

Radrensning med og uden ukrudtsharvning i vintersæd om foråret i samspil med forskellige dyrkningsfaktorer

Row hoeing followed by weed harrowing in winter cereals in spring under the influence of different cropping factors

Bo Melander, Karsten Rasmussen & Ilse A. Rasmussen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Martin Heide Jørgensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugsteknik

Forskningscenter Bygholm

DK-8700 Horsens

Summary

A total of four field experiments were conducted over two years with the objective to study yield and weeding effects of row hoeing followed by weed harrowing in winter barley and winter rye under the influence of row spacing, fertiliser application method, and cereal seed rate. Row hoeing was easier to carry out at 24 cm row spacing than at 12 cm, and the weed control efficacy was higher at 24 cm. However, yield losses arising from increasing the row spacing were rather high, 9-12% in barley and 4-6% in rye. Harrowing just after hoeing at the same driving speed as hoeing improved the weed control efficacy. When further combined with factors that improved the crop competitiveness against intra-row weeds, which usually survive hoeing, the efficacy was almost as high as chemical control (80-90%). Both fertiliser placement and increased seed rate improved crop competitiveness. Weed species with tap roots and an erect growth habit were controlled considerably better than that known for weed harrowing alone. Row hoeing plus weed harrowing at 24 cm row spacing can be a useful method for weed control in organic winter cereal cropping where weed incidences are rather severe. For conventional winter cereal cropping, the method needs further development to improve the working capacity and the possibility for hoeing at more narrow row spacing than 24 cm.

Indledning

Resultater og erfaringer med ukrudtsharvning i vinterhvede er knap så gode, som det der kendes fra vårbyg (Rasmussen & Rasmussen, 1994; Rasmussen & Svenningsen, 1995), fordi det i hvede er vanskeligere at bekæmpe ukrudtsarter med pælerod og strækningsvækst som f.eks. lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*), spildraps (*Brassica napus*) og kornvalmue (*Papaver rhoeas*) rettidigt (Wilson *et al.*, 1993; Rasmussen, 1998; Welsh *et al.*, 1996). En effektiv bekæmpelse af disse arter vil kræve, at harvningerne udføres om efteråret, hvilket dels kan være vanskeligt på grund af vejrforholdene, dels kan føre til alvorlige udbyttedepressioner (Rasmussen, 1998). Radrensning med gåsefodslapper i korn kan være en løsning ved problemer med disse ukrudtsarter. Ved radrensning kan planterne bekæmpes effektivt om foråret, og derfor er behandlingstidspunktet ikke nær så afgørende. Der kan behandles over en længere periode uden risiko for afgrødeskader, og større ukrudt mellem rækkerne kan bekæmpes tilfredsstillende. Bekæmpelsen kan derfor henlægges til om foråret, selv om ukrudtet er blevet stort. Radrensningens større sikkerhed i ukrudtsbekæmpelsen kan også i vårsæd være nyttig til at klare mere besværlige ukrudtsproblemer (Irla, 1991; Dierauer & Stöppler-Zimmer, 1994; Johansson, 1998). I en henholdsvis dansk (vårbyg og vinterhvede) og svensk (kun vårbyg) undersøgelse med radrensning i konventionelt dyrket korn har der været opnået ganske gode bekæmpelseseffekter – i flere tilfælde på niveau med herbicidbehandling - ved 1-2 behandlinger, og radrensningen kunne gennemføres uden nævneværdige skader på afgrøden (Rasmussen & Pedersen, 1990; Johansson, 1998). Her skal det dog bemærkes, at de nævnte besværlige ukrudtsarter kun forekom i større mængder i den svenske undersøgelse. Rækkeafstandsforøgelsen fra 12 cm til 20 cm, som var nødvendig for at gennemføre radrensningen, gav i den danske undersøgelse udbyttenedgange på 0-5% under forudsætning af, at udsædsmængden pr. ha blev bibeholdt, og at radrensningen gav en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse. I den svenske undersøgelse medførte en rækkeafstandsforøgelse fra 12,5 cm til 25 cm en lidt større udbyttenedgang på 6-8%.

I nyere landsforsøg med radrensning på 24 cm's rækkeafstand i konventionelt dyrket vinterhvede har bekæmpelseseffekterne ikke været helt så gode som i de ovenfor nævnte undersøgelser (Anonym, 2000). Ukrudtsbestandene var gennemgående små, og arter med strækningsvækst forekom kun i beskedent omfang. I enkelte forsøg, hvor lugtløs kamille forekom i større mængder, var effekterne enten på niveau med eller bedre end led med herbicidbehandling. Udbytteerne var generelt noget lavere end ved kemisk renholdelse på 12 cm's rækkeafstand, hvilket dels skyldtes selve rækkeafstandsforøgelsen, dels det forhold at der gik ét traktorkørespor gennem parcellerne svarende til den nedkørsel af kornet, der vil være ved anvendelsen af en 4 meter bred radrenser.

Nærværende undersøgelse er udført med henblik på at undersøge, om radrensning i vintersæd kan effektiviseres yderligere ved at kombinere teknikken med ukrudtsharvning og dyrkningsmæssige faktorer. I forhold til tidligere undersøgelser rummer denne undersøgelse flere nye tiltag, som kan sammenfattes i fire punkter: For det første er undersøgelserne udført i vinterbyg og –rug, hvilket ikke tidligere er gjort. De to afgrødearter er valgt, fordi de har en høj konkurrenceevne mod ukrudt, især på grund af en hurtig tilvækst om foråret. Dette kan

give en kraftig hæmning af ukrudtet i selve afgrøderækken, hvor radrensningen i sagens natur kun har meget begrænset effekt. For det andet søges afgrødens konkurrenceevne i rækken styrket ved at fremme afgrødens vækst gennem en præcis placering/nedfældning af gødningen i forhold til kornrækkerne om foråret eller gennem en øget udsædsmængde i forhold til det normale. For det tredje bestemmes bekæmpelseeffekten mod ukrudt, når radrensningen suppleres med en efterfølgende ukrudtsharvning ved samme kørehastighed. For det fjerde kvantificeres bekæmpelseeffekterne mod ukrudtsarter karakteriseret ved pælerods- og strækningsvækst specifikt.

