

5. Regulering af ukrudt

af

Ilse A. Rasmussen, Bo Melander og Karsten Rasmussen

Danmarks JordbrugsForskning

Jesper Rasmussen

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

5.1 Indledning

I økologisk plantedyrkning er ukrudtsreguleringen baseret på et samspil mellem forebyggelse og bekæmpelse, hvor forebyggelse spiller en langt større rolle end i den konventionelle dyrkning. I korn og andre tætsåede afgrøder er forebyggelsen den væsentligste komponent i ukrudtsreguleringen, hvorimod det er den direkte bekæmpelse, der udgør grundlaget for dyrkning af rækkeafgrøder så som gulerødder, løg, roer og kartofler. Den økologiske ukrudtsregulering kendetegnes ved kompleksitet, da der dels anvendes mange forskellige metoder, og dels anvendes metoder med langsigtede effekter i dyrkningssystemet. Formålet med denne artikel er at give overblik over de anvendte metoder.

Artiklen er opbygget således at der først er et afsnit om behovet for ukrudtsregulering, derefter et afsnit om muligheder for forebyggelse mod ukrudt og endelig et afsnit om metoder til direkte bekæmpelse. Artiklen afsluttes med et afsnit om forskning vedrørende ukrudtsregulering. Artiklen er en gennemgang af principper og metoder - ikke konkrete anvisninger på hvordan ukrudtsbekæmpelsen i praksis skal udføres. Disse kan f.eks. findes i "Ukrudtsbekæmpelse på økologiske brug" udgivet af Landbrugets Rådgivningscenter (Anonym 95) og i andre af de citerede kilder.

5.2 Behovet for ukrudtsregulering

Der er to primære årsager til at udføre ukrudtsbekæmpelse: dels at undgå udbyttenedgang, dels at hindre opformering eller direkte formindske det potentielle ukrudtstryk i form af puljen af ukrudtsfrø og andre formeringsorganer i jorden. Andre faktorer som kvalitet, høstbesvær m.m. kan også være med i overvejelserne.

At der er behov for ukrudtsregulering kan ses bl.a. i Sloth & Feddersen (1983), som fandt at ukrudtet i omkring halvdelen af de undersøgte økologiske vårsædmarker udgjorde fra 20-50% af friskvægten af ukrudt og afgrøde tilsammen. Nors (1993) fandt at over tre fjerdedele af de undersøgte kornmarker havde over 200 ukrudtsplanter pr. m², og gennemsnittet for alle undersøgte marker var 400! Engelske undersøgelser i vinterhvede viste betydelig udbytteforøgelse i håndlugede parceller (Welsh & Bulson 95).

Afgrødernes behov for ukrudtsregulering

En veletableret kornafgrøde er konkurrencedygtig, og hvis ukrudtstrykket ikke er for højt, vil ukrudtsbekæmpelse ofte ikke være nødvendigt af hensyn til udbyttet under konventionelle forhold (Christensen & Rasmussen 96b). I korn til modenhed vil mange ukrudtsarter kunne kaste frø, så der vil være risiko for forøgelse af ukrudtsfrøpuljen uden ukrudtsbekæmpelse. En kornafgrøde til helsæd giver ikke mange ukrudtsarter chance for opformering. En svag kornafgrøde er ikke særlig konkurrencedygtig, og såvel udbyttetab som opformering af ukrudt vil forekomme.

Der er forskel på arternes konkurrenceevne, som kan rangordnes som følger: rug > vinterraps > vinterbyg > hvede > vårbyg/havre > vårraps > hestebønner > ærter/lupiner > rækkeafgrøder (Rasmussen 93d).

De fleste rækkesåede afgrøder har meget dårlig konkurrenceevne overfor ukrudt, bl.a. fordi de næsten alle er langsomt spirende og sent dækkende. Der er derfor altid behov for ukrudtsbekæmpelse såvel mellem rækkerne som i rækken. Der kan være forskel på hvor meget ukrudt der kan tolereres i afgrøden, og hvornår, af hensyn til udbyttet (Müller-Schärer & Baumann 93), men af hensyn til risiko for opformering bør rækkeafgrøder altid holdes fuldstændig rene.

Flerårige afgrøder som kløvergræs har behov for gode etableringsbetingelser, således at der bliver en tæt, veletableret afgrøde. Er der huller i plantedækket, vil ukrudt kunne etableres. Mange ukrudtsproblemer kan undgås ved veletablerede og velpassede kløvergræsmarker, så flerårigt ukrudt som tidsler ikke får chancen for at samle næring og brede sig. I vedvarende græsmarker kan ukrudtsarter som skræpper og brændenæder volde problemer.

