes umiddelbart at ligge på de poster, hvor omkostningerne er størst. Omkostningerne skal dog som nævnt ovenfor ses i forhold til merindtægten ved indsatsen.

Det er især på posterne jordbearbejdning, udsæd, gødning og kemikalier, at der er mulighed for besparelser, mens det på mejetærskning, kornkørsel, tørring og halmpresning vil være vanskeligt at finde besparelser.

Det er ikke muligt at fastlægge en fast dyrkningsstrategi, som under alle forhold giver det optimale økonomiske udbytte. Dette skyldes dels, at betydningen af forskellige dyrkningsfaktorer varierer fra sted til sted og fra år til år, dels at ændrede

prisrelationer på såvel indtægtssiden som udgiftssiden vil kunne ændre optimum. I fremtiden vil det formentlig også blive nødvendigt at inddrage eventuelle miljøbelastninger i beregningen af den optimale ressourceindsats. Det er dog endnu uklart hvilke kriterier og hvilke styringsredskaber, der skal tages i brug i denne sammenhæng.

8.1 Optimal udnyttelse af enkelte dyrkningsfaktorer

Som beskrevet i kapitel 3 foreligger der en betydelig viden om virkningen af enkelte dyrkningsfaktorer på produktionen af vinterhvede, og en stor del af denne viden udnyttes allerede i praksis. Der er dog på en række områder muligheder for en bedre udnyttelse af produktionsfaktorerne. Det gælder især en bedre styring og tilpasning af indsatsen til de faktiske produktionsforhold på det enkelte sted og i det enkelte år.

8.1.1 Sorter

Der ligger store muligheder i forbedret udnyttelse af de forskellige sorters egenskaber. Denne udnyttelse skal dog kobles til anvendelsen af andre indsatsfaktorer og dyrkningstekniske indgreb, og er derfor behandlet under de øvrige afsnit. Udnyttelse af sorterens egenskaber bør i øvrigt afhænge af de lokale klimatiske og jordbundsmæssige forhold. Dette kræver dog øget kendskab til sorterens dyrkningsegenskaber i denne sammenhæng.

8.1.2 Sædskitte

Vinterhvede forudsætter et godt sædskitte for at undgå problemer med goldfodsyge og knækkefodsyge. Vinterhvede efter en dårlig forfrugt kan medføre en betydelig udbytte-

nedgang, især som følge af goldfodsyge. Den foreliggende dokumentation for dette er så betydelig, at det må anbefales altid at anvende en velegnet forfrugt (raps, ærter eller havre). Sædskiftets sammensætning kan i øvrigt have betydning for mulighederne for reduktion af jordbearbejdningen og for mindske krav til ukrudtsbekæmpelsen.

8.1.3 Jordbearbejdning

Ifølge tabel 3.2 udgør maskinomkostningerne til jordbearbejdning 1420 kr pr. ha ved dyrkning på jordtype JB 5-8. Dette svarer til ca. 28% af de totale maskinomkostninger. Pløjning er den mest omkostningstunge post med 525 kr pr. ha.

Det vil næppe være muligt at finde jordbearbejdningsmetoder, der giver større udbytter end de kendte metoder, men der vil være mulighed for at reducere indsatsen på en række områder, uden at det får væsentlige udbyttømæssige konsekvenser:

- Udelade stubharvning, når der kun er lidt eller intet ukrudt.
- Udelade nedmuldning af halm forud for pløjning.
- Reducere pløjedybden.
- Anvende furepakker ved pløjning, hvilket giver en jævn jordoverflade og sparer 1-2 harvninger.
- Anvende redskabskombinationer ved såbedstilberedning og såning.
- Optimere bearbejdnings- og sådybden.
- Anvende pløjefri dyrkning, hvor der er gode forfrugter, især til første års hvede.
- Begrænse færdslen samt bruge lavtryksdæk, tvillingehjul eller faste kørespor.

8.1.4 Såtid og udsædsmængde

Såtid og udsædsmængde er indbyrdes afhængige størrelser (Olsen, 1984a). Udsæds-

mængden kan reduceres ved tidlig såning, da tidlig såning medfører øget sideskudsdannelse. Tidlig såning kan give øgede problemer med fodsyge og ukrudt.

Det er formentlig muligt at reducere udsædsmængden ved at tilpasse udsædsmængden til den aktuelle sorts buskningsevne og ved at styre buskningen med kvælstoftildelingen. Der bør tilstræbes en optimal overlevelse af sideskud under hensyntagen til et optimalt aksantal. Reduktion af udsædsmængden forudsætter et veltilberedt såbed, således at kernerne placeres optimalt i såbedet, hvorved der opnås en maksimal og ensartet fremspiring.

Såtidspunktet bør fastlægges på grundlag af de konkrete forhold, såsom sort, forventet udbytte, sygdomsrisiko, ukrudtsbestand og forventet klima. Såtidspunktet har også betydning for kvælstofoptagelse og gødskningsbehov. Tidlig såning vil således fremme kvælstofoptagelsen om efteråret. Derimod kan tidlig såning give øgede ukrudtsproblemer gennem en øget fremspiring af ukrudtsplanter.

Øget rækkeafstand giver kun en beskeden udbyttenedgang, men åbner muligheder for udnyttelse af andre dyrkningstekniske forhold, bl.a.:

- Udbringning af flydende husdyrgødning ved direkte nedfældning sent i vækstperioden.
- Mekanisk ukrudtsbekæmpelse.
- Reduktion af svampetrykket gennem ændret mikroklima i afgrøden. I visse tilfælde kan øget rækkeafstand dog øge sygdomstrykket, jf. afsnit 3.12.4.

8.1.5 Vækstregulering

Vækstregulering gennemføres hovedsageligt for at mindske forekomsten af lejesæd, der kan give udbyttenedgang og kvalitetsfor-

ringelser. Undertiden opnås dog merudbytter for vækstregulering i situationer uden lejesæd, i andre tilfælde opnås kun mindre udslag. Dette afhænger formentlig meget af vækstforholdene i det pågældende år og af sortsegenskaberne. Årsagsforholdene er dog ikke klarlagt.

Med anvendelse af kortstråede og stråstive sorter bør vækstregulering kunne udelades som beskyttelsesforanstaltning mod lejesæd. Det samme gør sig gældende, hvis andre dyrkningsforanstaltninger (gødskning og udsædsmængde) tager sigte på opnåelse af en god stråstyrke.

Med et øget kendskab til årsagerne til vækstreguleringens varierende effekt i forskellige år bør det være muligt i højere grad at justere indsatsen af vækstregulering til de aktuelle vækstforhold, hvilket vil føre til et bedre produktionsresultat og formentlig en reduktion af vækstreguleringsindsatsen.

Reduceret forbrug af vækstreguleringsmidler kan opnås ved:

- Anvendelse af stråstive sorter tilpasset de lokale forhold.
- Afbalanceret forhold mellem udsædsmængde og såtid.
- Afbalanceret kvælstoftilførsel.
- Bedre behovserkendelse ud fra afgrødens tilstand, biomasse eller anden indikator.

8.1.6 Gødskning

Reduktion af handelsgødningsforbruget kræver øget udnyttelse af næringsstofferne. Dette vil kunne opnås gennem tre hovedindsatsområder:

- Reduktion af ammoniaktabet fra husdyrgødning i proceskæden fra stald til gødningen er nedbragt i jorden.

- Afpasning af den årlige næringsstofftilførsel efter afgrødens mængde- og tidsmæssige behov under hensyntagen til, hvor meget jorden stiller til rådighed.
- Sikring af at plantenæringsstofferne ikke tabes fra rodzonen, men i videst muligt omfang fastholdes i jord-plante systemet.

En øget udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning er en væsentlig forudsætning for opnåelse af disse mål. Dette gælder både med hensyn til reduktion af ammoniaktabet i forbindelse med håndtering og udbringning og for udnyttelsen af det organiske bundne kvælstof i husdyrgødning.

Der kræves bedre styrings- og planlægningsredskaber til brug for optimering af tilførslen af næringsstoffer til den enkelte mark. De eksisterende planlægningsværktøjer, som bl.a. er indeholdt i Bedriftsløsningen, tager til en vis grad hensyn til behovet for næringsstofftilførsel afhængig af jordtype, forfrugt, klima m.v. Der er dog behov for udvidelse af disse redskaber til også at omfatte en styring af næringsstofftilførslen i løbet af vækstsæsonen afhængig af vejrforhold og afgrødens udvikling. Et sådant vejledningsværktøj skal også kunne give vejledning vedrørende optimal udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødning.

8.1.7 Ukrudtsbekæmpelse

Behovet for ukrudtsbekæmpelse afhænger som beskrevet i afsnit 3.10 af en række forhold. Det samme gør sig gældende for effekten af bekæmpelsesforanstaltningerne. En stor del af den eksisterende viden på området er indlagt i styringsværktøjet PC-Planteværn. Her tages bl.a. hensyn til sammensætningen og størrelse af den aktuelle ukrudtsbestand ved vejledning vedr. middeltype og dosering. En række andre forhold har dog også betydning for resultatet af og

økonomien i ukrudtsbekæmpelsen. Det gælder bl.a.

- Tilpasning af doseringen til vejrforholdene på sprøjtetidspunktet.
- Afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet afhængig af sortvalg, relativt fremspiringstidspunkt for afgrøde og ukrudt, gødskning, udsædsmængde, jordbearbejdning m.v.
- Justering af bekæmpelsesbehovet afhængig af øvrige afgrøder i sædskiftet, herunder risiko for forøgelse af jordens pulje af ukrudtsfrø.

Sådanne faktorer bør også indbygges i et vejledningsprogram for ukrudtsbekæmpelse i vinterhvede. Der ligger dog formentlig allerede nu betydelige muligheder for reduktion af herbicidforbruget gennem øget udbredelse af PC-Planteværn og øget anvendelse af reducerede herbiciddoseringer ved behandling om efteråret. Yderligere udvikling af vejledningsgrundlaget vil kunne medvirke til reduceret herbicidanvendelse.

8.1.8 Skadedyrsbekæmpelse

Skadedyrsbekæmpelse i vinterhvede omfatter hovedsageligt bekæmpelse af bladlus. Som vist i tabel 3.1 er kemikalieudgifterne til skadedyrsbekæmpelse meget små. Hvis en skadedyrsbekæmpelse kan kombineres med en svampebekæmpelse, bliver også maskinomkostningerne beskedne. Der er derfor kun meget små muligheder for forbedring af dyrkningsøkonomien gennem reduktion af skadedyrsbekæmpelsen.

Anvendelse af insekticider bidrager dog til det totale pesticidforbrug, og må af denne årsag søges begrænset. Dette vil kunne ske gennem en øget udbredelse af styringsredskabet PC-Planteværn.

Følgende punkter anses at være af betydning for reduktion af insekticid forbruget:

- Forbedret behovsvurdering ved inddragelse af vejrprognoser og klimadata i forudsigelsen af forekomst af skadedyr.
- Forbedret doseringsberegning under hensyntagen til vejrforhold, vækststadium, angrebsgrad m.v.
- Forbedret overlevelse af nyttedyr.

8.1.9 Svampebekæmpelse

Hvis forbruget af svampemidler skal reduceres uden at det går ud over dyrknings-sikkerheden og dermed dækningsbidraget, vil det være nødvendigt at mindske risikoen for sygdomsangreb i afgrøden. Et fornuftigt sortvalg, der bygger på spredning af resistensgenerne, er den vigtigste faktor for at reducere fungicidindsatsen. Ved et grundigt kendskab til sorterens resistens er det muligt at tilrettelægge bekæmpelsesstrategier med et formindsket brug af fungicider.

Den nuværende viden vedrørende skadetærskler og midler er indbygget i styringsredskabet PC-Planteværn. Systemet angiver en løsningsmodel i form af middel og dosering, som anbefales anvendt. PC-Planteværn har i forsøg vist, at det med hensyn til behandlingshyppighed bruger mindre mængde fungicider, end hvad der traditionelt bruges blandt de mest effektive planteavlere. Udbredelse af systemet skønnes således at ville virke reducerende på den anvendte fungicidmængde. PC-Planteværn er dog ikke færdigudbygget, og der mangler stadig belysning af flere forhold omkring beslutningsprocessen.

En yderligere reduktion af fungicidforbruget vil formentlig kunne opnås gennem:

- Spredning af sortvalget herunder evt. anvendelse af sortsblandinger. Der mangler dog kendskab til sorterens resistens bl.a. i relation til sygdomme-

nes virulens, samt udvikling af egnede sortsblandinger.

- Behovsvurderingen skal for flere af sygdommene præciseres nærmere. Ikke mindst bør klimadata inddrages som en væsentlig faktor i risikovurderingen. Her tænkes bl.a. på bedre prognosemuligheder for angreb af gulrust og Septoria.
- Grundlaget for doseringsberegning bør styrkes, således at der for hver enkelt sygdom beregnes en dosering, der tager hensyn til vækststadium, angrebsgrad og klimaforhold.
- Udvikling af resistens mod bekæmpelsesmidler er et stadigt stigende problem ved bekæmpelse af svampesygdomme. Det er derfor vigtigt, at der til stadighed foregår monitoring vedrørende patogenernes følsomhed over for de anvendte midler.

8.1.10 Vanding

Vinterhvedens tørkefølsomhed varierer en del afhængig af udviklingstrin. Der er derfor behov for en nøje styring af vandingen i forhold til planternes udviklingstrin og det aktuelle vandunderskud. En øget udbredelse af det PC-baserede styringsredskab MARK-VAND vil kunne give en bedre udnyttelse af vandingen. Dette styringsredskab udvides i et igangværende projekt til også at omfatte beregning af udbyttmæssige konsekvenser af vanding, hvilket vil give mulighed for en styring af vandingen i forhold til det økonomisk optimale niveau.

8.2 Udnyttelse af vekselvirkninger

Produktionsresultatet på et givet sted i et givet år er resultatet af et samspil mellem de betydende dyrkningsfaktorer. Her spiller ikke alene dyrkningsfaktorernes hovedeffekter, men også deres vekselvirkninger en

rolle. Dette betyder, at det optimale anvendelsesniveau for indsatsmidlerne under ét er anderledes, end hvis dyrkningsfaktorerne betragtes hver for sig. Størrelsen og effekten af disse vekselvirkninger er dog ofte meget variabel afhængig af de aktuelle vækst- og vejrforhold. Dette gør det vanskeligt eller umuligt på forhånd at fastlægge en optimal dyrkningsstrategi. I stedet må der opbygges styringsværktøjer, som på grundlag af oplysninger om de faktiske forhold giver en behovtilpasset vejledning. Denne vejledning skal være baseret på en indgående forståelse af årsagerne til vekselvirkninger.

På grundlag af hidtidige erfaringer og overvejelser synes følgende vekselvirkninger at være af særlig betydning for dyrkning af vinterhvede:

- Reduceret risiko for sygdomsangreb ved udskydelse af såtidspunktet.
- Reduceret risiko for fodsyeangreb ved undladelse af pløjning efter egnede forfrugter.
- Reduktion af problemer med frøukrudt gennem udskydelse af såtidspunktet.
- Reduktion af visse svampesygdomme og skadedyr ved nedsat udsædsmængde, delt kvælstofgødskning og reduktion af tilført kvælstofmængde.
- Afpasning af dyrkningsstrategi og sortsvalg.
- Effekt af vanding på forekomst af visse sygdomme.
- Reduktion af udsædsmængde ved tidlig såning.
- Kombination af husdyrgødskning og ukrudtsbekæmpelse.
- Reduktion af konkurrence fra ukrudt gennem opretholdelse af en tæt plantebestand.
- Reduceret anvendelse af vækstreguleringsmidler ved brug af stråstive sorter, nedsat udsædsmængde, udskydelse af såtid og begrænset kvælstofmængde.