Materialer og metoder

Undersøgelserne blev foretaget i markforsøg ved Forskningscenter Flakkebjerg på en sandblandet lerjord. I alt fire forsøg blev gennemført, ét med vinterbyg (sorten *Hanna*) og ét med vinterrug (sorten *Dominator*) i hvert af høstårene 1999 og 2000. Forsøgene blev anlagt som randomiserede blokforsøg med 4 faktorer, 3 gentagelser og en nettoparcelstørrelse på 14,4 m². Tabel 1 angiver forsøgsfaktorerne med de tilhørende niveauer samt information om behandlingernes gennemførelse. Vinterraps blev udsået som kunstig ukrudtsplante umiddelbart efter kornet. Rapsen skulle sikre, at der var tilstrækkeligt med ”ukrudtsplanter”, der havde strækningsvækst og pælerod.

Placering af gødningen blev udført ved hjælp af specialbygget udstyr påmonteret *Kyndestofte* nedfælderskær. Udstyret var fremstillet af Forskningscenter Bygholm, Danmarks JordbrugsForskning. Gødningen udbragt oven på jorden blev udført med samme udstyr blot ved at hæve nedfælderskærerne og holde dem i samme afstand fra kornrækkerne, som angivet i tabel 1. Der blev anvendt ét skær for hver kornrække ved 24 cm's rækkeafstand og ét skær i midten af hvert andet rækkemellemrum ved 12 cm's rækkeafstand. Gødningen var en flydende DanGødning (NPKS 15-2-6-2), som blev udbragt i en mængde svarende til ca. 60 kg N ha⁻¹ i begge afgrøder den 31/3-1999 og i en mængde svarende til ca. 50 kg N ha⁻¹ i begge afgrøder den 30/3-2000. Gødningen fremstilles af DanGødning A/S, Sdr. Voldgade 15, 7000 Fredericia og er tilsat en urease-inhibitor til hæmning af ammoniakfordampningen efter udbringning. Forsøgene blev gødet igen sidst i april med en almindelig granuleret gødning (21-3-10), således at byggen fik en samlet N-mængde på 130 kg ha⁻¹ i 1999 og 120 kg ha⁻¹ i 2000, mens rugen fik 100 kg ha⁻¹ i 1999 og 90 kg ha⁻¹ i 2000.

Ukrudtseffekterne efter bekæmpelse blev opgjort på basis af mængden af ukrudtstørstof i begyndelsen af juni. Tabel 2 angiver hvilke arter, som forekom i forsøgene samt i hvilke mængder. Hvis ikke andet er angivet, omfatter benævnelsen ”ukrudt”, eller ord hvori ukrudt indgår, kun det naturligt forekommende ukrudt i forsøgene. Effekter på raps bliver omtalt særskilt.

Tabel 1. Oversigt over forsøgsfaktorerne i de fire forsøg. De opnåede plantebestande ved normal og høj udsædsmængde er angivet som antal kornplanter pr. meter række. Tallene i parentes er spredninger på middelværdierne. Experimental factors and levels involved in the four experiments, two in winter barley and two in winter rye. Numbers in parentheses are standard deviations of the means.

Faktor 1)	Faktor 2)	Faktor 3)	Faktor 4)
Rækkeafstand (2 niveauer)	Gødningsudbringning (2 niveauer)	Udsædsmængde (2 niveauer)	Bekæmpelse (4 niveauer)
a) Normal - 12 cm b) Dobbelt - 24 cm	a) På overfladen b) Placeret Dybde: - 5,4 (±1,0) cm, byg 1999 - 5,7 (±1,0) cm, byg 2000 - 5,2 (±1,0) cm, rug 1999 - 6,0 (±1,2) cm, rug 2000 Afstand til rækken ved 24 cm og gns. afvigelse fra midten mellem 2 rækker ved 12 cm: <u>Byg 1999:</u> - 6,7 (±2,0) cm v. 24 cm - 1,8 (±1,3) cm v. 12 cm <u>Byg 2000:</u> - 8,7 (±2,2) cm v. 24 cm - 1,2 (±0,9) cm v. 12 cm <u>Rug 1999:</u> - 6,7 (±1,6) cm v. 24 cm - 1,2 (±1,2) cm v. 12 cm <u>Rug 2000:</u> - 8,2 (±2,1) cm v. 24 cm - 1,2 (±1,1) cm v. 12 cm	a) Normal <u>Byg 1999:</u> - 136 kg ha ⁻¹ - 35 (±3) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 74 (±3) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Byg 2000:</u> - 160 kg ha ⁻¹ - 38 (±1) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 69 (±4) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Rug 1999:</u> - 120 kg ha ⁻¹ - 42 (±2) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 60 (±5) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Rug 2000:</u> - 146 kg ha ⁻¹ - 39 (±2) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 66 (±4) pl. m ⁻¹ v. 24 cm b) Øget <u>Byg 1999:</u> - 205 kg ha ⁻¹ - 52 (±5) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 116 (±3) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Byg 2000:</u> - 267 kg ha ⁻¹ - 63 (±5) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 115 (±6) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Rug 1999:</u> - 215 kg ha ⁻¹ - 70 (±5) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 100 (±6) pl. m ⁻¹ v. 24 cm <u>Rug 2000:</u> - 247 kg ha ⁻¹ - 64 (±3) pl. m ⁻¹ v. 12 cm - 110 (±7) pl. m ⁻¹ v. 24 cm	a) Ingen b) Herbicid <u>Byg/rug 1999:</u> - 1,5 tab. ha ⁻¹ Express + 0,7 l ha ⁻¹ Oxitril den 17/4-99 <u>Byg/rug 2000:</u> - 2 tab. ha ⁻¹ Express + 2,5 l ha ⁻¹ Tolkan den 15/10-99 c) Radrensning (Schmotzer, man. styret) <u>Byg(b)/rug(r) 12 cm:</u> - ét træk primo april (st. 25(b), 30(r)) - hastighed 2(b), 3,5(r) km t ⁻¹ - skærbredde 7 cm - arbejdsdybde 2–3 cm <u>Byg(b)/rug(r) 24 cm:</u> - to træk – primo april (st. 25(b), 30(r)) og ultimo april (st. 31(b), 32(r)) - hastighed første træk 4(b), 6(r) km t ⁻¹ - hastighed ved andet træk 6(br) km t ⁻¹ - skærbredde 16 cm - arbejdsdybde 2–3 cm d) Radrensning (Schmotzer) + ukrudtsharvning (Rabe-werk) Radrensning som niveau c). Én harvning umiddelbart efter hver rensning ved samme hastighed. Ved 12 cm's rækkeafstand yderligere én harvning ultimo april

Kornet blev høstet med parcelmejetærsker ved modenhed, og der blev høstet 12 rækker pr. parcellbredde ved 12 cm's rækkeafstand og 6 rækker pr. bredde ved 24 cm. Kerneudbyttet er angivet ved 15% vandindhold.