Tabel 5.1. Visse almindelige frøukrudtsarters konkurrenceevne i vårbyg og vinterhvede

Konkurrenceevne	Vårbyg (Rasmussen 93d)	Vinterhvede (Christensen & Rasmussen 96b)
Svag	Agerstedmoderblomst Tvetand Ærenpris Enårig rapgræs	Agerstedmoderblomst Ærenpris Pileurt Enårig rapgræs
Moderat	Alm. fuglegræs Hvidmelet gåsefod Pileurt Lugtløs kamille	Alm. fuglegræs Hyrdetaske Markforglemmigej Tvetand
Stærk	Flyvehavre Agersennep Hanekro Gul okseøjje	Lugtløs kamille Burrenerre Kornvalmue Vindaks

Ukrudtets betydning for bekæmpelsesbehovet

Der er stor forskel på ukrudtsarternes konkurrenceevne og det er det både arten og antallet der afgør om en bekæmpelse er påkrævet. Alm. kvik er særdeles udbyttereducerende. 100 kvikskud pr. m² om foråret medførte 8% tab i rug og 35% i ærter (Melander 94). Også andre flerårige ukrudtsarter som agertidsel og agersvinemæk medfører udbyttetab. Mens 100 rød arve pr m² næppe giver udslag i et bekæmpelsesbehov, vil blot 10 agersennep i vårsæd pr. m² gøre det. I tabel 5.1 ses en oversigt over udvalgte frøukrudtsarters konkurrenceevne i hhv. vår - og vintersæd og i tabel 5.2 en bedømmelse af markens ukrudtstryk ved forskellig bestand af ukrudt med forskellig konkurrenceevne. Kun hvis der forventes et lavt ukrudtstryk, eller der efter fremspiring konstateres et lavt til moderat ukrudtstryk, kan bekæmpelse undlades i korn.

Tabel 5.2. Markens ukrudtstryk ved forskellig bestand af frøukrudtsarter med forskellig konkurrenceevne (Christensen & Rasmussen 96a).

Ukrudtstryk	Ukrudtsbestand, antal planter pr. m ²		
	Stærk konkurrenceevne	Moderat konkurrenceevne	Svag konkurrenceevne
Meget højt	over 50		
Højt	10 - 50	over 100	over 500
Moderat	under 10	10 - 100	100-500
Lavt		under 10	under 100

5.3 Forebyggelse

Forebyggelse mod ukrudt handler først og fremmest om styring. Der er stor forskel på hvor brugbare mulighederne er, både i forhold til den enkelte afgrøde og til bedriften som helhed.

I dette afsnit beskrives den forebyggende effekt af sædskifte, hvordan fremspiring af ukrudt i afgrøden kan nedsættes ved forebyggelse, hvordan afgrødens konkurrenceevne kan styrkes og hvordan en forøgelse af ukrudtsfrøpuljen kan forebygges. Selvom man ikke direkte kan sætte tal på effekten, vil enhver foranstaltning, der hindrer ukrudt i at opformerer, eller som sænker overlevelsen af opformeringsorganerne, virke forebyggende, idet det i sædskifteforløbet vil bevirke mindsket ukrudtsfremspiring i følgende afgrøder.

Forebyggelse består også i at undgå at ukrudtet spredes fra pletter rundt på markerne og at nye arter tilføres udefra. Hermed menes at der skal bruges ren udsæd, at ukrudtspletter skal undgås spredt med maskiner o.lign. (Anonym 95).

Sædskifte

Det er velkendt at et alsidigt sædskifte er forebyggende mod ukrudt (Korsgård 97). Sædskiftets forebyggende virkning ligger i begrænsning i opformering af ukrudt, specielt i ensidig opformering af arter

knyttet til en enkelt afgrødetype. Generelt kan det siges, at et alsidigt sædskifte, hvor der veksles mellem en- og flerårige afgrøder, mellem efterårs- og forårssåede afgrøder, mellem bredsåede og rækkesåede afgrøder og mellem afgrøder med forskelligt høst tidspunkt (til modenhed eller helsæd/slet) vil virke forebyggende, mens et ensidigt vil virke opformerende på bestemte arter. Årsagen er, at de forskellige ukrudtsarter har forskellige udviklingsmuligheder i afgrøderne, samtidig med at der er forskel på muligheden for at bekæmpe ukrudtet. Ukrudt, der normalt spirer om efteråret, vil ikke have særlig gode etableringsmuligheder i forårssåede afgrøder. Omvendt vil forårsspirende ukrudt nok kunne spire i efterårssåede afgrøder, men vil have dårlige konkurrencevilkår. Det samme gælder arter, der spirer sent på foråret, i tidligt såede afgrøder som korn. Ukrudt, der normalt modner og kaster frø før kornets høst, vil ikke have denne mulighed i helsæd. Alt ukrudt, der spirer frem i rækkeafgrøder, kan bekæmpes, så disse bliver "rensede" afgrøder i sædskiftet. De arter, der volder problemer i enårige afgrøder, giver sjældent problemer i flerårige afgrøder, og velplejede kløvergræs marker vil medvirke til at hæmme udviklingen af mange flerårige ukrudtsarter, som tidsler, mens andre, som mælkebøtte, trives godt i de flerårige kløvergræs marker. Enårige afgrøder giver muligheder for direkte bekæmpelse af flerårigt ukrudt i efteråret.