- Forbedring af overvintringsevnen ved undladelse af tidlig såning.

8.3 Erfaringer med lav-input dyrkningssystemer

Vinterhvede indgår i sædskiftet i en række forskellige dyrkningssystemer. En stor del af disse er anlagt på almindelige landbrugs-ejendomme, primært med henblik på at demonstrere integreret jordbrug for praksis. Herunder hører Lautenbach i Tyskland (Steiner et al., 1986), Nagele m.fl. i Holland (Vereijken, 1989), fire gårde ved ITCF i Frankrig (Esbjerg et al., 1991), Feistritz i Østrig (Vereijken og Royle, 1989), tre gårde ved STCA i Schweiz (Vereijken og Royle, 1989). Der er ikke gentagelser af behandlinger på disse ejendomme.

LIFE-projektet (Long Ashton) i England (Esbjerg et al., 1991), de hjemlige System-forskningsarealer ved Landbrugscentret, Statens Planteavlsforsøg (Mikkelsen og Mikkelsen, 1989) og Göttingen (Vereijken og Royle, 1989) skal primært følge og udvikle forskellige integrerede (og økologiske) sædskifter. Der er ikke gentagelser af systemerne, og der kan ikke foretages sammenligning mellem systemerne.

Ved DOK-forsøgene i Schweiz (Besson et al., 1990) har man som primært mål at sammenligne økologiske dyrkningssystemer med et konventionelt. Systemerne er udført med gentagelser, men ikke alle afgrøder er repræsenteret hvert år. Ved Apelsvoll i Norge sammenlignes tilsvarende integreret dyrkning med konventionel dyrkning (Eltun et al., 1992).

Endelig indgår forskellige dyrkningssystemer i flerfaktorielle/ multifaktorielle forsøg ved Neuhoof og Reinshof i Tyskland (Heidmann et al., 1986), Rothamsted i England (Prew et al., 1986; Widdowson et al., 1986), Suintia i

Finland (Hannukkala et al., 1990; Korva og Varis, 1990; Heinonen-Tanski, 1990; Kauppi-la, 1990; Hannukkala og Tapio, 1990; Nuuti-nen og Haukka, 1990).

Fælles for alle projekter er, at man forsøger at beskrive systemerne ud fra målinger af input/output samt en række biologiske parametre (f.eks. regnorme, mikroorganismer og nyttedyr).

Den mest entydige sammenligning af systemerne (herunder vinterhvede) sker ved dækningsbidrag eller andre kalkuler, der inddrager omkostninger og indtægter. På trods af at dette er den væsentligste parameter, inddrages jordbrugsøkonomiske medarbejdere sjældent i arbejdet. Sammenligninger mellem systemerne foretages endvidere i samtlige projekter, selvom der ikke er gentagelser, og systemerne som sådan ikke kan sammenlignes.

Det må også konkluderes, at det ikke har været muligt både at lave fuldskala marker, hvor der tages højde for randeffekter, og samtidig opnå gentagelser, der kan sikre en statistisk behandling af data.

De mest entydige resultater opnås, hvor der enten sættes meget direkte på demonstration for praksis, eller hvor der sættes entydigt på udforskning af de vigtigste dyrkningsparametre i systemerne.

Der går nemt op til 10 år før resultater fra forskning i dyrkningssystemer bliver publiceret, og projekterne giver generelt anledning til meget få publikationer udover generelle introduktioner til design m.m. Der synes at være et uafklaret problem med hensyn til, hvordan der løbende formidles om denne type projekter, herunder metoder til bearbejdning af data for systemer uden gentagelser. Zadoks (1989a) har analyseret dette forhold og anfører, at forskellige sædskifter uden gentagelser skal gennemføres i

mindst 10 år før tilfredsstillende sammenligninger kan gennemføres.

Lautenbach projektet synes at være det mest detaljeret af rapporterede af de beskrevne projekter. Udbytter og økonomi er gennemgået af Zeddies og Jung (1986). I gennemsnit over 5 år (1979-83) har udbytterne for hele sædskiftet været 0,5% større i den integrerede del. I samme periode har vinterhveden givet 5% lavere udbytte (+9%/-34%) i forhold til konventionel. De variable maskinomkostninger for vinterhvede har været 8% lavere (+8%/-17%). Pesticidforbruget (DM/ha) for hele sædskiftet var 38% lavere, mens det var 54% lavere for vinterhvede alene (-31%/-91%). Dækningsbidraget for hele det integrerede sædskifte var 6% højere og 9% højere for vinterhvede (+81%/-47%).

Sammenfattende er der opnået en meget stor og sikker besparelse på pesticidforbruget. Dette har imidlertid ført til svingende udbytter og meget svingende dækningsbidrag for vinterhvede.

Angreb af knækkefodsyge var i samme periode 0-20% lavere i den integrerede del (El Titi og Richter, 1987). Meldugangrebet var højere i den integrerede del i de første fire år, men lavere i de sidste to år. Angreb af bladlus var på samme niveau i 1979 og 1983 og 25-50% lavere i den integrerede del i 1981 og 1982.

Ukrudtsforekomst er opgjort i den efterfølgende periode (1984-87) (Wahl, 1988). Der blev fundet et større antal ukrudtsfrø i jorden ved integreret dyrkning, især i det øverste lag. Ukrudtsproblemerne udviklede sig ikke noget videre i undersøgelsesperioden. En medvirkende årsag kan være den konstaterede større fremspring i den konventionelle del. Antallet af ukrudtsarter var ens i systemerne.

Bosch og Moura-Peao (1987) fandt 4-5 gange større tæthed af regnorme på de integrerede marker. De integrerede marker havde dog et udpræget minimum, når der blev dyrket vinterhvede (målt april-maj), hvorfor forskellene for vinterhvede mellem systemerne var meget små (1980-1986). Heynen og Wübbeler (1990) fandt ingen væsentlig effekt på nytteorganismer ved den integrerede dyrkning.

Ved Nagele er fundet lignende tendenser. Det integrerede system som helhed giver et tilfredsstillende økonomisk resultat og en halvering af pesticidforbruget (Lalkens og Meijer, 1989). Vinterhveden giver ca. 10% lavere udbytte (1980-1984) og tilsvarende lavere dækningsbidrag (1982-84) (Vereijken og Royle, 1989; Vereijken, 1986). Reduktion af pesticidforbruget i vinterhvede er ved Nagele opnået gennem anvendelse af højere skadetærskler ved sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse og færre antal bekæmpelser med lavere doseringer (Rabbinge og Zadoks, 1989; Hoogerkamp, 1989).

9. Manglende viden om vinterhvededyrkning

Der er gennemført mange undersøgelser vedr. vinterhvedens vækst og produktion i relation til dyrkningsmæssige forhold. Trods disse mange undersøgelser mangler der stadig en del viden, især om de basale planteproduktionsprocesser og om vekselvirkninger mellem indsatsfaktorer.

I det følgende gives en kort oversigt over områder med manglende viden i relation til udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede. Ved udvælgelsen af disse områder er anvendt følgende kriterier for prioritering af forsknings- og udviklingsindsatsen:

- Forbedret dyrkningsøkonomi.
- Reduceret miljøbelastning.
- Reduceret ressourceforbrug.
- Forbedret dyrkningsvejledning.
- Øget forståelse af sammenhængene i dyrkningssystemet.

I relation til vinterhvede er der især behov for yderligere forskning og udvikling inden for følgende områder:

- Udvikling af en samlet model og et vejledningssystem for vinterhvededyrkning, som inddrager de væsentligste dyrkningsfaktorer, der kan bidrage til forbedret dyrkningsøkonomi og reduceret miljøbelastning.
- Udvikling af metoder til reducere af omkostninger ved jordbearbejdning under opretholdelse af dyrkningssikkerheden.
- Kendskab til udvikling af sygdomme, skadedyr og koblingen skadevolder/afgrøde i relation til afgrødens mikroklima, næringsstofftilførsel og resistensegenskaber. Fastlæggelse af bekæmpelsesbehov i relation til disse faktorer, herunder middelspecifik beregning af

dosering til bekæmpelse af sygdomme og skadedyr i forhold til angrebsgrad, infektionstidspunkt, afgrødens udviklingstrin og vejrforhold.

- Indflydelse af næringsstofftilførsel, plantetal, rækkeafstand m.v. på afgrødestruktur i relation til afgrødens mikroklima.
- Indflydelse af såtid og jordbearbejdning på de enkelte ukrudtsarters frøomsætning og ukrudtsplanternes etablering i relation til konkurrence med afgrøden og ukrudtets frøproduktion. Doseringskorrektur af ukrudtsmidler efter afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet, f.eks. i relation til såtidspunkt, plantetæthed, sort, vejrforhold og jordbearbejdning.
- Indflydelse af udbringningsmetode, udbringningstidspunkt, vejrforhold m.v. på ammoniaktab og omsætning af organisk stof i jorden i relation til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen. Optimering af anvendelse af handels- og husdyrgødning i relation til gødskningstidspunkt, -mængde, vejrforhold og indhold af uorganisk og organisk kvælstof i jorden.

Der er desuden behov for undersøgelser, som inddrager langtidseffekter, bl.a. i relation til sædskiftet. Det er således ikke muligt, at adskille dyrkningen af vinterhvede fra det sædskifte, hvori afgrøden indgår. Ved udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvededyrkning vil det imidlertid være en uoverkommelig opgave at inkludere disse langtidseffekter.

Den eksisterende viden om vinterhvede er i mange tilfælde meget disciplinspecifik, d.v.s. knyttet til et enkelt jordbrugsfagligt område.

Inden for hvert af disse områder er der oftest en god forståelse af sammenhængene og af de mulige dyrkningstekniske indgreb. Der mangler imidlertid en kobling mellem de forskellige discipliner, især på det mere grundlæggende eller forståelsesmæssige plan.

En sådan forståelse er en nødvendig forudsætning for opbygning af et integreret vejledningssystem for vinterhvededyrkning, som kan tage hensyn til de faktiske forhold på det enkelte sted og under de aktuelle vejrforhold. Denne viden bør indbygges i en samlet model for vinterhvede, hvor virkningen af de enkelte indsatsfaktorer på hvedens vækst og udvikling beskrives. Modellen skal kunne anvendes til vejledning vedr. optimal udnyttelse af produktionsfaktorerne både i en planlægningsituation og ved styring af den aktuelle indsats. Dette forudsætter at modellen er i stand til både at kunne beregne konsekvenser af forskellige handlinger, og at kunne beregne en optimal strategi.

Udvikling af en sådan model forudsætter, at modellen kun indeholder de væsentligste dyrknings- og produktionsmæssige forhold. Udvikling af en sådan model forudsætter også et nært samarbejde mellem eksperter fra forskellige jordbrugsdiscipliner og modelleringseksperter. Modelleringsindsatsen skal endvidere under hele udviklingsprocessen rettes mod en praktisk anvendelighed som styringsredskab i landbruget. Der vil også på området vedr. modelleringsmetoder være behov for yderligere forskning, især vedr. integration af metoder, som beskriver systemets usikkerheder, med metoder, som beskriver den tidslige udvikling i systemet.

10. Konklusion

Der er et stigende behov for planlægning og styring i planteproduktionen. Dette behov skærpes af den økonomiske og miljømæssige udvikling. På den økonomiske side er der forventninger om lavere interventionspriser i EF. Lavere afregningspriser for planteprodukterne må føre til en reduktion af dyrkningsomkostningerne, hvis rentabiliteten i dyrkningen skal opretholdes. På den miljømæssige side er der krav om en halvering af såvel nitratudvaskningen som pesticidforbruget.

Disse udfordringer fører naturligt til begrebet bæredygtigt landbrug, der kan opfattes som et system, der er profitabelt for landmanden, som giver tilstrækkelige mængder sunde fødevarer af høj kvalitet, som minimerer ressourceforbruget, og som ikke har negativ indflydelse på miljøet.

Dyrkningen af vinterhvede er øget i Danmark i de seneste år. Vinterhvede er en meget produktiv afgrøde, som dog forudsætter en betydelig indsats af hjælpepestoffer som gødning og pesticider. Der foreligger en betydelig viden om virkningen af de enkelte dyrkningsfaktorer, mens der kun i beskedent omfang foreligger viden om vekselvirkninger. Dette er baggrunden for valget af vinterhvede som modelafgrøde for Statens Planteavlsvforsøgs forskningsindsats vedrørende udvikling af dyrkningsprogrammer.

Dyrkningsvejledningen i mange tilfælde været rettet mod optimering af de enkelte dyrkningsfaktorer. I vinterhvededyrkningen i Danmark udnyttes den tilgængelige viden om enkeltfaktorenes virkninger på produktion og økonomi således formentlig i mange tilfælde til fulde. Det betyder imidlertid ikke, at indsatsfaktorerne samlet udnyttes optimalt. Dette skyldes samspil mellem faktorerne. F.eks. vil øget kvælstofgødskning

ofte give øget svampeangreb og dermed øget behov for svampebekæmpelse.

Vekselvirkninger eller samspilseffekter optræder, når den kombinerede effekt af to eller flere dyrkningsfaktorer ikke er lig med summen af de enkelte effekter. Vekselvirkninger indebærer altså, at en dyrkningsfaktor påvirker effekten af en anden dyrkningsfaktor. Der er mange eksempler på vekselvirkninger i vinterhvede. Her skal blot nævnes nogle få af de betydende vekselvirkninger.

- Stigende kvælstoftilførsel øger angrebet af visse bladsygdomme, bl.a. meldug og gulrust. Udbringningstidpunktet har dog også betydning for angrebsgraden. Det er således i flere forsøg fundet, at delt gødskning kan reducere sygdomsangrebet sammenlignet med tildeling ad en gang. Årsagen til disse virkninger er endnu ikke klarlagt, men den ligger formentlig i ændret kemisk sammensætning i bladene og ændret mikroklima i afgrøden.
- Stigende plantetæthed og øget kvælstoftilførsel øger risikoen for lejesæd, og dermed behovet for vækstregulering. Dette skyldes formentlig, at disse faktorer påvirker stråstyrken.
- Udsædsmængden og såtidspunktet har stor betydning for behovet for ukrudtsbekæmpelse. Afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet øges med stigende udsædsmængde og plantetal. Sen såning reducerer antallet af efterårsspirede ukrudtsplanter. Disse vil desuden være svagt udviklede inden vinteren og have øget risiko for udvintring og dermed dårligere udgangspunkt for konkurrence med afgrøden om foråret.

- Stigende plantetæthed øger angrebet af visse plantesygdomme. Dette kan muligvis skyldes ændret mikroklima i afgrøden.

De fleste vekselvirkninger afhænger i betydelig grad af sortsvalg og de faktiske vejrforhold. Jordtype og forfrugt spiller også en rolle for flere samspilseffekter. Dette indebærer, at vekselvirkninger er meget variable fra sted til sted og fra år til år.

Hidtil anvendte forsøgsmetoder, hvor forskellige forsøgsbehandlinger sammenlignes i forsøg over flere år, giver ofte kun information om generelle forskelle mellem behandlinger. De statistiske metoder er indrettet på at påvise sådanne generelle forskelle.