Tabel 2. Oversigt over ukrudtsarter og ukrudtstrykket i de fire forsøg. Tallene i parentes er spredninger på middelværdierne. Weed species and densities presented in the experiments. Numbers in parentheses are standard deviations of the means.

	Byg 1999	Byg 2000	Rug 1999	Rug 2000
Hyppigt forekommende ukrudtsarter i forsøgene med de mest dominerende fremhævet i fed	Alm. fuglegræs (<i>Stellaria media</i>), lugtløs kamille (<i>Tripleurospermum inodorum</i>), tvetand (<i>Lamium spp.</i>), agerstedmoder (<i>Viola arvensis</i>)	Alm. fuglegræs , lugtløs kamille , tvetand, agerstedmoder, hydrdetaske (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	Alm. fuglegræs , lugtløs kamille , tvetand, agerstedmoder, ærenpris (<i>Veronica spp.</i>)	Alm. fuglegræs , lugtløs kamille , tvetand, agerstedmoder, hydrdetaske
Ukrudtsbestand (inkl. raps) før bekæmpelse (pl. m ⁻²)	110 (±40)	109 (±36)	126 (±35)	151 (±55)
Total mængde ukrudtstørstof (inkl. raps) i juni i led uden bekæmpelse (g m ⁻²)	220 (±67)	130 (±50)	87 (±33)	43 (±23)
Mængden af kamille i % af total ukrudtstørstof (inkl. raps)	14 (±13)	8 (±7)	21 (±8)	20 (±9)
Mængden af fuglegræs i % af total tørstof (inkl. raps)	69 (±14)	28 (±11)	46 (±19)	31 (±16)
Mængden af raps i % af total tørstof (inkl. raps)	12 (±6)	56 (±14)	13 (±6)	31 (±12)

Variansanalyserne på ukrudtstørstof (tabel 3 og 4) blev alle foretaget på logaritmetransformerede værdier. Resultaterne i figur 1, 2 og 3 er tilbagetransformerede værdier. Herbicidbehandlede led indgik ikke i analyserne af ukrudtstørstof, fordi vekselvirkningerne mellem mekanisk ukrudtsbekæmpelse og de dyrkningsmæssige foranstaltninger havde høj prioritet. Vekselvirkningerne ville blive svagere bestemt, hvis de kraftige effekter fra herbicidbehandling indgik i modellerne. Ved analyserne af udbytterne blev data transformeret ved hjælp følgende transformation: $y=x/(100-x)$, hvor y er det transformerede udbytte, og x er det målte udbytte. Resultaterne i tabel 6 er tilbagetransformerede værdier.

Resultater og diskussion

Ukrudtseffekter

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse havde en kraftig effekt på mængden af ukrudtstørstof i begge afgrøder i begge forsøgsår (tabel 3 og 4), hvor radrensning plus ukrudtsharvning generelt bekæmpede mere ukrudt end radrensning alene ($p<0,001$ for alle forsøg). Den primære effekt af harvning lige efter radrensning er, at harven trækker ukrudtet mere frem på jordoverfladen, samtidig med at jord på ukrudtsrødderne i nogen grad rystes af. De største bekæmpelses effekter blev opnået i 2000-forsøgene (tabel 5 og figur 1 og 3). Årsagen er, at den første mekaniske behandling var mere vellykket end i 1999. Især i bygforsøget i 1999 og især ved

anvendelse af det brede skær blev jorden brudt op i store klumper på grund af for høj fugtighed i modsætning til 2000, hvor jorden smuldrede bedre, således at ukrudtsrødderne blev bedre underskåret og rykket i stykker. Effekten i 2000 blev yderligere fremmet af en solrig og varm periode i første halvdel af maj.

Tabel 3. Hovedvirkninger og signifikante vekselvirkninger på mængden af ukrudtstørstof samt kerneudbyttet i de to forsøg med vinterBYG. Frihedsgrader i parentes er antallet gældende for analyser på kerneudbyttet, hvor herbicidbehandlede led indgik. Main effects and significant interactions on weed dry matter and grain yield in the two experiments with barley. Degrees of freedom shown in parentheses are those involved in the analyses on yield, where herbicide treatment was included.

Faktorer	Frihedsgr.	1999				2000			
		Ukrudtstørstof		Kerneudbytte		Ukrudtstørstof		Kerneudbytte	
		F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.
Rækkeafstand (R)	1	0,24	I.S.	21,66	***	23,56	***	34,38	***
Gødningsplacering (G)	1	12,55	***	8,88	**	3,46	I.S.	0,50	I.S.
Udsædsmængde (U)	1	2,77	I.S.	2,20	I.S.	12,21	**	0,63	I.S.
Bekæmpelse (B)	2	86,50	***	36,86	***	64,21	***	27,77	***
R x B	2	-	-	-	-	15,96	***	-	-
R x G	1	-	-	-	-	-	-	13,83	***
G x U	1	-	-	-	-	-	-	4,37	*
G x B	2 (3)	5,28	**	3,57	*	-	-	-	-
R x G x U	1	6,97	*	-	-	-	-	-	-

I.S. = ikke signifikant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$

Mekanisk bekæmpelse vekselvirkede i begge forsøgsår med nogen af de dyrkningsmæssige faktorer (tabel 3 og 4). Placering af gødningen var særlig virkningsfuld i vinterbyg i 1999, hvor registreringer af byggets biomasse samtidig med ukrudtshøsten i juni viste, at byggets overjordiske biomasse generelt var øget med 19% ($p < 0,01$). Det betød, at kornet konkurrerede bedre med ukrudtet, især hvor der var udført mekanisk bekæmpelse som vist ved vekselvirkningen mellem gødningsplacering og bekæmpelse i figur 1 for 1999-forsøget. Når konkurrenceeffekten er mest markant i forbindelse med bekæmpelse, er det sandsynligvis, fordi radrensningen fjerner langt det meste ukrudt i rækkel mellemrummene og primært kun efterlader ukrudt i selve kornrækken, hvor det ofte vil være svækket i en eller anden grad på grund af jordtildækning fra jord kastet ind i rækken. Konkurrencetrykket i selve kornrækken mod det svækkede ukrudt er meget stort og stiger yderligere som følge af, at kornets vækst er fremmet grundet bedre og hurtigere adgang til næringsstoffer.