Vekselvirkninger mellem behandlinger vil ofte være meget variable fra sted til sted og fra år til år. Dette skyldes forskelle i jordtype, vejrforhold m.v. Et traditionelt forsøg gennemført over flere år vil ikke være i stand til at give brugbar information om disse vekselvirkninger. Hertil behøves viden om årsagerne til vekselvirkningerne. Nulhypotesen bør derfor være den eksisterende viden om årsagsforhold. Det vil formentlig kun være praktisk muligt at håndtere dette, hvis den eksisterende viden foreligger i form af en matematisk model, som kan bekræftes eller afkræftes og modificeres.

Ressourceindsatsen i vinterhvededyrkingen skal ses i forhold til det økonomiske merudbytte for indsatsen. På grund af vekselvirkninger mellem dyrkningsfaktorerne bør optimeringen af indsatsen ske for alle dyrkningsfaktorer under et. For vinterhvede synes det især at være på posterne vedr. jordbearbejdning, udsæd, gødning og kemikalier, der er mulighed for besparelser.

En reduktion af ressourceforbruget i vinterhvede med anvendelse af traditionelle styringsmetoder giver ikke alene en reduktion i udbyttet, men også større variation på udbytterne og meget svingende dækningsbidrag. Dette er i sig selv en ulempe som generelt forhindrer en væsentlig besparelse i dyrkningsomkostninger. En reduktion i ressourceforbrug forudsætter således nye styringsredskaber, som tager højde for det varierende indsatsbehov afhængig af sted og år.

Der er behov for at kunne optimere praktiske beslutninger vedrørende vinterhvededyrking i forhold til driftsøkonomi og miljø. Dette kræver bl.a. bedriftsspecifik beregning af omkostninger og mulighed for at indrette dyrkningspraksis til de aktuelle pris- og omkostningsrelationer samt evt. miljørestriktioner.

Det er således ønskeligt med et vejledningsprogram, der kan medvirke til at reducere omkostninger og miljøbelastning under de nuværende betingelser og gøre dansk hvededyrking fleksibel overfor ændringer i markedsforhold og lovgivningsmæssige restriktioner.

Der er behov for yderligere forskning til øget forståelse af sammenhængene mellem dyrkningsfaktorerens virkning. Denne viden vil kunne udnyttes i praksis gennem en integreret dyrkningsvejledning for vinterhvede i form af en brugbar beskrivelse af vores viden og forståelse af samspilseffekter i vinterhvededyrkingen. Dette kræver en modelmæssig integration af viden på tværs af discipliner. Sådanne modeller vil f.eks. kunne anvendes til tilrettelæggelse af behandlingsstrategier for bl.a. planteværn og gødskning.

Referencer

- Alkämper, J. (1976). Einfluss der Verunkrautung auf die Wirkung der Düngung. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 29, 191-235.
- Andersen, A. (1986). Rodvækst i forskellige jordtyper. Tidsskr. Planteavl Specialserie S1827.
- Andersen, A. (1987a). Regnorme uddrevet med strøm i forsøg med direkte såning og pløjning. Tidsskr. Planteavl 91, 3-14.
- Andersen, A. (1987b). Ukrudtsfloraen i forsøg med direkte såning og pløjning ved forskellige kvælstofniveauer. Tidsskr. Planteavl 91, 243-254.
- Andersen, A., Deneken, G. & Olsen, C.C. (1992). Effekt af forskellige forfrugtskombinationer til vinterhvede og rug. Tidsskr. Planteavl 96, 9-24.
- Andersen, A., Haar, V. & Sandfær, J. (1986). Det tidsmæssige forløb af stofproduktion og næringsoptagelse i vinter- og vårformer af kornarter. Tidsskr. Planteavl Specialserie S1854.
- Andersen, N.C. (1987c). Investigations of the ecology of earthworms (*Lumbricidae*) in arable soil. Tidsskr. Planteavl Specialserie S1871.
- Andersen, M.N. (1985). Planternes tørkeresistens, rodudvikling og vandforråd på sandjord. Tidsskr. Planteavl Specialserie S1775.
- Andersen, M.N., Jensen, C.R. & Lösch, R. (1991). Derivation of pressure-volume curves by a non-linear regression procedure and determination of apoplastic water. J. Exp. Bot. 42, 159-165.
- Andersson, B. (1983). Odlingstekniska försök med höstvete. Verkan av såtid, utsädesmängd, radavstånd, kvävegödsling och skördetid i kombination med olika sorter. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. Rapport 121.
- Andersson, B. (1986). Influence of crop density and spacing on weed competition and grain yield in wheat and barley. EWRS Symposium: Economic Weed Control. p. 121-128.
- Andersson, B. & Larsson, S. (1989). Utsädesmängder och kvävegödsling til höst-hvete. Institut for växtodlingslära, Uppsala. Växtodling 12.
- Andreassen, C. (1990). Ukrudtsarternes forekomst på danske sædskiftemarken. Licentiatafhandling. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
- Andreassen, S., Jensen, F.V. & Olesen, K.G. (1990). Medical expert systems based on causal probabilistic networks. I F. Skov, T. Ballegaard, S.A. Mikkelsen, M.F. Møller & L.K. Rasmussen (eds.): Expert systems in agricultural research. Statens Planteavlsforsøg og Statens Husdyrbrugsforsøg Fællesberetning nr. SF1. p. 33-57.
- Angus, J.F. & Moncur, M.W. (1977). Water stress and phenology in wheat. Aust. J. Agric. Res. 28, 177-181.
- Angus, J.F. & Moncur, M.W. (1985). Models of growth and development of wheat in relation to plant nitrogen. Aust. J. Agric. Res. 36, 537-544.
- Aslyng, H.C. & Hansen, S. (1982). Water balance and crop production simulation. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Aslyng, H.C. (1978). Forelæsninger over vanding i jordbruget. DSR Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
- Aust. H.-J. & Hoyningen-Huene, J.v. (1986). Microclimate in relation to epidemics of powdery mildew. Ann. Rev. Phytopathol. 24, 491-510.
- Awadhwal, N.K. & Thierstein, G.E. (1985). Soil crust and its impact on crop establishment. A review. Soil Till. Res. 5, 289-302.

- Ayres, P.G. (1981). Effects of disease on the physiology of the growing plant. Cambridge University Press, Cambridge.
- Azam, F., Mulvaney, R.L. & Stevenson, F.J. (1989). Transformation of ^{15}N -labelled leguminous plant material in three contrasting soils. *Biol. Fertil. Soils* 54-60.
- Baandrup, M. & Ballegård, T. (1990). Advisory Computer System for Weed Control. Symposium on integrated weed management in cereals. Proceedings of an EWRS symposium. Helsinki, Finland. p. 443-450.
- Bainbridge, A. (1974). Effect of nitrogen nutrition of the host on barley powdery mildew. *Pl. Path.* 23, 160-161.
- Baker, C.K., Gallagher, J.N. & Monteith, J.L. (1980). Daylength change and leaf appearance in winter wheat. *Plant, Cell and Environment* 3, 285-287.
- Bakken, L.R., Børresen, T. & Njøs, N. (1987). Effect of soil compaction by tractor traffic on soil structure, denitrification and yield of wheat. *J. Soil Sci.* 38, 541-552.
- Barracough, P.B., Kuhlman, H. & Weir, A.H. (1989). The effects of prolonged drought and nitrogen fertilizer on root and shoot growth and water uptake by winter wheat. *J. Agronomy & Crop Sci.* 163, 352-360.
- Bartels, G. (1987). Zur Wirtschaftlichkeit der Krankheitsbekämpfung im Weizen bei differenzierter Stickstoffdüngung und unterschiedlich anfälligen Sorten. *Gesunde Pflanzen* 39, 126-134.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.L. (1986). The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *BioScience* 35, 492-498.
- Bauer, A. (1980). Responses of tall and semidwarf hard red spring wheats to fertilizer nitrogen rates and water supply in North Dakota 1969-1974. *North Dakota Agric. Exp. Sta., Bull.* 510.
- Beinhauer, R. (1975). Die Abhängigkeit und Schätzung von Temperaturdifferenzen zwischen einem Sommerweizenbestand und der Klimahütte. *Agric. Meteorol.* 15, 87-95.
- Belford, R.K., Christian, D.G., Cannell, R.Q. & Goss, M.J. (1984). Drainage, cultivation and the growth of winter cereals on clay soils. *Fonctionnement hydrique et comportement des sols. Proceedings, Symposium, Dion, France.* p. 167-174.
- Belford, R.K., Klepper, B. & Richman, R.W. (1987). Studies of intact shoot - root systems of field-grown winter wheat. II. Root and shoot developmental patterns as related to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 79, 310-319.
- Benech Arnold, R.L., Ghera, C.M., Sanchez, R.A. & Insausti, P. (1990). A mathematical model to predict *Sorghum halepense* (L.) Pers. seedling emergence in relation to soil temperature. *Weed Research* 30, 91-99.
- Berggren, B. (1981). Brunfläcksjuka (*Septoria nodorum*), svartpricksjuka (*Septoria tritici*) på vet - En litteraturoversigt. Sveriges Lantbruksuniversitet. Växtskyddsrapporter Jordbruk nr. 19.
- Besson, J.-M., Maire, N. & Suter, H. (1990). Etudes comparatives en production végétale. I J.-M. Besson (ed.): *Biological farming in Europe: Challenges and opportunities. Proceedings of the Expert Consultation. Bern, Switzerland, 28-31 May 1990. FAO. REUR Technical series* 12. p. 241-244.
- Bewley, J.D. and Black, M. (1983). *Seeds. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol 1. Development, germination and growth.* Springer Verlag, Berlin.
- Boisen, S. (1990). Foderværdien af vintersæd sammenlignet med vårsæd. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): *Vintersæd. Landbrugscentrets Planteavlskonference 1990. Tidsskr. Planteavls Specialserie* S2084. p. 103-108.
- Borum, F. (1991). Personlig meddelelse. Sejet Planteforædling I/S.
- Bosch, J. & Moura-Peao, C. (1987). *Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das*

- Lautenbach-Projekt. IV. Die Auswirkungen von integrierter und konventioneller bewirtschaftung auf die Abundanz des Grossen Regenwurms, *Lumbricus terrestris* L. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 94, 322-327.
- Bouaziz, A., Souty, N. & Hicks, D. (1990). Emergence force exerted by wheat seedlings. Soil Till. Res. 17, 211-219.
- Bozsik, A. (1991). Response of adults of common green lacewing *Chrysoperla carnea* to pesticides. I L. Polgar, R.J. Chambers, A.F.G. Dixon & I. Hodek (eds.): Behaviour and impact of Aphidophaga, SPB Academic Publishing. p. 281-288.
- Bray, C.M. (1983). Nitrogen metabolism in plants. Longman.
- Bridges, D.C., Wu, H.-I., Sharpe, P.J.H. & Chandler, J.M. (1989). Modeling distributions of crop and weed seed germination time. Weed Science 37, 724-729.
- Bromand, B. & Simonsen, J. (1987). Resultater af forsøg 1987. Bekæmpelse af skadedyr på landbrugs- og frilandsafgrøder. Institut for Pesticider, Planteværnscentret, Statens Planteavlsforsøg.
- Bromand, B. & Simonsen, J. (1988). Resultater af forsøg 1988. Bekæmpelse af skadedyr på landbrugs- og frilandsafgrøder. Institut for Pesticider, Planteværnscentret, Statens Planteavlsforsøg.
- Bromand, B. & Simonsen, J. (1989). Resultater af forsøg 1989. Bekæmpelse af skadedyr på landbrugs- og frilandsafgrøder. Institut for Pesticider, Planteværnscentret, Statens Planteavlsforsøg.
- Broschious, S.C., Frank, J.A. & Frederick, J.R. (1985). The influence of winter wheat management practices on the severity of powdery mildew and Septoria blotch in Pennsylvania. Phytopathology 75, 538-542.
- Bruehl, G.W., Nelson, W.L., Koehler, F. & Vogel, A. (1968). Experiments with *Cercospora herpotrichoides* foot rot (straw breaker) disease of winter wheat. Wash. Agric. Exp. Stn. Bull. no. 694.
- Brundtland-kommissionen (1987). Vor fælles fremtid. Brundtland-kommissionens rapport om miljø og udvikling.
- Buchanan, B.S., Hutcheson, S.V., Magyacoay, A.C. & Montalbini, P. (1981). Photosynthesis in healthy and diseased plants. I P.G. Ayres (ed.): Effects of disease on the physiology of the growing plant. Cambridge University Press, Cambridge. p. 13-28.
- Butler, F.C. (1961). Root and foot rot diseases of wheat. Agr. Res. Inst. Wagga, N.S.W. Australia, Sci. Bull. 77.
- Bødker, L., Schulz, H. & Kristensen, K. (1990). Influence of cultural practices on incidence of take-all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) in winter wheat and winter rye. Tidsskr. Planteavl 94, 201-209.
- Caca, Z. (1980). Importance of rusts on winter wheat under additional irrigations and possibilities of protection. Rostlinna Vyroba 26, 791-797.
- Caca, Z. (1986). Effect of additional irrigation on the incidence of Fusarium diseases on winter wheat ears. Sbornik UVTIZ-Ochrana Rostlin 22, 99-108.
- Cannell, R.Q. (1980). Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter wheat. J. Sci. Food Agric. 31, 117-132.
- Cannell, R.Q. (1981). Cereal root systems: Factors affecting their growth and function. British Plant Growth Regulator Group, Monograph 7, 118-129.
- Cannell, R.Q. (1985). Reduced tillage in Northwest Europe - A review. Soil Till. Res. 5, 129-177.
- Cartwright, P.M. & Waddington, S.R. (1981). Growth regulators and grain yield in spring cereals. British Plant Growth Regulator Group, Monograph 7, 61-70.
- Catizon, P., Tedeschi, M. & Baldoni, G. (1990). Influence of crop management on weed populations and wheat yields. Symposium on integrated weed management in cereals. Proceedings of an

- EWRS symposium. Helsinki, Finland. p. 119-125.
- Chalabi, Z.S. & Day, W. (1986). Application of dynamic jump process analysis to modelling tiller production in winter wheat. *IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology* 3, 23-40.
- Chiverton, P.A. (1986). Predatory density manipulation and its effect on populations of *Rhopalosiphum padi* (Hom. *Aphididae*) in spring barley. *Ann. Appl. Biol.* 109, 49-60.
- Christensen, B.T. (1987). Næringsstofbalance. I B.T. Christensen & P. Schjønning (eds.): *Nedmuldning af halm. Tidsskr. Planteavl's Specialserie S1911*. p. 95-103.
- Christensen, B.T. (1987). Omsætning af halm. I B.T. Christensen & P. Schjønning (eds.): *Nedmuldning af halm. Tidsskr. Planteavl's Specialserie S1911*. p. 56-92.
- Christensen, N.W., Taylor, R.G., Jackson, T.L. & Mitchell, B.L. (1981). Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with take-all root rot. *Agronomy Journal* 73, 1053-1058.
- Christensen, O., Daugbjerg, P., Hinge, J., Jensen, J.P. & Sigurdardottir, H. (1987). Effekten af dyrkningspraksis på regnorme og deres mulige rolle som bioindikatorer. *Tidsskr. Planteavl* 91, 15-32.
- Christensen, S. (1991). Perspektiver for udnyttelse af afgrødens konkurrenceevne. 8. Danske Planteværnskonference, Ukrudt/Pesticider og Miljø. p. 203-214.
- Christensen, S. (1992). Herbiciddosering i relation til kornarter og sorter. 9. Danske Planteværnskonference. Ukrudt, pesticider og miljø. *Tidsskr. Planteavl's Specialserie S2178*. p. 107-121.
- Clarkson, J.D.S. (1981). Relationship between eyespot severity and yield loss in winter wheat. *Pl. Path.* 30, 125-131.
- Coakley, S.M., McDaniel, L.R. & Shaner, G. (1985). Model for predicting severity of *Septoria tritici* blotch on winter wheat. *Phytopathology* 75, 1245-1251.
- Cousens, R. & Moss, S.R. (1990). A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research* 30, 61-70.
- Cousens, R., Moss, S.R., Cussans, G.W. & Wilson, B.J. (1987). Modelling weed populations in cereals. *Reviews of Weed Science* 3, 93-112.
- Cowgill, S. (1989). The role of non-crop habitats on hoverfly foraging on arable land. Brighton Crop Protection Conference, Weeds 8D-9. p. 1103-1108.
- Cunningham, P.C. (1975). Some consequences of cereal monoculture on *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & Olivier and the take-all disease. *EPPO Bull.* 5, 297-317.
- Cussans, G.W. (1989). The effects of cultivation on weeds and weed control. *EUR Report. EUR 11258*. p. 163-170.
- Cussans, G.W. & Rolph, J. (1990). HERBMAST - a herbicide selection system for winter wheat. Symposium on integrated weed management in cereals. Proceedings of an EWRS symposium. Helsinki, Finland. p. 451-457.
- Daamen, R.A. (1986). Measures of disease intensity in powdery mildew (*Erysiphe graminis*) of winter wheat. 2. Relationships and errors of estimation of postule number, incidence and severity. *Neth. J. Pl. Path.* 92, 207-222.
- Daamen, R.A. (1988). Effects of nitrogen fertilization and cultivar on the damage relation of powdery mildew (*Erysiphe graminis*) in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 94, 69-80.
- Daamen, R.A. (1989). Assessment of the profile of powdery mildew and its damage function at low disease intensities in field experiments with winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 95, 85-105.
- Daamen, R.A., Wijnands, F.G. & Vliet, G. van der (1989). Epidemics of diseases and pests of winter wheat at different levels of agrochemical input. *J. Phytopathology* 125, 305-319.

- Dahlstedt, L. (1985). Kärnornas kvalitet som funktion av beståndsutveksling och mickroklimat i olika täta höstvetebestånd. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. Rapport 153.
- Daniel, H., Jarvis, R.J. & Ailmore, L.A.G. (1988). Tillage and traffic in crop production. Proc. of the 11th Conf. of the Int. Soil Till. Res. Org., Edinburgh. p. 233-238.
- Danmarks Statistik (1990). Landbrugsstatistik 1989.
- Darwinkel, A. (1978). Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. Neth. J. agric. Sci. 26, 383-398.
- Darwinkel, A. (1980a). Grain Production of wheat in relation to nitrogen and disease. I. Relationship between nitrogen dressing and yellow rust infection. Z. Acker- und Pflanzenbau 149, 299-308.
- Darwinkel, A. (1980b). Grain Production of wheat in relation to nitrogen and disease. II. Relationship between nitrogen dressing and mildew infection. Z. Acker- und Pflanzenbau 149, 309-317.
- Darwinkel, A. (1983). Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply. Neth. J. agric. Sci. 31, 211-225.
- Denmead, O.T. (1969). Comparative micrometeorology of a wheat field and a forest of *Pinus radiata*. Agric. Meteorol. 6, 357-371.
- Dik, A.J., Fokkema, N.J. & Pelt, J.A. van (1991). Interference of nutrients with fungicide activity against *Septoria nodorum* on wheat leaves. Pl. Path. 40, 25-37.
- Drenth, H., Hoek, J., Daamen, R.A., Rossing, W.A.H., Stol, W. & Wijnands, F.G. (1989). An evaluation of the crop-physiological and epidemiological information in EIPRE. EPPO Bull. 19, 417-424.
- Edwards, C.A., Sunderland, K.D. & George, K.S. (1979). Studies on polyphagous predators of cereal aphids. J. appl. Ecol. 16, 811-823.
- Edwards, M.M. (1973). Seed dormancy and seed environment-internal oxygen relationships. I W. Heydecker (ed.): Seed Ecology. Butterworths, London. p. 169-188.
- Ekbom, B.S. & Wikteliuss, S. (1985). Polyphagous arthropod predators in cereal crops in central Sweden, 1979-1982. Z. Ang. Ent. 99, 433-442.
- El Titi, A. & Richter, J. (1987). Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach-Projekt. III. Schädlinge und Krankheiten 1979-1983. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 94, 1-13.
- Ellen, J. (1990). Effects of nitrogen and plant density on growth, yield and chemical composition of two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. J. Agronomy & Crop Sci. 164, 174-183.
- Ellen, J. & Spiertz, J.H.J. (1975). The influence of nitrogen and Benlate of leaf-area duration, grain growth and patterns of N-, P- and K-uptake of winter wheat. Z. Acker- und Pflanzenbau 141, 231-239.
- Ellis, F.B. & Kenneth, R.M. (1980). Effects of cultivation on the distribution of nutrients in the soil and uptake of nitrogen and phosphorus by spring barley and winter wheat on three soil types. Soil Till. Res. 1, 35-46.
- Eltun, R., Hoel, B. & Nordheim, O. (1992). System- og avrenningsforskninga på Apelsvoll. Faginfo nr. 4, SFL, Norge.
- England, R.A. (1986). Modelling the performance of spray decision rules for cereal crops: 2. The fungal disease model and decision rules. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe. Divisional Note 1360.
- Englert, G. (1983). Die Spelzenbräune (*Septoria nodorum*) beim Weizen und der Versuch einer frühzeitigen Befallsprognose aufgrund der Witterung zum Zeitpunkt des Ährenschiebens. Diss. Techn. Univ. München, Weihenstephan.

- Entwistle, J.C. & Dixon, A.F.G. (1986). Short term forecasting of of peak population of the grain aphid (*Sitobion avenae*) on wheat. *Ann. Appl. Biol.* 109, 215-222.
- Eriksen, B. (1991). Gulrust - sorternes resistensbaggrund. 8. Danske Planteværns-konference. Sygdomme og skadedyr. p. 185-194.
- Erlingson, M. (1983). Samspel mellan kväve och växtskadegörare. Växtskyddrapporter. Sverige. Jordbruk 22, 110-122.
- Erviö, L.-R. (1972). The effect of temperature and dry-weather period on the competition between *Chenopodium album* L. and some spring cereals. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 44, 138-148.
- Esbjerg, P., Kølster, P., Nilsson, C., Mikkelsen, S.A., Jakobsen, J. & Petersen, M.K. (1991). Faglig rapport fra studierejse vedrørende forskning i integrerede og økologiske planteproduktionssystemer i Europa fra d. 9. til 13. april 1991. Statens Planteavlsforsøg, Planteværnscen-tret.
- Fawcett, R.S. & Slife, F.W. (1975). Germination stimulation properties of carbamate herbicides. *Weed Science* 26, 419-424.
- Fischer, R.A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. agric. Sci., Camb.* 105, 447-461.
- Fischer, R.A. & Stockman, Y.M. (1980). Kernel number per spike in wheat (*Triticum aestivum* L.): Responses to preanthesis shading. *Aust. J. Plant Physiol.* 7, 169-180.
- Fitt, B.D.L. & White, R.P. (1988). Stages in the progress of eyespot epidemics in winter wheat crops. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 95, 35-45.
- Fokkema, N.J., Riphagen, I., Poot, R.J. & Jong, C. de (1983). Aphid honeydew, a potential stimulant of *Cochliobolus sativus* and *Septoria nodorum* and the competitive role of saprophytic myco-flora. *Transactions of the British Mycological Society* 81, 355-363.
- Forrer, H.R. & Amiet, J. (1989). Erfahrungen mit EIPRE und HORDEPROG in der Schweiz. *Landwirtschaft Schweiz* 2, 11-20.
- Friend, D.J.C. (1965). Tillering and leaf production in wheat as affected by temperature and light intensity. *Can. J. Bot.* 43, 1063-1076.
- Garret, S.D. (1948). Soil conditions and the take-all disease of wheat. *Ann. Appl. Biol.* 35, 14-17.
- Geng, S., Hess, C.E. & Auburn, J. (1990). Sustainable agricultural systems: Concepts and definition. *J. Agronomy & Crop Sci.* 165, 73-85.
- Geröwit, B. (1990). Application of a decision model supporting weed control in cereal based on economic thresholds. Symposium on integrated weed management in cereals. Proceedings of an EWRS symposium. Helsinki, Finland. p. 315-322.
- Gieffers, W. & Hesselbach, J. (1988). Krankheitsbefall und Ertrag verschiedener Getreidesorten im Rein und Mischgebau. III. Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 95, 182-192.
- Glenn, O.F., Hainsworth, J.M., Parker, C.A. & Sivasithamparam (1987). Influence of the matric potential and soil compaction on the growth of the take-all fungus through soil. *Trans. Br. mycol. Soc.* 88, 83-89.
- Goudriaan, J. (1977). Crop micrometeorology: a simulation study. *Simulation Monographs*. Pudoc.
- Goudriaan, J. & Laar, H.H. van (1978). Calculation of daily totals of gross CO₂ assimilation of leaf canopies. *Neth. J. agric. Sci.* 26, 373-382.
- Goudriaan, J. & Waggoner, P.E. (1972). Simulating both aerial microclimate and soil temperature from observations above foliar canopy. *Neth. J. agric. Sci.* 20, 104-124.

- Gregersen, A.K. & Knudsen, H. (1980). Vindhastighed, vandbalance og vandingsbehov 1957-78. Tidsskr. Planteavl 84, 111-161.
- Gregersen, A.K. & Hejlesen, E. (1982). Kvælstof i vandingsvandet til vinterhvede. Statens Planteavlsforsøg Meddelelse nr. 1693.
- Gregersen, A.K. & Hejlesen, E. (1985). Vand og kvælstof til vinterhvede på sandjord. Tidsskr. Planteavl 89, 231-240.
- Gregory, P.J., Marshall, B. & Biscoe, P.V. (1981). Nutrient relations of winter wheat. 3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. J. agric. Sci., Camb. 96, 539-547.
- Groot, J.J.R. (1987). Simulation of nitrogen balance in a system of winter wheat and soil. Simulation Report CABO-TT no. 13.
- Gummesson, G. (1983) Kemisk och icke kemisk bekämpning - förändringar i ogräsbestånd vid olika bekämpningsåtgärder. 24:e Svenska Ogräskonferensen, Ogräs och Ogräsbekämpning. p. 232-243.
- Hadas, A., Larson, W.E. & Allmaras, R.R. (1988). Advances in modelling machine-soil-plant interactions. Soil Till. Res. 11, 349-372.
- Hanks, R.J. & Hill, R.W. (1980). Modelling crop responses to irrigation in relation to soils, climate and salinity. International Irrigation Information Center.
- Hannukkala, A.O., Korva, J. & Tapio, E. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia. 1. Experimental Design and Summaries. J. Agric. Sci. Finland 62, 295-307.
- Hannukkala, A.O. & Tapio, E. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia. 5. Cereal Diseases. J. Agric. Sci. Finland. 62, 339-347.
- Hansen, B. (1990). Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1983 og 1989. Interviewundersøgelser i syv mindre landbrugsområder. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A21.
- Hansen, G.K. (1974). Resistance to water transport in soil and young wheat plants. Acta Agric. Scand. 24, 37-48.
- Hansen, J.D., Egede, K. & Eriksen, K.N. (1990a). Planteavlsberetning 1990 Storstrøms Amt. Planteavlskontorerne i Næstved, Karise og Nykøbing F.
- Hansen, J.F., Olesen, J.E., Munk, I., Henius, U.M., Høj, J.J., Rude, S., Steffensen, M., Huld, T., Guul-Simonsen, F., Danfær, A., Boisen, S. & Mikkelsen, S.A. (1990b). Kvælstof i husdyrgødning. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2100.
- Hansen, J.G., Jørgensen, L.N., Secher, B.J.M. & Welling, B. (1990c). Rapport fra Septoria-arbejdsgruppen. Plantepatologisk Afdeling og Afdeling for Jordbrugsmeteorologi. Statens Planteavlsforsøg.
- Hansen, L. (1976). Jordtyper ved statens forsøgsstationer. Tidsskr. Planteavl 80, 742-758.
- Hansen, L. (1983). Jordbearbejdningens betydning for vandkapacitet. Nordisk Jordbrugsforskning 65, 683-685.
- Hansen, L. (1991). Sneglene har fået bedre vilkår. Agrologisk Tidsskrift Marken 1991/7, 22-23.
- Hansen, L. & Hejlesen, E. (1991). Vanding af vintersæd. Grøn Viden nr. 86.
- Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H. (1990d). DAISY - Soil Plant Atmosphere System Model. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A10.
- Hansen, S., Storm, B. & Jensen, H.E. (1986). Spatial variability of soil physical properties. Theoretical and experimental analysis. I. Soil sampling, experimental analyses and basic statistics of soil physical properties. Department of Soil and Water and Plant Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Hanus, H. & Aimiller, O. (1978). Ertragsvorhersage aus Witterungsdaten. Fortschritte im Acker- und Pflanzenbau 5.

- Hay, R.K.M. & Tunnicliffe Wilson, G. (1982). Leaf appearance and extension in field-grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. *J. agric. Sci., Camb.* 99, 403-410.
- Heberer, J.A. & Below, F.E. (1989) Mixed nitrogen nutrition and productivity of wheat grown in hydroponics. *Ann. Bot.* 63, 643-649.
- Heidmann, T. (1989a). Startkarakterisering af arealer til systemforskning. II. Resultater fra arealet ved Foulum. *Tidsskr. Planteavls Specialserie S2007*.
- Heidmann, T. (1989b). Startkarakterisering af arealer til systemforskning. III. Resultater fra arealet ved Ødum. *Tidsskr. Planteavls Specialserie S2020*.
- Heidmann, T. (1989c). Startkarakterisering af arealer til systemforskning. IV. Resultater fra arealet ved Jydevad. *Tidsskr. Planteavls Specialserie S2021*.
- Heidmann, T., Jørgensen, V., Mikkelsen, S.A. & Sibbesen, E. (1986). Markforsøg med forskellige dyrkningssystemer. Rapport over en studietur til Vesttyskland og Schweiz fra 13. til 17. juli 1986. August 1986. Statens Planteavlsforsøg, Fagligt Sekretariat, Landbrugscentret.
- Heinonen, R. (1985). Soil management and crop water supply. Department of Soil Science, Swedish University of Agricultural Science.
- Heinonentanski, H. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia. 3. Microbial Activity in Soils. *J. Agric. Sci. Finland* 62, 321-330.
- Heitefuss, R., Bodendörfer, H., Paeschke, R.-R. (1977). Einzel- und Kombinationswirkungen von N-formen, N-mengen, CCC, Herbiziden und Fungiziden auf Unkraut, Pflanzenkrankheiten, Lager und Korntrag von Weizen. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 84, 641-662.
- Heitholt, J.J. (1989). Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen- and water-stressed winter wheat. *Agron. J.* 81, 464-469.
- Hejlesen, E. (1989). Vanding og gødskning af vinterhvede. I R. Persson & A. Wredin (eds.): *Vattningsbehov och närings-tillförsel. Föredrag presenterade vid NJF-seminarium nr. 151, Landskrona, 1.-3. augusti 1989. Sveriges Lantbruks-universitet. Avdelingen för lantbrukets hydro-teknik. Avdelingsmeddelande* 89:7. p. 263-271.
- Hejlesen, E. (1990). Vanding af vintersæd. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): *Vintersæd. Landbrugscenterets Planteavlskonference 1990. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2084*. p. 43-54.
- Helenius, J. (1990). Effect of epigeal predators on infestation by the aphid *Rhopalosiphum padi* and on grain yield of oats in monocrops and mixed intercrops. *Ent. Exp. Appl.* 54, 225-236.
- Henriksson, L. (1990). Försök med harvsåd. I R. Berntsen (ed.): *Seminar mellom forskere og produsenter av jordbearbeidingsredskaper. Bearbeidingsmetoder og redskapsløsninger. NJF-rapport nr. 56*. p. 142-147.
- Herrman, T. & Wiese, M.V. (1985). Influence of cultural practices on incidence of foot rot in winter wheat. *Plant Disease* 69, 948-950.
- Herman, W.A., McGill, W.B. & Dormaar, J.F. (1977). Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Can. J. Soil Sci.* 57, 205-215.
- Hettiaratchi, D.R.P. (1988). Theoretical soil mechanics and implement design. *Soil Till. Res.* 11, 325-347.
- Heyland, K.-V. von & Triebel, U. (1986). Gezielte Stickstoffdüngung zur gesteuerten Ertragsbildung von Winterweizen unter Berücksichtigung verschiedener anbautechnischer Massnahmen. *Bodenkultur* 37, 133-148.
- Heynen, C. & Wübbeler, H. (1990). Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach-projekt. V. Schlag-spezifischer vergleich der dipteren-fauna (larven, imagines) auf integriert und kon-