Tabel 4. Hovedvirkninger og signifikante vekselvirkninger på mængden af ukrudtstørstof samt kerneudbyttet i de to forsøg med vinterRUG. Frihedsgrader i parentes er antallet gældende for analyser på kerneudbyttet, hvor herbicidbehandlede led indgik. Main effects and significant interactions on weed dry matter and grain yield in the two experiments with rye. Degrees of freedom shown in parentheses are those involved in the analyses on yield, where herbicide treatment was included.

Faktorer	Frihedsgr.	1999				2000			
		Ukrudtstørstof		Kerneudbytte		Ukrudtstørstof		Kerneudbytte	
		F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.	F-værdi	Signf.
Rækkeafstand (R)	1	1,47	I.S.	16,27	***	3,13	I.S.	19,15	***
Gødningsplacering (G)	1	1,20	I.S.	7,01	*	2,77	I.S.	0,27	I.S.
Udsædsmængde (U)	1	2,18	I.S.	0,44	I.S.	12,23	**	22,25	***
Bekæmpelse (B)	2	47,08	***	9,34	***	39,70	***	25,75	***
R x B	2	5,44	**	-	-	9,00	***	-	-
G x B	(3)	-	-	-	-	-	-	4,06	*
R x G x B	2	3,61	*	-	-	5,99	**	-	-

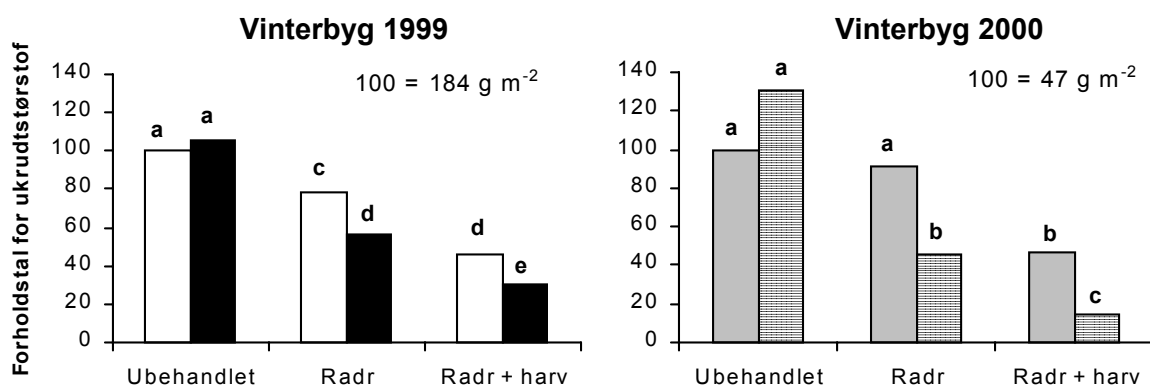
I.S. = ikke signifikant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$

Ifølge figur 1 er der ganske vist ikke mindre ukrudt efter gødningsplacering i leddene uden mekanisk bekæmpelse. Men det er ikke et udtryk for, at kornets konkurrenceevne ikke er blevet fremmet, men snarere, at en bedre næringsstofoptagelse nok også har været tilstede for dele af ukrudtspopulationen, således at de to effekter - konkurrence og øget ukrudtsvækst - mere eller mindre har opvejet hinanden. At ukrudtsarterne reagerede forskelligt på gødningsplacering er illustreret i figur 2, hvor kamille, som har en dybtgående pælerod, tydeligt har haft mere fordel af placeringen end fuglegræs med et mere overliggende rodsystem. Da fuglegræs udgjorde den største del af ukrudtstørstoffet (tabel 2), blev den samlede bekæmpelseeffekt som vist i figur 1.

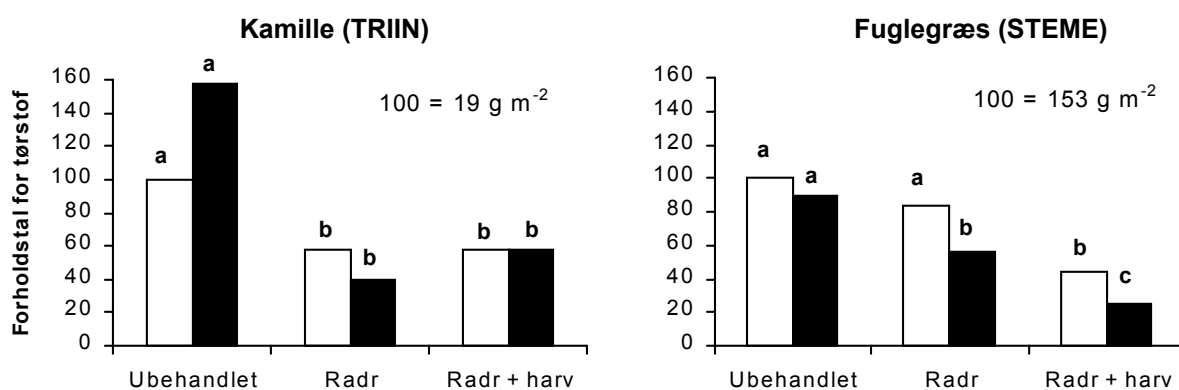
Figur 2 viser også, at effekten på fuglegræs er noget større, når radrensning efterfølges af ukrudtsharvning. Fuglegræs var dominerende i alle fire forsøg (tabel 2), og de gode bekæmpelseeffekter af radrensning plus harvning skal i høj grad tilskrives en stor effekt på netop denne art. Kamille derimod reagerede ikke i samme grad på harvning, men de højeste effekter på kamille og raps blev dog alligevel opnået med radrensning plus harvning i de fleste tilfælde i både byg og rug (tabel 5).