- ventionell bewirtschafteten flächen. Z.Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 97, 367-380.
- Hjortsholm, K. (1990). Hvordan bibeholdes effektiviteten af sorternes resistens og hvilke potentielle muligheder er der? 7. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 93-102.
- Hjortsholm, K. (1991). Personlig meddelelse. Sejet Planterørledning I/S.
- Hocking, P.J., Steer, B.T. & Pearson, C.J. (1984). Nitrogen nutrition of non-leguminous crops: A review. Part 1. Field Crop Abstracts (CAB) 37, 626-636. Part 2. Field Crop Abstracts (CAB) 37, 721-729.
- Hoflich, G. & Steinbrenner, K. (1980). Einfluss der Beregnung auf den Befall mit Fusskrankheitserregern bei Weizen, Gerste und Roggen. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 34, 113-115.
- Holbrook, J.R., Osborne, J.D. & Ridgman, W.J. (1982). An attempt to improve the yield and quality of direct-drilled winter wheat grown continuously. J. agric. Sci., Camb. 99, 163-172.
- Holm, S. (1990). Kornbladbillens larve - en moderat skadegører. Grøn Viden nr. 44.
- Holzmann, A. & Niemann, P. (1988). Prognose der Verunkrautung mit *Viola arvensis* auf der populationsdynamischer Parameter. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderheft XI, 91-96.
- Honek, A. (1991). Nitrogen fertilization and abundance of the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* and *Sitobion avenae* (Homoptera, Aphididae). Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 98, 655-660.
- Hoogerkamp, M. (1989). Weed control. I J.C. Zadoks (ed.): Development of farming systems. Evaluation of the five-year period 1980-84. Pudoc. p. 40-45.
- Hornstrup, N. (1985). Kombineret harvning og såning med rotorharve og såmaskine. Seminar om tillaging av såbed og såning. NJF-rapport nr. 18. p. 131-133.
- Huber, D.M., Seely, C.I. & Watson, R.D. (1966). Effects of the herbicide diuron on foot rot of winter wheat. Plant Disease Reporter 50, 852-854.
- Huber, L. & Wehrle, J.M. (1988). La durée d'humifectation en protection des plantes: mesure et modélisation. La Défense des Végétaux 252, 3-11.
- Hänsel, H. (1965). Physiologie der Ertragsbildung und die Züchtung auf Ertrag bei Getreide. Z. Pflanzenzüchtung 54, 97-110.
- Håkansson, I. (1984). Jordpackning. Forskning och praktik. Statens Lantbruksinformation 4.
- Håkansson, I. (1986). Jordpackningens effekter på grödornas avkastning. Försöksledarmötet, Uppsala 1986. Del 3. Konsulentavdelningens Rapporter, Allmänt 84. p. 18:1-18:7.
- Håkansson, I. & Polgar, J. von (1976). Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr. 46. Uppsala.
- Håkansson, I. & Polgar, J. von (1979). Effects of seedling emergence of soil slaking and crusting. Proc. of the 8th Conf. of the Int. Soil Till. Res. Org., Hohenheim. Vol 1. p. 115-120.
- Håkansson, I. & Polgar, J. von (1984). Experiments on the effects of seedbed characteristics on seedling emergence in a dry weather situation. Soil Till. Res. 4, 115-135.
- Håkansson, S. (1979). Grundläggande växtodlingsfrågor. 11 faktorer av betydelse för plantetablering, konkurrens och produktion i åkerns växtbestånd. Sveriges Landbruksuniversitet, Inst. f. Växtodling. Rapport nr. 72.
- Ibenthal, W.-D. & Heitefuss, R. (1979). Nebenwirkungen herbizider Harnstoff- und Triazinderivate auf den Befall von Weizen mit *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*. I. Herbizidbedingte Einflüsse auf den Mehltreibefall und den Ertrag von Weizen. Phytopath. Z. 95, 111-127.

- James, W.C. & Shih, C.S. (1973). Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust on winter wheat. *Phytopathology* 63, 183-187.
- Jansson, P.-E. (1987). SOIL water and heat model. Swedish University of Agricultural Sciences, Fakta no. 3.
- Jansson, P.-E., Borg, G.C., Lundin, L.-C. & Linden, B. (1987). Simulation of soil nitrogen storage and leaching. Applications to different Swedish agricultural systems. Swedish National Environment Protection Board Rep. 3356.
- Jenkyn, J.F. (1970). Diseases of cereals: Epidemiology of cereal powdery mildew (*Erysiphe graminis*). Rothamsted Exp. Stn. Rep. for 1969. Part I. p. 151.
- Jensen, A. (1988). Plantepatologiske aspekter ved pløjefri dyrkning. I L. Hansen & K.J. Rasmussen (eds.): Reduceret jordbearbejdning. NJF-rapport nr. 77. p. 117-127.
- Jensen, A. & Schulz, H. (1990). Øger nedpløjningen af halm faren for svampesygdomme i korn. *Landsbladet Mark* 8, 15-16.
- Jensen, B. & Munk, L. (1991). Kvælstofs indflydelse på meldugangreb og udbytte i vårbyg. 8. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 1-9.
- Jensen, P.K. (1991). Udnyttelse af ukrudtsfrø's behov for lysinduktion. 8. Danske Planteværnskonference. Ukrudt/Pesticider og Miljø. p. 215-230.
- Jensen, P.K. & Kudsk, P. (1988). Prediction of herbicide activity. *Weed Research* 28, 473-478.
- Jepsen, H.M. (1985). Sådybde og såmåde. Seminar og tillaging af såbed og såmåde. NJF-rapport nr. 18. p. 100-103.
- Johnson, I.R. & Thornley, J.H.M. (1985). Temperature dependence of plant and crop processes. *Ann. Bot.* 55, 1-24.
- Jordan, V.W.L., Hunter, T. & Fielding, E.C. (1988). Interactions of fungicides with nitrogen and plant growth regulators for cost-effective control of wheat diseases. Brighton Crop Protection Conference 1988 - Pests and Diseases. p. 873-880.
- Joschko, M., Diestel, H. & Larink, O. (1989). Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biol. Fertil. Soils* 8, 191-196.
- Jørgensen, L.N. (1990a). Gulrust i hvede - biologi og bekæmpelse. *Grøn Viden* nr. 50.
- Jørgensen, L.N. (1990b). Møder om planteværn 1991 - Landbrugsafgrøder. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby. p. 34-37.
- Jørgensen, L.N. (1991). Svampebekæmpelse i hvede - biologi og bekæmpelse. Bilag til møder om planteværn i landbrugsafgrøder. p. 34-37.
- Jørgensen, L.N. & Nielsen, B.J. (1990a). Bekæmpelse af hvedesygdomme i 1989. 7. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 201-217.
- Jørgensen, L.N. & Nielsen, B.J. (1990b). Control of leaf diseases in winter wheat using ergosterol inhibiting fungicides. *Tidsskr. Planteavl* 94, 241-248.
- Jørgensen, L.N. & Nielsen, B.J. (1990c). Control of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) using prochloraz - Dose and timing. *Tidsskr. Planteavl* 94, 233-239.
- Jørgensen, L.N. & Schulz, H. (1991). Knækkefodsyge i hvede. Biologi og bekæmpelse. *Grøn viden* 71.
- Jørgensen, V. (1985). Styling af vanding i planteavlsbrug. *Agrologisk Tidsskrift Marken* 5/85, 10-18.
- Karvonen, T. & Peltonen, J. (1991). A dynamic model for predicting the falling number of winter wheat grains in Scandinavian climatic conditions. *Acta Agric. Scand.* 41, 65-73.
- Karvonen, T., Peltonen, J. & Kivi, E. (1991). The effect of Northern climatic conditions on sprouting damage of wheat grains. *Acta Agric. Scand.* 41, 55-64.

- Kataria, H.R. & Gisi, U. (1990). Interactions of fungicide-herbicide combinations against plant pathogens and weeds. *Crop Protection* 9, 403-409.
- Katerji, N., Hallaire, M., Menoux-Boyer, Y. & Durand, B. (1986). Modelling diurnal patterns of leaf water potential in field conditions. *Ecol. Modelling* 33, 185-203.
- Kauppi, R. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia. 4. Weeds. *J. Agric. Sci. Finland* 62, 331-337.
- Kaysø, E. & Munk, L. (1991). Ukrudtsmidlers utilsigtede effekter på korns modtagelighed. 8. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 213-222.
- Kemp, D.R. & Blacklow, W.M. (1982). The responsiveness to temperature of the extension rates of leaves of wheat growing in the field under different levels of nitrogen fertilizer. *J. Exp. Bot.* 33, 29-36.
- Kent, N.L. (1983). *Technology of cereals*. 3rd edition. Pergamon Press.
- Kettlewell, P.S., Whitley, E.A., Meredith, W.S. & Sylvester-Bradley, R. (1983). Effects of early application of chlormequat on tillering and yield of winter wheat. *J. agric. Sci., Camb.* 100, 735-738.
- Kjellerup, V. (1991). Upublicerede data. Afd. for Planteernæring og -fysiologi. Statens Planteavlsforsøg.
- Keulen, H. van & Seligman, N.G. (1987). Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. *Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen.
- Király, Z. (1964). Effect of nitrogen fertilization on phenol metabolism and stem rust susceptibility of wheat. *Phytopat. Z.* 51, 252-261.
- Király, Z. & Farkas, G.L. (1962). Relation between phenol metabolism and stem rust resistance in wheat. *Phytopath.* 52, 657-664.
- Kirby, E.J.M. & Appleyard, M. (1984). Cereal plant development and its relation to crop management. I E.J. Gallagher (ed.): *Cereal production*. Butterworths & Co. Ltd. p. 161-173.
- Kjærsgaard, J.F. (1986). Planteavlsberetning 1986. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Kjærsgaard, J.F. (1987). Planteavlsberetning 1987. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Kjærsgaard, J.F. (1988). Planteavlsberetning 1988. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Kjærsgaard, J.F. (1989). Planteavlsberetning 1989. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Kjærsgaard, J.F. (1990). Planteavlsberetning 1990. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Kjærsgaard, J.F. (1991). Planteavlsberetning 1991. Tureby-Køge og Omegns Landboforening.
- Klausen, P.S. (1987). Nitratnedvasking fra landbrugsjord ved gødskning med gylle og handelsgødning. *Grøn Viden* nr. 10.
- Klepper, B., Belford, R.K. & Rickman, R.W. (1984). Root and shoot development in winter wheat. *Agron. J.* 76, 117-122.
- Kluge, E. (1990). Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Faktoren auf die Entwicklung des Mehlaues an Winterweizen. *Arch. Phytopatol. Pflanzenschutz*, Berlin 26, 541-550.
- Knab, W. & Hurle, K. (1986). Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung - ein Beitrag zur Prognose der Verunkrautung. *Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control*. p. 309-316.
- Koch, W. (1964). Einige Beobachtungen zur Veränderung der Verunkrautung während mehrjährigen Getreidebaus und verschiedenartiger Unkrautbekämpfung. *Weed Research* 4, 351-356.
- Korva, J. & Varis, E. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia.

2. Crop growth and yield. J. Agric. Sci. Finland 62, 309-319.
- Kouwenhoven, J.K. & Terpstra, R. (1979). Sorting action of tines and tine-like tools in the field. J. agric. Eng. Res. 24, 95-113.
- Kramer, P.J. (1983). Water relations of plants. Academic Press.
- Kramer, P.J. (1988). Measurement of plant water status: Historical perspectives and current concerns. Irrig. Sci. 9, 275-287.
- Kratzch, G. (1982). Untersuchungen zum Bestockungs- und Beährungsvermögen und zur Ertragsstruktur sowie zur optimalen Aussaatmenge bei Winterweizensorten. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenk., Berlin 26, 111-121.
- Kriedemann, P.E. & Anderson, J.E. (1988). Growth and photosynthetic responses to manganese and copper deficiencies in wheat (*Triticum aestivum*) and barley grass (*Hordeum glaucum* and *H. leporinum*). Aust. J. Plant. Physiol. 15, 429-446.
- Kristensen, H. & Elbæk-Pedersen, H. (1989). Plantebeskyttelse. I K. Skriver (ed.): Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1988. p. 128-203.
- Kristensen, H., Elbæk-Pedersen, H. & Nielsen, G.C. (1992). Planteværn. I K. Skriver (ed.): Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1991. p. 154-230.
- Kristiansen, L.M., Saxe, H., Kjølholt, J. & Eilenberg, J. (1992). Isoproturon og ethephons effekter på forekomsten af bladlus i korn. 9. Danske Planteværns-konference. Sygdomme og skadedyr. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2179, p. 75-83.
- Kritz, G. (1983). Såbädder för vårstråsäd. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr. 65.
- Kroppf, M.J. & Spitters, C.J.T. (1991). A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. Weed Research 31, 97-105.
- Kudsk, P.K. (1989). Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor adjusted doses. Proc. 1989 Brighton Crop Protection Conference - Weeds. p. 545-554.
- Kundler, P., Smukalski, M., Kühn, G., Kachel, K. & Köppen, D. (1988). Ergebnisse multifaktorieller Höchsttragsversuche mit Winterweizen auf verschiedenen Standorten der DDR. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk., Berlin 32, 667-678.
- Kürten, P.W., Lang, V. & Aigner, H. (1982). Einfluss gesteigerter N-Gaben im Frühjahr auf Tausendkorngewicht und Rohproteingehalt von Winterweizen in Abhängigkeit von der Bestandsdichte. 2. Mitteilung. Landwirtsch. Forschung 35, 162-169.
- Kyllingsbæk, A. (1984). Kvælstofgødskningens indflydelse på bygplanters skududvikling. Tidsskr. Planteavl 88, 479-488.
- Lalkens, R.H. & Meijer, B.J.M. (1989). Economic results of five years DFS. I J.C. Zadoks (ed.): Development of farming systems. Evaluation of the five-year period 1980-1984. Pudoc. p. 46-56.
- Laloux, R., Falisse, A. & Poelaert, J. (1980). Nutrition and fertilization of wheat. Wheat, Dokumenta Ciba-Geigy. Technical Monograph. p. 19-24.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Boom, T. van den, Langelüddeke, P., Strauss, R., Weber, E. & Witzemberger, A. (1991). A uniform decimal code for the growth stages of crops and weeds. Ann. appl. Biol. 119, 561-601.
- Landbrugets Rådgivningscenter (1990). Håndbog til Bedriftsløsnings-programmerne. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Landbrugets Rådgivningscenter (1991). Landskalkuler for de enkelte produktionsgrene. Kalenderårene 1989 og 1990. Landbrugets Informationskontor.