Trejevsvekselvirkningen mellem rækkeafstand, udsædsmængde og gødningsplacering i byg i 1999 viste ikke overraskende, at ukrudtsmængden som gennemsnit af bekæmpelserne var mindst ved 12 cm's rækkeafstand, placering af gødningen og høj udsædsmængde og størst ved dobbelt rækkeafstand, overfladeudbragt gødning og normal udsædsmængde.

En øgning af udsædsmængden fremmede generelt afgrødernes konkurrenceevne i de to forsøg i 2000. Reduktionerne i ukrudtstørstof var på 32% i byg ($p < 0,01$) og 36% i rug ($p < 0,01$).



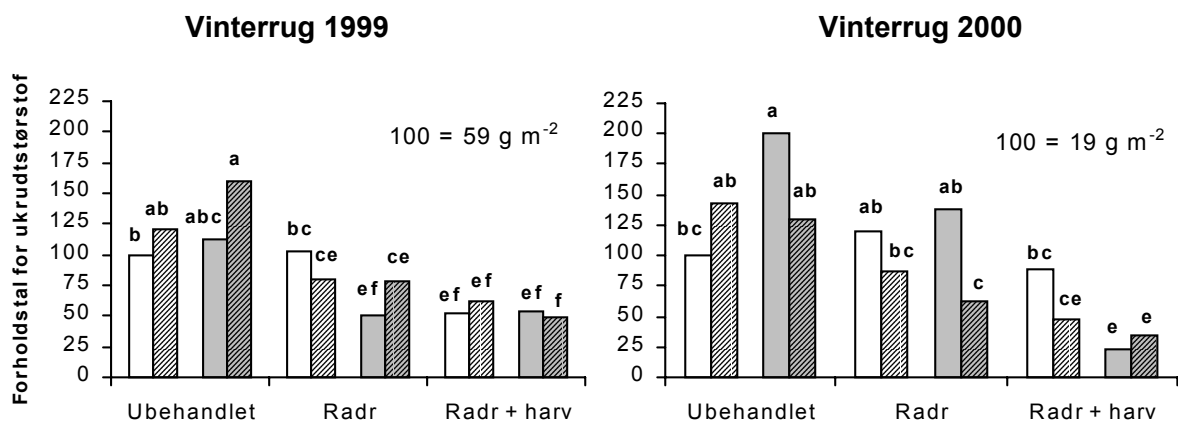
Figur 1. Reduktioner i mængden af ukrudtstørstof efter mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vinterbyg. Hvide søjler: overfladeudbragt gødning. Sorte søjler: placeret gødning. Grå søjler: 12 cm's rækkeafstand. Stribede søjler: 24 cm's rækkeafstand. Søjler med samme bogstavsangivelse er ikke signifikant forskellige (5%-niveau). Reductions in weed dry matter following mechanical weeding in winter barley. White columns: surface applied fertiliser. Black columns: placed fertiliser. Grey columns: 12 cm row spacing. Striped columns: 24 cm row spacing. Columns with the same letter are not significantly different (5%-level).



Figur 2. Reduktioner i mængden af tørstof af lugtløs kamille og alm. fuglegræs efter mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vinterbyg i 1999. Åbne søjler: overfladeudbragt gødning. Sorte søjler: placeret gødning. Søjler med samme bogstavsangivelse er ikke signifikant forskellige (5%-niveau). Reductions in dry matter of *Tripleurospermum inodorum* (TRIIN) and *Stellaria media* (STEME) following mechanical weeding in winter barley in 1999. Open columns: surface applied fertiliser. Solid columns: placed fertiliser. Columns with the same letter are not significantly different (5%-level).

Større rækkeafstand og ingen bekæmpelse førte generelt til mere ukrudt i forsøgene, men mekanisk bekæmpelse vekselvirkede positivt med øget rækkeafstand i de to rugforsøg og bygforsøget i 2000 (figur 1 og 3). Forklaringen skal ses i fire forhold. Det første forhold, som anses for det væsentligste, er, at der blev gennemført én radrensning mere på 24 cm end på 12 cm's rækkeafstand. Det andet er de anvendte skærbredder, 7 og 16 cm, hvor skæret på 24 cm's rækkeafstand direkte dækker 67% af rækkel mellemrummet i modsætning til det mindre skær til 12 cm's rækkeafstand, som "kun" dækker 58%. Det tredje forhold er de højere kørehastigheder, som er mulige ved 24 cm (tabel 1), da styringen her er nemmere. Skærerne arbejder normalt bedre ved 5-6 km t⁻¹ end ved lavere hastigheder. Det fjerde forhold vedrører antallet af kornplanter i rækken, som er betydeligt større ved 24 cm end ved 12 cm (tabel 1), fordi udsædsmængden er den samme ved begge afstande, men antallet af kornrækker er kun det halve ved 24 cm's rækkeafstand. Den større plantetæthed ved 24 cm giver et betydeligt større konkurrencetryk mod ikke-bekæmpet/delvis bekæmpet ukrudt i selve rækken, end det vil være tilfældet ved 12 cm's rækkeafstand.

Vekselvirkningerne mellem rækkeafstand, gødningsudbringning og bekæmpelse i de to rugforsøg er vist i figur 3. I 1999-forsøget har gødningsudbringning ikke haft nogen afgørende indflydelse på bekæmpelsesresultatet ved de to rækkeafstande, men ved manglende bekæmpelse har placering haft tendens til at fremme ukrudt svæksten. I 2000-forsøget har gødningsudbringning heller ikke haft nogen entydig indflydelse på resultaterne af mekanisk bekæmpelse på de to rækkeafstande, men der er en tendens til et bedre resultat, hvor gødningen er placeret.



Figur 3. Reduktioner i mængden af ukrudtstørstof efter mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vinterrug. Åbne søjler: overfladeudbragt gødning. Skraverede søjler: placeret gødning. Hvid toning er 12 cm's rækkeafstand, grå er 24 cm. Søjler med samme bogstavsangivelse er ikke signifikant forskellige (5%-niveau). Reductions in weed dry matter following mechanical weeding in winter rye. Open columns: surface applied fertiliser. Hatched columns: placed fertiliser. White toning is 12 cm row spacing, grey is 24 cm. Columns with the same letter are not significantly different (5%-level).

Tabel 5. Kombinationer indeholdende mekanisk bekæmpelse med den højeste bekæmpelseseffekt mod naturligt ukrudt, kamille alene og raps alene vist for hver af de fire forsøg. Effekten er udregnet i forhold til 12 cm's rækkeafstand, gødning udbragt på overfladen, normal udsædsmængde og ingen bekæmpelse. De tilsvarende effekter ved kemisk bekæmpelse er angivet i parentes. Treatments with the highest effect against natural weeds, only *Tripleurospermum inodorum*, and only *Brassica napus*, respectively, shown for each of the four experiments. The effects are calculated according to 12 cm row spacing, surface applied fertiliser, normal seed rate, and no control. The corresponding herbicide effects are shown in parentheses.

Forsøg	Rækkeafstand	Gødning	Udsædsmængde	Bekæmpelse	Effekt (%)
<i>VinterBYG 1999</i>					
Naturligt ukrudt	12 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	72 (90)
Kamille	12 cm	Placeret	Normal	Radr.	65
Raps	12 cm	På overfladen	Høj	Radr. + harv.	65
<i>VinterBYG 2000</i>					
Naturligt ukrudt	24 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	94 (97)
Kamille	24 cm	På overfladen	Normal	Radr. + harv.	92
Raps	24 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	91
<i>VinterRUG 1999</i>					
Naturligt ukrudt	24 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	65 (75)
Kamille	12 cm	På overfladen	Normal	Radr. + harv.	83
Raps	24 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	82
<i>VinterRUG 2000</i>					
Naturligt ukrudt	24 cm	På overfladen	Høj	Radr. + harv.	85 (80)
Kamille	24 cm	På overfladen	Høj	Radr. + harv.	85
Raps	24 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	93

De højeste bekæmpelseseffekter mod vinterraps og kamille blev opnået i 2000-forsøgene (tabel 5), hvor det primært var dobbelt rækkeafstand og radrensning plus harvning, som var afgørende for resultaterne. Selv om bekæmpelseseffekterne efter mekanisk bekæmpelse kan være på niveau med kemisk bekæmpelse, så kan de enkelte overlevende kamilleplanter i kornrækken blive næsten på størrelse med enkeltplanter i ubehandlede led. Men ved stor rækkeafstand og radrensning plus harvning kan størrelsen af enkeltplanter reduceres meget, således at risikoen for frøkast bliver begrænset. Eksempelvis i bygforsøget i 2000 vejede enkeltplanter af kamille efter dobbelt rækkeafstand og radrensning plus harvning kun godt dobbelt så meget, som dem der havde overlevet kemisk bekæmpelse, men 16 gange mindre end enkeltplanter i ubehandlede led.

Udbytteeffekter

Hovedvirkningerne af rækkeafstand og bekæmpelse på kerneudbyttet var stærkt signifikante i alle fire forsøg (tabel 3 og 4). Dobbelt rækkeafstand medførte generelt en udbyttenedgang i

alle forsøgene med de største nedgange - både relativt og absolut - i vinterbyg (tabel 6). Mekanisk bekæmpelse førte til højere udbytte end ingen bekæmpelse i tre af forsøgene, men udbytterne nåede generelt ikke niveauet for de kemisk renholdte led (tabel 7), primært fordi mekanisk bekæmpelse efterlod mere ukrudt end kemisk bekæmpelse. Ukrudtsmængden var generelt lavere i 2000 end 1999, men ukrudtets konkurrenceevne var større i 2000, især i rug - sandsynligvis fordi det udsåede konkurrenceevne raps udgjorde en betydelig større del af ukrudtets biomasse end i 1999 (tabel 2). Øget udsædsmængde medførte et lidt lavere udbytte i det ene rugforsøg, og kernestørrelsen var generelt lidt mindre i alle forsøgene ved øget udsædsmængde end ved normal. Udbytterne fra bygforsøget i 2000 tyder på, at specielt radrensning plus harvning har skadet kornet. Behandlingen efterlod kun lidt ukrudt men førte alligevel til et markant lavere udbytte end ingen bekæmpelse på trods af, at mængden af ukrudtstørstof i de ubehandlede led var noget større. Af tabel 5 og 7 fremgår det, at der ikke nødvendigvis var en sammenhæng mellem de kombinationer af faktorerne indeholdende mekanisk bekæmpelse med det højeste udbytte og dem, som gav den bedste bekæmpelseseffekt. Den helt afgørende forskel var rækkeafstanden, som gav de bedste ukrudtseffekter, men de laveste udbytter.

Tabel 6. Hovedeffekter på kerneudbyttet i de fire forsøg. Udbytter med samme bogstav er ikke signifikant forskellige (5%-niveau). Main effects on grain yield in the four experiments. Yields with the same letter are not significantly different (5%-level).

Behandlinger (hovedvirkninger)	Byg (hkg ha ⁻¹)		Rug (hkg ha ⁻¹)	
	1999	2000	1999	2000
Rækkeafstand				
- 12 cm	43,3 a	52,6 a	64,7 a	57,3 a
- 24 cm	38,1 b	47,6 b	61,8 b	53,6 b
Gødningsplacering				
- ingen	39,1 b	50,8 a	60,5 b	56,0 a
- placeret	42,4 a	49,5 a	65,2 a	55,1 a
Udsædsmængde				
- normal	40,0 a	50,6 a	62,7 a	57,7 a
- øget	41,6 a	49,8 a	63,3 a	53,2 b
Bekæmpelse				
- ingen	32,7 c	49,1 b	59,1 b	51,2 c
- herbicid	48,6 a	55,7 a	65,5 a	60,6 a
- radr.	38,8 b	48,6 bc	63,4 a	53,9 b
- radr.+harv.	40,8 b	46,3 c	63,4 a	55,5 b

Årsagen til vekselvirkningen mellem gødningsudbringning og bekæmpelse i byg i 1999 var, at herbicidbehandlingen førte til et højere udbytte ($p < 0,001$) efter placering af gødningen end ved overfladeudbringning, mens udbyttet efter mekanisk bekæmpelse kun tenderede til at være højere efter gødningsplacering. Denne tendens til højere udbytte skyldes, dels at

placeringen generelt fremmede udbyttet, dels at den mekaniske bekæmpelse plus placering efterlod mindre ukrudt end mekanisk bekæmpelse plus overfladeudbringning gjorde (figur 1). I de ubehandlede parceller var udbytteforholdet mellem overfladeudbringning og placering lige omvendt, fordi der her var tendens til mere ukrudt, hvor gødningen var placeret. Vekselvirkningen mellem gødningsudbringning og bekæmpelse i rug i 2000 skyldtes, at udbyttet i de herbicidbehandlede led med overfladeudbringning var højere ($p < 0,05$) end i de herbicidbehandlede led med placering af gødningen. Udbytteforholdet for ingen bekæmpelse og de 2 mekaniske led adskilte sig ikke væsentligt mellem de to niveauer af gødningsudbringning.