- Landbrugsministeriet (1991). Bæredygtigt landbrug. En teknisk redegørelse 1991.
- Landsberg, J.J. & Porter, J.R. (1981). The ARC wheat model. I J.E. Davies & F.E. Shotton (eds.): Aspects of crop growth agronomy conference. MAFF Reference Book 341. p. 104-115.
- Landskontoret for Planteavl (1987). Overvintringsundersøgelser 1987. Planteavls-orientering nr. 167.
- Landskontoret for Planteavl (1989). Vandingvejledning. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby.
- Landskontoret for Planteavl (1990). EF's landbrugspriser 1990/91. Planteavlsorientering 12 nr. 180. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Large, E.C. (1954). Growth stages in cereals, illustration of the Feekes' scale. *Pl. Path.* 3, 128-129.
- Latteur, G. & Oger, R. (1991). Winter wheat aphids in Belgium: prognosis and dynamics of their populations. *Proc. IOBC/WPRS Bulletin 1991/XIV/4*, 13-34.
- Lawlor, D.W. (1987). Photosynthesis: metabolism, control and physiology. Longman.
- Lawlor, D.W., Boyle, F.A., Kendall, A.C. & Keys, J. (1987). Nitrate nutrition and temperature effects on wheat: Enzyme composition and total amino acid content of leaves. *J. Exp. Bot.* 38, 378-392.
- Lawlor, D.W., Kontturi, M. & Young, A.T. (1989). Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. *J. Exp. Bot.* 40, 43-52.
- Lee, K.E. (1985). Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press.
- Leffelaar, P.A. & Ferrari, Th.J. (1989). Some elements of dynamic simulation. I R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar (eds.): Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. p. 19-45.
- Lescar, L., Duhaubois, R. & Tranchefort, J. (1983). Choice of herbicides and fungicides for cereals in France: Computer programmes to aid decision making. 10th International Congress of Plant Protection. Vol. 1. p. 175.
- Letey, J. (1985). Irrigation uniformity as related to optimum crop production - Additional research is needed. *Irrig. Sci.* 6, 253-263.
- Leusing, P. & Holtum, J.A.M. (1987). The partitioning of photosynthetically assimilated ^{14}C into amino acids in wheat. 2. Distribution in amino acids of wheat grain fractions. *Ann. Bot.* 60, 469-476.
- Linden, D.R., Doren, D.M. van & Allmaras, R.R. (1988). A model of the effects of tillage-induced soil surface roughness on erosion. *Proc. of the 11th Conf. of the Int. Soil Till. Res. Org.*, Edinburgh. Vol. 1. p. 373-377.
- Lindstrom, M., Papendic, M.J. & Koelher, F.E. (1976). A model to predict winter wheat emergence as affected by soil, temperature, water potential and depth of planting. *Agron. J.* 68, 137-141.
- Lotz, L.A.P., Kropff, M.L. & Grownveld, R.M.W. (1990). Modelling weed competition and yield losses to study the effect of omission of herbicides in winter wheat. *Neth. J. agric. Sci.* 38, 711-718.
- Ludlow, M.M. & Muchow, R.C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. *Advances in Agronomy* 43, 107-153.
- Ludlow, M.M., Sommer, J.J. & Muchow, R.C. (1990). Agricultural implications of root signals. I W.J. Davies & B. Jeffcoat (eds.): Importance of root to shoot communication in the responses to environmental stress. British Society for Plant Growth Regulation, Monograph No. 21. p. 251-267.
- Maas, S.J. & Arkin, G.F. (1980). TAMW: A wheat growth and development simulation model. The Texas Agricultural

- Experiment Station. Program and Model Documentation No. 80-3.
- Madsen, H.B. (1983). Himmerlands jordbundsforhold. C.A. Reitels Forlag, København.
- Magnus, H. (1991). Orientering om NORPRÉ. Statens Plantevern, Avd. f. Plantesjukdommer, Ås, Norge.
- Mangstl, A., Bergermeier, J. & Rössler, S. (1987). Düngung und Pflanzenschutz mit Hilfe von Planungs- und Prognosemodellen. Bayrisches Landwirtschaftliche Jahrbuch, Sonderheft 2, 59-74.
- Mann, B.P. & Wratten, S.D. (1987). A computer-based system for the control of *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. Bulletin SROP/WPRS X(1), 143-155.
- Marcellos, H. & Burke, M.J. (1979). Frost injury in wheat: ice formation and injury in leaves. Aust. J. Plant Physiol. 6, 513-521.
- Marschner, H. (1986). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- Masle, J., Doussinault, G., Farquhar, G.D. & Sun, B. (1989). Foliar stage in wheat correlates better to photothermal time than to thermal time. Plant, Cell and Environment 12, 235-247.
- Masle, J. & Passioura, J.B. (1987). The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. Aust. J. Plant Physiol. 14, 643-656.
- Masri, S.S. & Ellingboe, A.H. (1966). Primary infection of wheat and barley by *Erysiphe graminis*. Phytopathology 56, 389-395.
- Matsuyama, N. & Dimond, A.E. (1973). Effect of nitrogenous fertilizer on biochemical processes that could affect lesion size of rice blast. Phytopathology 63, 1202-1203.
- Melander, B. (1990). Beskrivelse af ukrudtsarterne. I: Ukrudtsbekæmpelse i landbruget. Statens Planteavlsvforsøg. p. 31-154.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A. (1982). Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern.
- Miglietta, F. (1989). Effect of photoperiod and temperature on leaf initiation rates in wheat (*Triticum spp.*). Field Crops Res. 21, 121-130.
- Miglietta, F. (1991a). Simulation of wheat ontogenesis. I. Appearance of main stem leaves in the field. Clim. Res. 1, 145-150.
- Miglietta, F. (1991b). Simulation of wheat ontogenesis. II. Predicting dates of ear emergence and main stem final leaf number. Clim. Res. 1, 151-160.
- Miglietta, F. (1991c). Simulation of wheat ontogenesis. III. Effects of variety, nitrogen fertilization and water stress on leaf appearance and final leaf number in the field. Clim. Res. 1, 233-242.
- Mikkelsen, G. & Mikkelsen, S.A. (1989). Start of farming systems research in Denmark. I P. Vereijken & D.J. Royle (eds.): Current status of integrated farming systems research in western Europe. Working group "Integrated arable farming systems". Bulletin SROP/WPRS 12(5): 6-15.
- Mikkelsen, H.E. (1991). Eksisterende stationsnet og målinger med relevans for jordbrug og miljø. I J.E. Olesen, H.E. Mikkelsen & E. Friis (eds.): Meteorologiske målemetoder i jordbrugs- og miljøforskningen. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2112. p. 55-66.
- Mikkelsen, H.E. & Olesen, J.E. (1991). Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2157.
- Miyasaka, S.C. & Grunes, D.L. (1990). Root temperature and calcium level effects on winter wheat forage. I. Shoot and root growth. Agron. J. 82, 236-242.
- Mogensen, V.O. (1985). Growth rate of grains and grain yield in relation to drought. Acta Agric. Scand. 35, 353-360.

- Mogensen, V.O. (1990). Markvandingssystemer. Kulturteknik II. DSR Forlag. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
- Mogensen, V.O., Jensen, H.E. & Rab, M.A. (1985). Grain yield, yield components, drought sensitivity and water use efficiency of spring wheat subjected to water stress at various growth stages. *Irrig. Sci.* 6, 131-140.
- Monteith, J.L. & Unsworth, M.H. (1990). Principles of environmental physics. Second Edition. Edward Arnold.
- Morgan, D., Carter, N. & Jepson, P.C. (1988). Modelling principles in relation to the epidemiology of barley yellow dwarf virus. *Bulletin SROP/WPRS XI(2)*, 27-32.
- Morris, C.F. & Paulsen, G.M. (1985). Development of hard winter wheat after anthesis as affected by nitrogen nutrition. *Crop Sci.* 25, 1007-1010.
- Mortensen, J. (1985). Effect of molybdenum, manganese and magnesium on the reduction of nitrate in spinach and oat. *Tidsskr. Planteavl* 89, 341-350.
- Moss, S.R. (1988). Influence of cultivations on the vertical distribution of weed seeds in the soil. *VIIIème colloque international sur la biologie, l'écologie et la systématique de mauvaises herbes*. 14-16. septembre, Dijon. p. 71-80.
- Moss, S.R. (1990) The seed cycle of *Alopecurus myosuroides* in winter cereals: a quantitative analysis. Symposium on integrated weed management in cereals. Proceedings of an EWRS symposium. Helsinki, Finland. p. 27-35.
- Myznikova, N.I. (1987). Limiting the harmfulness of brown rust and powdery mildew of wheat. Ecological aspects of harmfulness of cereal crops diseases. p. 39-44.
- Møller, A. (1990). Udvikling af klimaspyd (multisensor) for opsamling af mikrometeorologiske data i marken. *Agri Contact*, Hundested.
- Nielsen, B. & Kristensen, K. (1991). Produktionsfunktioner for sammenhæng mellem udbytte og kvælstoftilførsel. Temadag om Biometri og Informatik 1991, Nyborg Strand. *Tidsskr. Planteavl Specialserie S2129*. p. 105-115.
- Nielsen, B.J. (1990a). Doseringsstrategi for svampemidler i korn. Møder om planteværn 1990, landbrugsafgrøder. p. 43-45.
- Nielsen, K. & Larsen, B.H. (1989). 1989 Markstyring, Planteavlkontoret, Landbof. på Lolland-Falster og Møn.
- Nielsen, V. (1987). Energiforbrug og arbejdsbehov ved direkte såning og traditionel jordbehandling. *Beretning nr. 37*. SJF, Bygholm.
- Nielsen, V. (1990b). Direkte såning og reduceret jordbehandling. I R. Berntsen (ed.): Seminar mellem forskere og producenter av jordbearbejdingsredskaper. Bearbejdingsmetoder og redskapsløsninger. *NJF-rapport nr. 56*. p. 179-185.
- Njøs, A. (1979). Aggregate size distribution in the seedbed. Effects on soil temperature, matric suction, and emergence of barley - A review of some research on clayey soils in the south eastern Norway. *Proc. of the 8th Conf. of the Int. Soil Till. Res. Org. Vol. 1*. p. 121-129.
- Njøs, A. (1982). Effects of soil cultivation and compaction on the grain crops and weeds. Interaction with nitrogen fertilization. *Proc. of the 9th Conf. of the Int. Soil Till. Res. Org.* p. 323-328.
- Nordestgaard, A. (1984). Efterårsudlæg af engrapgræs til frøavl i vinterhvede. *Tidsskr. Planteavl* 88, 417-424.
- Nuutinen, V. & Haukka, J. (1990). Conventional and organic cropping systems at Suitia. 7. Earthworms. *J. Agric. Sci. Finland* 62, 357-367.
- O'Leary, G.J., Connor, D.J. & White, D.H. (1985). A simulation model of the development, growth and yield of the wheat crop. *Agricultural Systems* 17, 1-26.
- Olesen, J., Hedegaard, J. & Futtrup, A. (1967). Sædskifteforsøg. *Beretrn. Fæl-*

- lesjs. i Landbo- og Husmandforen. 1966, 330-334.
- Olesen, J.E. (1987a). Foreløbig analyse af udvintring i sortsforsøg med vinterhvede og vinterbyg i relation til meteorologiske forhold. Notat fra Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Statens Planteavlsforsøg.
- Olesen, J.E. (1987b). Mikrometeorologi. Ugeskrift for Jordbrug nr. 34, 1041-1046.
- Olesen, J.E. (1988). Forslag om etablering af et operationelt vejrinformationssystem for jordbruget. AJMET Arbejdsnotat nr. 3. Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Statens Planteavlsforsøg.
- Olesen, J.E. (1989). Jordbruget behøver vejrinformation. Erhvervs-jordbruget 1-89, 20-23.
- Olesen, J.E. (1991a). Hvor repræsentative er mikrometeorologiske punktmålinger? I J.E. Olesen, H.E. Mikkelsen & E. Friis (eds.): Meteorologiske målemetoder i jordbrugs- og miljøforskningen. Tidsskr. Planteavl Specialserie S2112. p. 55-66.
- Olesen, J.E. (1991b). Jordbrugsmeteorologisk årsoversigt 1990. Tidsskr. Planteavl Specialserie S2130.
- Olesen, J.E. & Mikkelsen, S.A. (1985a). A meteorological model for calculating the moisture content of ripe spring barley. Part I. Model description. Acta. Agric. Scand. 35, 361-368.
- Olesen, J.E. & Mikkelsen, S.A. (1985b). A meteorological model for calculating the moisture content of ripe spring barley. Part II. Model results. Acta Agric. Scand. 35, 369-374.
- Olesen, J.E., Secher, B.J.M., Hansen, S., Jensen, F.V. & Kjærulf, U. (1991). Meldug i vinterhvede repræsenteret i et kausalt sandsynlighedsnet. Upubliceret, Dina, Forskningscenter Foulum.
- Olsen, C.C. (1984a). Såtid og såmængde i vinterhvede og vinterbyg. Tidsskr. Planteavl 88, 557-569.
- Olsen, C.C. (1984b). Vinterhvede i kornrige sædskifter. Tidsskr. Planteavl 88, 547-556.
- Olsen, C.C. (1990a). Sædskiftets indflydelse på udbytteforholdene. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): Vintersæd. Landbrugscentrets Planteavlskonference. Tidsskr. Planteavl Specialserie S2084. p. 6-18.
- Olsen, C.C. (1990b). Vintersædens værdi som grønne marker. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): Vintersæd. Landbrugscentrets Planteavlskonference. Tidsskr. Planteavl Specialserie S2084. p. 66-80.
- Olsen, C.C. (1991). Upublicerede data. Rønhave forsøgsstation, Statens Planteavlsforsøg.
- Olsen, C.C. & Larsen, K.E. (1984). Kvælstof til vinterhvede, éngangs- eller delt udbringning. Tidsskr. Planteavl 88, 243-255.
- Osborne, T.B. (1907). The proteins of the wheat kernel. Carnegie Inst. Wash., Pub. No 84.
- Oussible, M., Crookston, R.K. & Larson, W.E. (1992). Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of winter wheat. Agron. J. 84, 34-38.
- Pannell, D.J. (1990). Model of wheat yield response to application of diclofopmethyl to control ryegrass (*Lolium rigidum*). Crop Protection 9, 442-428.
- Pareja, M.R., Staniforth, D.W. & Pareja, G.P. (1985). Distribution of weed seed among soil structural units. Weed Science 33, 182-189.
- Passioura, J.B. (1983). Roots and drought resistance. Agric. Water Management 7, 265-280.
- Pedersen, C.Å. (1987). Jordbehandling. I K. Skriver (ed.): Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser ved de landøkonomiske foreninger 1986. p. 58-62.
- Pedersen, C.Å. (1988). Jordbehandling. I K. Skriver (ed.): Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1987. p. 62-65.