Tabel 7. Kombinationer med mekanisk bekæmpelse, som gav det højeste kerneudbytte i de fire forsøg samt udbyttene ved almindelig dyrkningspraksis. Tallene i parentes er udbytteforholdet for de bedste mekaniske kombinationer angivet for effekter mod naturligt ukrudt i tabel 5. Treatments with mechanical weeding giving the highest grain yields in the four experiments including the yield level at normal cropping practise. Figures in parentheses correspond to the best mechanical treatments against natural weeds in table 5.

Forsøg	Rækkeafstand	Gødning	Udsædsmængde	Bekæmpelse	Udbytte (hkg ha ⁻¹)
<i>VinterBYG 1999</i>					
Bedste mek.	12 cm	Placeret	Høj	Radr. + harv.	50,1 (50,1)
Alm. dyrkningsp.	12 cm	På overfladen	Normal	Herbicid	49,5
<i>VinterBYG 2000</i>					
Bedste mek.	12 cm	På overfladen	Normal	Radr.	55,7 (47,1)
Alm. dyrkningsp.	12 cm	På overfladen	Normal	Herbicid	60,1
<i>VinterRUG 1999</i>					
Bedste mek.	12 cm	Placeret	Høj	Radr.	68,7 (63,8)
Alm. dyrkningsp.	12 cm	På overfladen	Normal	Herbicid	65,3
<i>VinterRUG 2000</i>					
Bedste mek.	12 cm	Placeret	Normal	Radr. + harv.	58,5 (49,1)
Alm. dyrkningsp.	12 cm	På overfladen	Normal	Herbicid	68,0

Vekselvirkningen mellem rækkeafstand og gødningsudbringning i 2000-bygforsøget viste, at udbyttet var lavere ($p < 0,05$) efter placering af gødning på normal rækkeafstand, mens udbringningsformen ikke gav anledning til udbytteforskelle ved dobbelt rækkeafstand. Vekselvirkningen mellem gødningsudbringning og udsædsmængde ligeledes i 2000-bygforsøget viste, at øget udsædsmængde gav højere udbytte ($p < 0,05$) end normal mængde ved overfladeudbringning af gødningen, mens der ikke var forskel mellem udsædsmængderne ved placering af gødningen. Baggrundene for disse to vekselvirkninger er ikke umiddelbart forklarlige.

Perspektiver

Undersøgelserne har gennemgående vist, at det er muligt at opnå en relativ effektiv ukrudtsbekæmpelse ved hjælp af mekaniske metoder, som er tæt på niveauet for en effektiv kemisk bekæmpelse på 80-90%'s bekæmpelseseffekt. Også de vanskelige ukrudtsarter med pælerødder og strækningsvækst kan bekæmpes tilfredsstillende. Resultaterne understreger, at ukrudtsharvning lige efter radrensningen forbedrer ukrudtseffekterne, men samtidig rummer harvning også risiko for at skade kornet sandsynligvis på grund af for kraftig jordtildækning af kornplanterne. Dierauer & Stöppel (1994), Irla (1991) & Mattsson & Sandström (1994) fremhæver også fordelene ved at harve lige efter radrenseren, mens de nyligt gennemførte landsforsøg ikke har kunnet bekræfte fordelene (Anonym, 2000). Ligeledes har efterredskaber med hyppeeffekt til kornradensere i svenske forsøg kunnet forbedre bekæmpelsen af ukrudt i kornrækken med 10-20% (Johansson, 1998). På baggrund af disse erfaringer vil det være relevant i forbindelse med udviklingen af fremtidens kornradensere at tilføre redskabet mere end ét bekæmpelsesprincip. Sammenbygningen af flere principper i et redskab vil samtidigt rationalisere bekæmpelsen, da flere principper kan arbejde i én arbejdsgang. Om sammenbygningen nødvendigvis skal bestå af radrensereskær efterfulgt af harvetænder eller hyppeelementer eller af helt andre principper, eksempelvis roterende renseaggregater (Weber, 1997), er stadig et åbent spørgsmål, som bør undersøges nærmere.

En udnyttelse af dyrkningsfaktorer, der fremmer kornets konkurrenceevne, kan tydeligvis forbedre effekten mod ukrudt i rækken, hvor det kun bliver delvis bekæmpet ved jordtildækning. En øget bestand af kornplanter i rækken kan hæmme ukrudtet betydeligt. Bestanden øges bl.a. ved, at udsædsmængden fra almindelig rækkeafstand bibeholdes ved øget rækkeafstand. Større udsædsmængde vil yderligere hæve bestanden. Her skal man imidlertid være opmærksom på, at kernestørrelsen kan formindskes ved en tæt plantebestand i rækken. Placering af gødning var særlig virkningsfuldt i det ene år og har muligvis overskygget effekterne fra øget udsædsmængde og større rækkeafstand. En målrettet udbringning af gødningen til vintersæd om foråret er tilsyneladende et emne, som kan rumme både bekæmpelses- og udbyttmæssige fordele. Positive effekter kendes også fra placering af granuleret gødning i forbindelse med såning af vårbyg (Rasmussen & Petersen, 1997).

Radrensning på 24 cm's rækkeafstand er betydeligt nemmere at gennemføre styringsmæssigt end på 12 cm og har også i denne undersøgelse ført til de bedste ukrudtseffekter i de fleste tilfælde. Men nedgangen i udbytterne som følge af en forøgelse af rækkeafstanden vil være af en uacceptabel størrelsesorden i konventionel korndyrkning. En større gennemgang af litteraturen viser da også, at kerneudbyttet går ned for vår-/vinterbyg, hvede og rug, når rækkeafstanden øges fra de almindelige 12 cm - jo mere, jo større afstand og mest ved høje udbytteneauer (Melander & Jensen, 1999). En rækkeafstand i området 16-18 cm synes ønskeligt, hvis der skal være plads til selve rensningen og styringen af denne og samtidigt sikre udbytteneauer. Arbejdskapaciteten er en anden faktor, som vil være afgørende for metodens udbredelse i den konventionelle korndyrkning. Nye automatiske styresystemer vil snart være tilgængelige (Søgaard & Melander, 2000) for jordbruget, og teknikken vil med stor sandsynlighed også kunne anvendes til radrensning i korn. Hvis både

arbejdsbredden på radrenseren og fremkørselshastigheden derved kan øges, kan arbejdskapaciteten nærme sig et relevant niveau for større anvendelse af metoden.

I økologisk korndyrkning har radrensningsteknikken på sit nuværende tekniske stade et større potentiale end i den konventionelle korndyrkning. Ukrudtsproblemerne kan nemt få et omfang, hvor radrensning på øget rækkeafstand kan være en nødvendig metode at tage i anvendelse (Rasmussen, 2001). Flere anvender endog radrensning til at regulere tidsler i korn. Det tyder ikke på, at økologisk dyrket korn reagerer tilsvarende negativt på øget rækkeafstand, som det er set i konventionel sammenhæng (Anonym, 2000; Rasmussen, 2001). Ofte kan udbyttet blive bedre af at øge rækkeafstanden og radrense ved større forekomster af besværligt ukrudt fremfor at fastholde en normal rækkeafstand og så satse på ukrudtsharvning med risiko for beskedne ukrudtseffekter.

Sammendrag og konklusioner

Fire markforsøg blev gennemført med henblik på at undersøge ukrudts- og udbytteeffekter af radrensning med og uden ukrudtsharvning i vinterrug og -byg om foråret under indflydelse af dyrkningsfaktorerne: rækkeafstand, gødningsudbringning og udsædsmængde. Resultaterne kan sammenfattes til følgende konklusioner:

- Radrensning kunne lettere gennemføres på 24 cm's rækkeafstand og med bedre ukrudtseffekt end på 12 cm
- Ukrudtsharvning udført lige efter radrensning, og ved samme hastighed som denne, forbedrede bekæmpelseseffekterne med 17-39%
- En forbedring af kornets konkurrenceevne mod ukrudt i selve kornrækken gennem en øget kornplantebestand eller ved placering af gødningen forbedrede bekæmpelseseffekterne af mekanisk bekæmpelse med 20-30%, således at de samlede effekter var tæt på niveauet for kemisk bekæmpelse (80-90%)
- Også mod ukrudtsarter med pælerods- og strækningsvækst blev der opnået gode bekæmpelseseffekter i størrelsesordenen 65-90%
- 24 cm's rækkeafstand medførte generelt udbyttetab på 9-12% i vinterbyg og 4-6% i rug i forhold til 12 cm

Radrensning på 24 cm's rækkeafstand synes umiddelbart mest anvendelig til økologisk vin-tersædsdyrkning, hvor udbyttetabene som følge af den større rækkeafstand oftest er betydelig mindre, og hvor den bedre ukrudtseffekt efter radrensningen nemt kan lede til et bedre resultat ukrudtsmæssigt såvel som udbyttmæssigt ved større forekomster af vanskeligt ukrudt sammenlignet med kun ukrudtsharvning på almindelig rækkeafstand. Til konventionel vintersædsdyrkning skal det tilstræbes at tilpasse radrensningsteknikken til mindre rækkeafstande end de 24 cm og i øvrigt forsøge at øge arbejdskapaciteten så meget som muligt.

Litteratur

Anonym, 2000. Oversigt over Landsforsøgene 2000. Landbrugets Rådgivningscenter Landskontoret for Planteavl: 336 pp.

- Dierauer HU & Stöppel-Zimmer H.* 1994. Unkrautregulierung ohne Chemie: pp. 134. E.U. verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Irla E.* 1991. Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfungsverfahren im Getreide. FAT-Berichte, Tänikon Svejts: 1-11. 25.26.
- Johansson D.* 1998. Radhackning med och utan efterredskap i stråsäd. Rapporter från jordbearbetningsavdelingen, Sveriges Lantbruksuniversitet, nr. 94, 55 pp.
- Mattsson B & Sandström M.* 1994. Icke-kemisk bekämpning i stråsäd och oljeväxter. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 423, Mark. Växter, pp. 23.
- Melander B & Jensen RK.* 1999. Rækkedyrkning. I: Kapitel 2, Perspektiver for dyrkning af korn, raps og bælgæd efter et rækkedyrkningskoncept, DJF-rapport, nr. 16, markbrug: 12-21.
- Rasmussen IA.* 2001. Strategier for ukrudtsbekæmpelse i økologisk vinterhvede. 18. Danske Planteværnskonference/Ukrudt.
- Rasmussen J.* 1998. Ukrudtsharvning i vinterhvede. 15 Danske Planteværnskonference/Ukrudt: 179-189.
- Rasmussen J & Pedersen TB.* 1990. Forsøg med radrensning i korn - rækkeafstand og udsædsmængde. 7. Danske Planteværnskonference/Ukrudt: 187-199.
- Rasmussen J & Rasmussen K.* 1994. Strategier for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårsæd. 11. Danske Planteværnskonference/Ukrudt: 149-162.
- Rasmussen J & Svenningsen T.* 1995. Selective Weed Harrowing in Cereals. Biological Agriculture and Horticulture, 12: 29-46.
- Rasmussen K & Petersen J.* 1997. Gødningsplacerings indflydelse på mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårbyg. 14. Danske Planteværnskonference/Ukrudt: 193-202.
- Søgaard HT & Melander B.* 2000. Automatisk styring af redskaber til ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder – tekniske og biologiske aspekter. 17. Danske Planteværnskonference 2000: 45-57.
- Weber H.* 1997. Geräte- und verfahrenstechnische Optimierung der mechanischen Unkrautregulierung in Beetkulturen. Dissertation, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München: 201 pp.
- Welsh JP, Bulson HAJ, Stopes CE, Froud-Williams RJ & Murdoch AJ.* 1996. Weed control in organic winter wheat using a spring-tine weeder. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen: 1127-1132.
- Wilson BJ, Wright KJ & Butler RC.* 1993. The effect of different frequencies of harrowing in the autumn or spring on winter wheat, and on the control of *Stellaria media* (L.) vill., *Galium aparine* L. and *Brassica napus* L. Weed Research, 33: 501-506.