- Pedersen, C.Å. (1991). Personlig meddelelse. Landkontoret for Planteavl, Landbrugets Rådgivningscenter.
- Pedersen, C.Å. & Østergaard, H.S. (1991). Gødskning og kalkning. I K. Skriver (ed.): Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1990. p. 70-112.
- Pedersen, J.B. (1992). Kornsorter og korn dyrkning. I K. Skriver (ed.): Oversigt over landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1991. p. 17-58.
- Pedersen, P.N. & Jørgensen, J. (1960). Knækkefodsygens og goldfodsygens afhængighed af sædskifte og andre dyrkningsfaktorer. Tidsskr. Planteavl 64, 369-416.
- Penman, H.L. & Long, I.F. (1960). Weather in wheat: an essay in micrometeorology. Quart. J. Roy. Met. Soc. 86, 16-50.
- Penning de Vries, F.W.T. (1990). Can crop models contain economic factors? I R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, F.W.T. Penning de Vries & H.H. van Laar (eds.): Theoretical production ecology: reflections and prospects. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. p. 89-103.
- Penrose, L. (1987). Thickening and browning of cortical cell walls in seminal roots of wheat seedlings infected with *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. Ann. appl. Biol. 100, 463-470.
- Petersen, J., Mortensen, G. & Hansen, G.K. (1988). Vækstfaktorer i vintersæd I: Stor rækkeafstand kan forbedre planternes vandhusholdning. Agrologisk Tidsskr. Marken 9/88, 36-38.
- Plauborg, F. & Olesen, J.E. (1991). Udvikling og validering af modellen MARK-VAND til vandingstyring i landbruget. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2113.
- Poehling, H.M., Tenhumberg, B. & Groeger, U. (1991). Different pattern of cereal population dynamics in northern (Hannover-Göttingen) and southern areas of West Germany. Proc. IOBC/WPRS Bulletin 1991/XIV/4, 1-12.
- Pohlmann, J.M. & Reiner, L. (1990). Rechnergestützte Unkräutbekämpfung durch Einsatzberatung und Auswahl von Herbiziden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderheft 12, 163-169.
- Polgar, J. von (1990). Några erfarenheter av tiltackare. I R. Berntsen (ed.): Seminar mellom forskere og produsenter af jordbearbeidingsredskaper. Bearbeidningsmetoder og redskapsløsninger. NJF-rapport nr. 56. p. 96-101.
- Pommer, G., Keydel, F. & Fink, K. (1983). Untersuchungen am Winterweizen zur Beeinflussung der Ährenreduktion durch die Stickstoffdüngung. Bayerischen Landwirtschaftliches Jahrbuch 60, 885-892.
- Porter, J.R., Bragg, P.L., Rayner, J.H., Weir, A.H. & Landsberg, J.J. (1980). The ARC winter wheat simulation model - principles and progress. I A. Hawkins & B. Jeffcoat (eds.): Opportunities for manipulation of cereal productivity. British Plant Growth Regulator Group, Monograph 7. p. 97-108.
- Porter, J.R. (1984a). A model of canopy development in winter wheat. J. agric. Sci., Camb. 102, 383-392.
- Porter, J.R. (1984b). Approaches to modelling canopy development in wheat. I W. Day & R.K. Atkin (eds.): Wheat growth and modelling. p. 69-81.
- Powell, E., Dean, G.J. & Dewar, A. (1985). The influence of weeds on polyphagous arthropod predators in winter wheat. Crop Protection 4, 298-312.
- Prew, R.D., Church, B.M., Dewar, A.M., Lacey, J., Penny, A., Plumb, R.T., Thorne, G.N., Todd, A.D. & Williams, T.D. (1983). Effects of eight factors on the growth and nutrient uptake of winter wheat and on the incidence of pests and diseases. J. Agric. Sci., Camb. 100, 363-382.
- Prew, R.D., Church, B.M., Dewar, A.M., Lacey, J., Magan, N., Penny, A., Plumb,

- R.T., Thorne, G.T., Todd, A.D. & Williams, T.D. (1985). Some factors limiting the growth and yield of winter wheat and their variation in two seasons. *J. Agric. Sci., Camb.* 104, 135-162.
- Prew, R.D., Beane, J., Carter, N., Church, B.M., Dewar, A.M., Lacey, J., Penny, A., Plumb, R.T., Thorne, G.N. & Todd, A.D. (1986). Some factors affecting the growth and yield of winter wheat grown as a third cereal with much or negligible take-all. *J. Agric. Sci., Camb.* 107, 639-671.
- Projetti, F. & Benizri, E. (1990). L'informatique dans l'aide à la décision à la parcelle: EPICURE-système d'optimisation des traitements fongicides du blé. *EPPO Bull.* 20, 367-372.
- Rabbinge, R., Ankersmith, G.W. & Pak, G.A. (1979). Epidemiology and simulation of population development of *Sitobion avenae* in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 85, 197-220.
- Rabbinge, R., Brouwer, A., Fokkema, N.J., Sinke, J. & Stomp, T.J. (1984). Effects of the saprophytic leaf mycoflora on growth and productivity of winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 90, 181-197.
- Rabbinge, R. & Carter, N. (1984). Monitoring and forecasting of cereal aphids in the Netherlands: a subsystem of EPI-PRÉ. I G.R. Conway (ed.): *Pest and Pathogen Control*. Wiley, Chichester. p. 242-253.
- Rabbinge, R., Jorritsma, I.T.M. & Schans, J. (1985). Damage components of powdery mildew in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 91, 235-247.
- Rabbinge, R. & Mantel, W.P. (1981). Monitoring for cereal aphids in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* 87, 25-29.
- Rabbinge, R. & Rossing, W.A.H. (1988). Dynamic explanatory models as a tool in the development of flexible economic injury levels. *Bulletin SROP/WPRS XI(2)*, 48-61.
- Rabbinge, R. & Wit, C.T. de (1989). Systems, models and simulation. I R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar (eds.): *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen. p. 3-15.
- Rabbinge, R. & Zadoks, J.C. (1989). Disease and pest control. I J.C. Zadoks (ed.): *Development of farming systems. Evaluation of the five-year period 1980-1984*. Pudoc. p. 32-39.
- Rasmussen, F. (1963). Såtidsskift med hvede. *Tidsskr. Planteavl* 67, 369-384.
- Rasmussen, J. (1990a). Resultater af forsøg og undersøgelser. Kornsorter 1990. Statens Planteavlsforsøg og Landsudvalget for Planteavl.
- Rasmussen, J. (1991a). A model for prediction of yield response in weed harrowing. *Weed Research* 31, 401-408.
- Rasmussen, J. (1991b). Optimizing the intensity of harrowing for mechanical weed control in winter wheat. Brighton crop protection conference - Weeds. 3B-5, 177-184.
- Rasmussen, J. (1991c). Personlig meddelelse. Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Statens Planteavlsforsøg.
- Rasmussen, J. (1991d). Upublicerede data. Afdeling for Sortsafprøvning, Statens Planteavlsforsøg.
- Rasmussen, J. & Pedersen, B.T. (1990). Forsøg med radrensning i korn - rækkeafstand og udsædsmængde. 7. Danske Planteværnskonference. Ukrudt. p. 187-199.
- Rasmussen, J. & Vester, J. (1990). Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse. I Ukrudtsbekæmpelse i landbruget. Statens Planteavlsforsøg. p. 155-168.
- Rasmussen, K.J. (1973). Harvningsintensitet til byg. Udbytter og jordfysiske målinger. *Tidsskr. Planteavl* 77, 443-470.
- Rasmussen, K.J. (1977). Tromling af lerjorde. *Tidsskr. Planteavl* 81, 248-256.
- Rasmussen, K.J. (1981). Såbedets tilstand i forårssåede marker. En stikprøveundersøgelse 1972-74. *Tidsskr. Planteavls Specialserie S1539*.

- Rasmussen, K.J. (1984). Vintersædsdyrking. a. Jordbearbejdning. Bilag til Statens Planteavlsmøde. p. 38-39.
- Rasmussen, K.J. (1985). Jordpakning ved forskellig belastning. Tidsskr. Planteavl 89, 31-45.
- Rasmussen, K.J. (1988). Pløjning, direkte såning og reduceret jordbearbejdning til korn. Tidsskr. Planteavl 92, 233-248.
- Rasmussen, K.J. (1990b). Halmnedmuldning, jordbearbejdning og såning. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): Vintersæd. Landbrugscentrets Planteavlskonference. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2084. p. 19-30.
- Rasmussen, K.J. & Olsen, C.C. (1983). Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrking. I. Vækstbetingelser, jordfysiske målinger og udbytter ved ensidig byg og sædskifteforsøg. Tidsskr. Planteavl 87, 193-215.
- Recous, S., Machet, J.M. & Mary, B. (1988). The fate of labelled ^{15}N urea and ammonium nitrate applied to a winter wheat crop. Plant and Soil 112, 215-224.
- Reinink, K., Jorritsma, I. & Darwinkel, A. (1986). Adaptation of the AFRC wheat model for Dutch conditions. Neth. J. agric. Sci. 34, 1-13.
- Riedel, W. (1991). Overwintering and spring dispersal of *Bembidion lampros* (Coleoptera: Carabidae) from established hibernation sites in a winter wheat field in Denmark. I L. Polgar, R.J. Chambers, A.F.G. Dixon & I. Hodek (eds.): Behaviour and impact of Aphidophaga, SPB Academic Publishing. p. 281-288.
- Ritchie, J.T. & Otter, S. (1984). CERES-Wheat: A user-oriented wheat yield model. Preliminary documentation, AgRISTARS Publication No. YM-U3-04442-JSC-18892.
- Roberts, H.A. & Potter, M.E. (1980). Emergence patterns of weed seedlings in relation to cultivation and rainfall. Weed Research 20, 377-386.
- Roberts, E.H. (1972). Dormancy: A factor affecting seed survival in the soil. I E.H. Roberts (ed.): Viability of Seeds. Syracuse Univ. Press. p. 321-359.
- Rodskjer, N. (1977). Observations on soil temperature under winter wheat, barley and fallow. Swedish J. agric. Res. 7, 143-146.
- Rodskjer, N. & Tuveesson, M. (1975). Observations of temperature in winter wheat at Ultuna, Sweden, 1968-1972. Swedish J. agric. Res. 5, 223-234.
- Rossberg, D., Holz, F., Freier, B. & Wenzel, V. (1986). PESTSIM-MAC. A model for simulation of *Macrosiphum avenae* Fabr. populations. Tagungsberichte der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR 242, 87-100.
- Rossing, W.A.H. (1991a). Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 2. Construction and evaluation of a simulation model. Neth. J. Pl. Path. 97, 25-54.
- Rossing, W.A.H. (1991b). Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 3. Calculation of damage at various attainable yield levels. Neth. J. Pl. Path. 97, 87-103.
- Rossing, W.A.H., Groot, J.J.R. & Roermund, H.J.W. van (1989). Simulation of aphid damage in winter wheat; a case study. I R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar (eds.): Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. p. 240-261.
- Rossing, W.A.H. & Wiel, L.A.J.M. van de (1990). Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 1. Quantification of the effects of honeydew on gas exchange of leaves and aphid populations of different size on crop growth. Neth. J. Pl. Path. 96, 343-364.
- Rydberg, T. (1987). Studier i pløjningsfri odling i Sverige 1975-1986. Rapporter

- från Jordbearbetningsavdelningen 76. p. 9-35.
- Saini, H.S., Bassi, P.K. & Spencer, M.S. (1985). Seed germination in *Chenopodium album* L. Relationships between nitrate and the effects of plant hormones. *Plant Physiology* 77, 940-943.
- Schaumann, S.B., Jørgensen, L.N. & Schulz, H. (1991). Evaluering af flow-diagram til vejledning i bekæmpelse af knækkefodsyge. 8. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 297-320.
- Scheyer, J.M., Christensen, N.W. & Powelson, R.L. (1987). Chloride fertilizer effects on stripe rust development and grain yield of winter wheat. *Plant Disease* 71, 54-57.
- Schjønning, P. (1987). Plantevækst og kerneudbytte. I B.T. Christensen & P. Schjønning (eds.): Nedmuldning af halm. Tidsskr. Planteavl Specialserie S1911. p. 104-122.
- Schjønning, P. (1988). Jordfysiske og mekaniske undersøgelser ved pløjefri dyrkning. I L. Hansen & K.J. Rasmussen (eds.): Reduceret jordbearbejdning. NJF-rapport nr. 77. p. 38-44.
- Schjønning, P. & Rasmussen, K.J. (1990). Jordpakning. Grøn Viden nr. 63.
- Schjørring, J.K. (1991). Ammonia emission from the foliage of growing plants. I T.D. Sharkey, H.A. Mooney & E.A. Holland (eds.): Trace Gas Emissions by Plants. Academic Press, New York. p. 267-292.
- Schrader, L.E. & Thomas, R.J. (1981). Nitrate uptake, reduction and transport in the whole plant. I J. Derek Bowley (ed.): Nitrogen and carbon metabolism. Proceeding of a Symposium on the Physiology and Biochemistry of Plant Productivity, Calgary, Canada. July 14-17, 1980. p. 49-93.
- Schulz, H. (1970). Angreb af fodsyge (*Pseudocercospora herpotrichoides* Fron. og *Ophiobolus graminis* Sacc.) ved forskellige såtider, så- og kvælstofmængder i vinterrug og vinterhvede. Tidsskr. Planteavl 74, 412-418.
- Schulz, H. (1991). Personlig meddelelse. Planteværnscentret, Statens Planteavlsforsøg.
- Schulz, H., Bødker, L., Jørgensen, L.N. & Kristensen, K. (1990). Influence of different cultural practices on distribution and incidence of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) in winter wheat and winter rye. Tidsskr. Planteavl. 94, 211-221.
- Schönberger, H. & Slotta, U. (1984). Quantifizierung des Einfluss von Standort und Bestandesentwicklung auf den N-bedarf von Winterweizen. *Landwirtsch. Forschung, Sonderheft* 40, 373-383.
- Scott, P.R. & Hollins, T.W. (1978). Prediction of yield loss due to eyespot in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.* 78, 269-279.
- Scott, P.R., Sanderson, F.R. & Benedikz, P.W. (1988). Occurrence of *Mycosphaella graminicola*, teleomorph of *Septoria tritici*, on wheat debris in the UK. *Pl. Path.* 37, 285-290.
- Secher, B.J.M. (1991a). The Danish plant protection recommendation models for cereal. I B.J.M. Secher & N.S. Murali (eds): Proc. Workshop on computer-based plant protection advisory systems. Copenhagen 1991. Tidsskr. Planteavl Specialserie S2161. p. 127-133.
- Secher, B.J.M. (1991b). Vejledningsmodeller 1991 - Sygdomme og skadedyr i korn. Intern rapport vedr. modelgruppens arbejde, Statens Planteavlsforsøg, Planteværnscentret, Lyngby.
- Secher, B.J.M. & Murali, N.S. (1991). PC-Planteværn, vejledningsmodeller mod sygdomme og skadedyr. 8. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. p. 269-281.
- Secher, B.J.M., Murali, N.S., Ravn, H.P., Hansen, L.M. & Schulz, H. (1991). Rapport over Avlerregistrering 1990. Intern rapport, Planteværnscentret, Statens Planteavlsforsøg.

- Seem, R.C. (1984). Disease incidence and severity relationships. A. Rev. Phytopath. 22, 133-150.
- Seifert, V. (1979). Die Wirkung von Gülle auf den Halmbruch-Befall in Winterweizen. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 86, 472-478.
- Shaw, M.W. & Royle, D.J. (1989). Estimation and validation of a function describing the rate at which *Mycospora graminicola* causes yield loss in winter wheat. Ann. Appl. Biol. 115, 425-442.
- Siebrasse, G. & Fehrmann, H. (1987). Ein erweitertes Modell zur praxisgerechten Bekämpfung des Erregers der Halmbruchkrankheit *Pseudocercospora herpotrichoides* im Winterweizen. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 94, 137-149.
- Siebrasse G., Weihofen, U. & Fehrmann, H. (1988). A warning system for combating the cause of stem break disease *Pseudocercospora herpotrichoides* in winter wheat. DLG Congress for Computer Technology. p. 232-243.
- Sinclair, T.R. & Ludlow, M.M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Aust. J. Plant Physiol. 12, 213-217.
- Singels, A. (1992). Evaluating wheat planning strategies using a growth model. Agric. Systems 38, 175-184.
- Singh, P., Wolkewity, H. & Kumar, R. (1987). Comparative performance of different crop production functions for wheat (*Triticum aestivum* L.). Irrig. Sci. 8, 273-290.
- Smedegaard-Petersen, V. & Stølen, O. (1981). Effect of energy-requiring defense reactions on yield and grain quality in a powdery mildew-resistant barley cultivar. Phytopathology 71, 396-399.
- Smiley, R.W. & Cook, R.J. (1971). Influence of nitrogen fertilizers on rhizosphere pH and take-all of wheat caused by *Ophiobolus graminis*. Phytopathology 61, 911-912.
- Smiley, R.W. & Cook, R.S. (1973). Relationship between take-all of wheat and rhizosphere pH in soils fertilized with ammonium vs. nitrate-nitrogen. Phytopathology 63, 882-890.
- Smith, H.C. & Blair, I.D. (1950). Wheat powdery mildew investigations. Ann. Appl. Biol. 37, 570-583.
- Smith, T.L., Peterson, G.A. & Sander, D.H. (1983). Nitrogen distribution in roots and tops of winter wheat. Agron. J. 75, 1031-1036.
- Spek, L.Y. & Oijen, M. van (1988). A simulation model of plant growth at different levels of nitrogen availability. Simulation Report CABO-TT no. 16, Wageningen.
- Spiertz, J.H.J. & Haar, H. van de (1978). Differences in grain growth, crop photosynthesis and distribution of assimilates between a semi-dwarf and a standard cultivar of winter wheat. Neth. J. agric. Sci. 26, 233-249.
- Spiertz, J.H.J. & Vos, N.M. de (1983). Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. Plant and Soil 75, 379-391.
- Spiertz, J.H.J., Vos, N.M. de & Holte, L. ten (1984). The role of nitrogen in yield formation of cereals, especially of winter wheat. I E.J. Gallagher (ed.): Cereal Production, Butterworth, London. p. 249-258.
- Spitters, C.J.T., Keulen, H. van & Kraalingen, D.W.G. van (1989). A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. I R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar (eds.): Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. p. 147-181.
- Spoor, G. (1976). More shatter matters. Power Farming, January 1976, 34-35.
- Springer, B. & Heitefuss, R. (1988). Einfluss des Einsatzes von Herbiziden unterhalb und oberhalb der wirtschaftlichen Schadensschwelle auf den Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von

- Stickstoffdüngung und Fungiziden. I. Haupt- und Nebenwirkungen von Stickstoff, Fungiziden und Herbiziden. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 95, 449-467.
- Stapper, M. (1984). SIMTAG: A simulation model of wheat genotypes. Model documentation. University of New England, Department of Agronomy and Soil Science, Australien.
- Steiner, H., Titi, A. & Bosch, J. (1986). Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach-Projekt. I. Versuchsprogramm. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 93, 1-18.
- Steinbrenner, K. & Höflich, G. (1984). Einfluss acker- und planzenbaulicher Massnahmen auf den Befall des Getreides durch *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton und *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx. et Olivier. Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz, Berlin 20, 469-486.
- Stenram, V., Heneen, W.K. & Olered, R. (1990). The effect of nitrogen fertilizers on protein accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Swedish J. Agric. Res. 20, 105-114.
- Stetter, S. (1971). N-, P- og K-gødskningens indflydelse på fodsygeangreb ved kontinuerlig korndyrkning. Tidsskr. Planteavl. 75, 274-277.
- Streibig, J.C. (1985). The effect of a surfactant on alloxidimsodium and sethoxydim potency. British Crop Protection Council Monogram no. 28, 147-154.
- Stöppler, H., Kölsch, E. & Vogtmann, H. (1991). Wurzelsystem, Biomasseproduktion, Bestockung und Ertragsbildung von vier Winterweizensorten in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von Aussen. J. Agronomy & Crop Sci. 166, 24-39.
- Sunderland, K.D. & Vickerman, G.P. (1980). Aphids feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields. J. Appl. Ecol. 17, 389-396.
- Taylorson, R.B. (1979). Response of weed seeds to ethylene and related hydrocarbons. Weed Science 27, 7-10.
- Tenhumberg, B. & Poehling, H.-M. (1991). Studies on the efficiency of syrphid larvae, as predators on aphids in winter wheat. I L. Polgar, R.J. Chambers, A.F.G. Dixon & I. Hodek (eds.): Behaviour and impact of Aphidophaga, SPB Academic Publishing. p. 281-288.
- Terpstra, R. (1986). Behaviour of weed seed in soil clods. Weed Science 34, 889-895.
- Terpstra, R. (1990). Formation of new aggregates and weed seed behaviour in a coarse- and in a fine-textured loam soil. A laboratory experiment. Soil Till. Res. 15, 285-296.
- Thomas, M.R. (1989). Winter wheat survey 1989. Agricultural Development and Advisory Service. MAFF, Harpenden.
- Thompson, A.D. & Ferguson, J.D. (1982). Effect of different levels of calcium nitrate and potassium dihydrogen phosphat on powdery mildew (*E. graminis*) infection in resistant and susc. barley and wheat. New Zealand J. Agric. Res. 25, 103-107.
- Thomsen, A.D. (1990a). Fra kerne til brød - krav, problemer og muligheder. I L. Hansen & C.C. Olsen (eds.): Vintersæd. Landbrugscentrets Planteavlskonference 1990. Tidsskr. Planteavls Specialserie S2084. p. 95-102.
- Thomsen, I.K. (1990b). Nedmuldning af halm sænker ikke udbyttet. Agrol. Tidsskr. Marken 90/6, 6-8.
- Thomsen, I.K. & Petersen, J. (1991). Nedmuldning af hvedehalm. Tidsskr. Planteavl 95, 277-287.
- Thonke, K.E. (1984). Fordele og ulemper ved forsøg i kontrolleret klima, samt muligheder for deres udnyttelse. NJF Seminarium nr. 58, Klimafaktorens inverkan på herbicidernas effekt (3). p. 1-10.
- Thorne, G.N. (1962). Survival of tillers and distribution of dry matter between ear

- and shoot of barley varieties. *Ann. Bot.* 26, 37-54.
- Thorne, G.N. & Wood, D.W. (1987). The fate of carbon in dying tillers of winter wheat. *J. agric. Sci., Camb.* 108, 515-522.
- Thorne, G.N., Welbank, P.J., Widdowson, F.V., Penny, A., Todd, A.D. & Weir, A.H. (1988). Contrast between sandy and clay soils in the effects of various factors on the growth, nitrogen uptake and yield of winter wheat in three years. *J. agric. Sci., Camb.* 110, 119-140.
- Thorup, S. (1988). Ukrudtsbestanden ved pløjefri dyrkning. I L. Hansen & K.J. Rasmussen (eds.): *Reduceret jordbearbejdning. NJF-rapport nr. 77.* p. 128-137.
- Tolstrup, K. & Smedegaard-Petersen, V. (1983). Virkningen af fungicider på bygblades svampeflora. *Ugeskrift for Jordbrug* 1983(9), 159-160.
- Turber, M.J. (1990). Current varieties and recent results from the south. *Proceedings NJAB South Region, Fellows Conference - Which way with wheat, Sparsholt.*
- Ugalde, T.D. & Jenner, C.F. (1990). Substrate gradients and regional patterns of dry matter deposition within developing wheat endosperm. II. Amino acids and protein. *Aust. J. Plant Physiol.* 17, 395-406.
- Ullerup, B. (1983). Dyrkning af korn og bælgssæd. I F. Bennetzen (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1982. p. 55-67.
- Ullerup, B. (1985). Dyrkning af korn og bælgssæd. I F. Bennetzen (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1984. p. 61-69.
- Ullerup, B. (1988). Kornsorter og korndyrkning. I K. Skriver (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1987. p. 17-55.
- Ullerup, B. (1989). Kornsorter og korndyrkning. I K. Skriver (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1988. p. 17-55.
- Ullerup, B. (1990). Kornsorter og korndyrkning. I K. Skriver (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1989. p. 17-60.
- Ullerup, B. (1991). Kornsorter og korndyrkning. I K. Skriver (ed.): *Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger* 1990. p. 17-55.
- Veen, J.A. van, Ladd, J.N. & Amato, M. (1985). Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and clay soil incubated with ($^{14}\text{C}(\text{U})$) glucose and ($^{15}\text{N}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) under different moisture regimes. *Soil Biol. Biochem.* 17, 747-756.
- Vereet, J.A. & Hoffmann, G.M. (1989). A threshold oriented decision model for control of *Septoria nodorum* Berk. epidemics in wheat. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 54/2b, 665-697.
- Vereijken, P. (1986). From conventional to integrated agriculture. *Neth. J. agric. Sci.* 34, 387-393.
- Vereijken, P. (1989). The DFS farming systems experiment. I J.C. Zadoks (ed.): *Development of farming systems. Evaluation of the five-year period 1980-1984.* Pudoc. p. 1-8.
- Vereijken, P. & Royle, D.J. (eds.) (1989). Current status of integrated farming systems research in Western Europe. Working Group "Integrated arable farming systems". *Bulletin SROP/WPRS* 12(5).
- Vereijken, P.H. (1979). Feeding and multiplication of three cereal aphid species and their effect on yield of winter wheat. *Agricultural Research Reports* 888. Pudoc, Wageningen.
- Vertregt, N. & Penning de Vries, F.W.T. (1987). A rapid method for determining

- the efficiency of biosynthesis of plant biomass. *J. Theoretical Biol.* 128, 109-119.
- Vester, J. (1991). Personlig meddelelse. Fagligt Sekretariat, Landbrugscentret, Statens Planteavlsforsøg.
- Voroney, R.P., Paul, E.A. & Anderson, D.W. (1989). Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products. *Can. J. Soil Sci.* 69, 63-77.
- Vos, J. (1981). Effects of temperature and nitrogen supply on post-floral growth of wheat; measurements and simulation. *Agricultural Research Reports* 911, Pudoc, Wageningen.
- Vos, J. (1984). Aspects of modelling post-floral growth of wheat and calculations of the effects of temperature and radiation. I. W. Day & R.K. Atkin (eds.): *Wheat growth and modelling*. p. 143-149.
- Wahl, S.A. (1988). Einfluss langjähriger pflanzenbaulicher Massnahmen auf die Verunkrautung. Ergebnisse aus dem Lautenbach-Projekt. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderheft XI*, 109-119.
- Walker, J. (1975). Take-all diseases of gramineae: a review of recent work. *Rev. Plant Path.* 54, 113-144.
- Wallgren, B. & Rådberg, E.L. (1989). Resultater från växtföljder med klövergräsvall, med gräsvall eller utan vall. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för växtodlingslära, Rapport* 3.
- Walther, U. (1983). Einfluss des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens unter der Düngung auf den Ertrag und die Ertragsstruktur von Winterweizen. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 31, 102-112.
- Ward, S.A., Rabbinge, R. & Mantel, W.P. (1985). The use of incidence counts for estimation of aphid populations. *Neth. J. Pl. Path.* 91, 93-99.
- Weinmann, J. & Heitefuss, R. (1990). Getreidekrankheiten mit Gülle zurückdrängen. *Pflanzenschutz-Praxis* 1/1990.
- Weir, A.H., Bragg, P.L., Porter, J.R. & Rayner, J.H. (1984). A winter wheat crop simulation model without water and nutrient limitation. *J. agric. Sci., Camb.* 102, 371-382.
- Welling, B., Lønbæk, M., Hovmøller, M.S. & Olsen, C.C. (1983). Sortsblandinger af vårbyg. *Tidskr. Planteavl* 87, 527-538.
- Welling, B. & Olsen, C.C. (1991). Variety mixtures of winter wheat 1987-1989. *Tidsskr. Planteavl* 95, 21-30.
- Wetselaar, R. & Farquhar, G.D. (1980). Nitrogen losses from tops of plants. *Advances in Agronomy* 33, 263-299.
- Widdowson, F.V., Penny, A., Gutteridge, R.J., Darby, R.J. & Hewitt, M.V. (1985). Tests of amounts and times of application of nitrogen and of sequential sprays of aphicide and fungicides on winter wheat, following either beans or wheat, and the effects of take-all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), on two varieties at Saxmundham, Suffolk 1980-3. *J. agric. Sci., Camb.* 105, 97-122.
- Widdowson, F.V., Penny, A., Darby, R.J., Bird, E. & Hewitt, M.V. (1987). Amounts of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil, from autumn to spring, under winter wheat and their relation to soil type, sowing date, previous crop and N uptake at Rothamsted, Woburn and Saxmundham, 1979-85. *J. agric. Sci., Camb.* 108, 73-95.
- Wilson, B.J., Cousens, R. & Cussans, G.W. (1984). Exercises in modelling populations of *Avena fatua* L. to aid strategic planning for the long term control of this weed in cereals. *Proc. 7th int. colloq on weed biology, ecology and systematics, COLUMA/EWRS, Paris 1984*. p. 287-294.
- Wilson, B.J. & Wright, K.J. (1990). Predicting the growth and competitive effects of annual weeds in wheat. *Weed Research* 30, 201-211.
- Wu, J. (1990). Modelling the energy exchange processes between plant com-

- munities and environment. *Ecol. Modelling* 51, 233-250.
- Yarham, D.J. & Hirst, J.M. (1975). Diseases in reduced cultivation and direct drilling systems. *EPPO Bull.* 5, 287-296.
- Zadoks, J.C. (1985). On the conceptual basis of crop loss assessment: The threshold theory. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23, 455-473.
- Zadoks, J.C. (1989a). Comments on the research methodology for DFS. I J.C. Zadoks (ed.): Development of farming systems. Evaluation of the five-year period 1980-1984. *Pudoc*. p. 73-82.
- Zadoks, J.C. (1989b). EPIPRE, a computer-based decision support system for pest and disease control in wheat: Its development and implementation in Europe. I K.J. Leonard & W.E. Fry (eds.): *Plant Disease Epidemiology*. Vol 2. McGraw-Hill. p. 3-29.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.
- Zeddies, J. & Jung, G. (1986). Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach-Projekt. II. Ökonomische Auswirkungen. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 93, 449-461.
- Zerche, S., Müller, S. & Ausorge, H. (1985). Einfluss variierter N-Düngung auf Ertrag und Ertragskomponenten von Winterweizen bei differenzierter Wasserversorgung. *Arch. Acker-Planzenbau Bodenk.*, Berlin 19, 547-553.
- Zhou, X. & Carter, N. (1991). The effects of nitrogen and fungicide on cereal aphid population development and the consequences for the aphid-yield relationship in winter wheat. *Ann. appl. Biol.* 119, 433-441.
- Zogg, H. & Jaggi, W. (1974). Studies on the biological soil disinfection. *Phytopat. Z.* 81, 160-69.

Notater:

Notater:

Notater:

Notater:

Notater:

Notater:

Notater:

Afdelinger under Statens Planteavlsforsøg

Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, Jyndevad, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Planternærning og -fysiologi, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle	75 83 23 44
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern	97 36 62 33
Lundgård Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen	75 36 01 33
Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11

Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Gartneriteknik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66

Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Planteanatomi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10

Centrallaboratoriet

Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele	86 65 25 00
--	-------------