Table 5.3. Ukrudtsarter, der fremmes, hhv. hæmmes, i forskellige afgrøder (fra Anonym 95, let revideret).

Afgrøde	Fremmes	Hæmmes
Vintersæd	lugtløs kamille, kornvalmue, alm. fuglegræs, rød tvetand, burrennerre, agerstedmoder; tidsel, kvik	agerkål, agersennep, gul okseøjje, hanekro, hvidmelet gåsefod, div. pileurter, flyvehavre*
Vårsæd	agerkål, agersennep, gul okseøjje, hanekro, hvidmelet gåsefod, div. pileurter, flyvehavre; tidsel, kvik	kornvalmue, enårig rapgræs
Roer/rækkeafgrøder, renholdte	ingen	alle frøkrudtsarter; tidsel, kvik
Roer/rækkeafgrøder, dårligt renholdte	alle frøkrudtsarter; tidsel, kvik	ingen
Første års: Kløvergræsmarker, afpudsede Lucerne	hyrdetaske, fuglegræs, enårig rapgræs	flyvehavre; tidsel, kvik de fleste andre ukrudtsarter
Andet og senere års: Kløvergræsmarker Lucerne	enårig rapgræs, evt. fuglegræs mælkebøtte; kvik og andet rodukrudt afhængig af afgræsning/slet	flyvehavre; tidsel og kvik afhængig af afgræsning/slet; de fleste andre ukrudtsarter

* flyvehavre kan overleve milde vintre

Arter, som næsten udelukkende opformerer i én afgrøde, kan lettere påvirkes af sædskiftet, end arter, der fremmes i flere forskellige afgrøder. Frøenes levetid i jorden har dog også en betydning. Arter som hvidmelet gåsefod og agersennep kan overleve over 10 år i jorden, så de kan ikke reguleres ved hjælp

af sædskiftet. Anderledes med arter som agerrævehale, burresnerre og vindaks, der kun kan overleve ganske få (2-3) år i jorden - de vil kunne reguleres effektivt med sædskifter, hvor der blot nogle år ikke er afgrøder, der fremmer dem. For at udnytte sædskiftet mere end bare generelt i ukrudtsreguleringen, er det derfor vigtigt at holde sig for øje, hvilke arter, der ønskes hæmmet, se tabel 5.3 (Rasmussen & Vester 93). Som det fremgår, er et kvægbrugssædskifte med velafpudsede kløvergræsmarker og renholdte rækkeafgrøder forebyggende, mens en øget kornandel i sædskiftet vil øge ukrudtsproblemerne (Bulson et al 96, Pallutt et al 84).

Nedsættelse af ukrudtsfremspiringen i afgrøden

En mulighed for at nedsætte fremspiringen af frøukrudt i afgrøden er at benytte falsk såbed. Ideen er, at der så tidligt som muligt etableres et velegnet såbed, hvor ukrudtet så vil påbegynde fremspiringen. Når de første kimblade ses, eller allerede tidligere, når ukrudtsspirene ses som hvide tråde i jorden, foretages en mekanisk behandling, der slår det spirende ukrudt ihjel (Wookey 85). Der kan så sås på dette tidspunkt, eller proceduren kan gentages. Teknikken er ikke særlig anvendelig i afgrøder der ønskes etableret tidligt. Der er risiko for udbyttetab ved forsinket såning, og den mulige udbytteforøgelse ved nedsat ukrudtsfremspiring som følge af falsk såbed ikke veldokumenteret, ligesom det er usikkert, hvor meget ukrudtsfremspiringen faktisk vil blive nedsat (Rasmussen 93b). Fremgangsmåden kan dog have sin berettigelse i afgrøder, der ikke selv konkurrerer med ukrudtet, som f.eks. mange rækkeafgrøder, eller i afgrøder, der sås sent, eller udplantes, fordi de kræver varme for at spire (Rasmussen & Vester 93). Her vil en nedsat ukrudtsfremspiring medføre et mindre tidsforbrug til manuel ukrudtsbekæmpelse i rækken. En fordel ved det falske såbed er, at det reducerer puljen af ukrudtsfrø i jorden. Falsk såbed kan også bruges i vintersæden. Sen såning giver mindre ukrudt i vinterhveden (Christensen & Rasmussen 96a), og en kombination med falsk såbed kan måske reducere ukrudtsmængden yderligere (Wookey 85). Sen såning medfører dog andre problemer, bl.a. risiko for udbyttenedgang (Rasmussen & Vester 93).

En anden mulighed for at nedsætte og forsinke fremspiringen af frøukrudt i afgrøden er at foretage såbedstilberedning og såning i mørke. Mange ukrudtsarters frø kræver en lyspåvirkning for at kunne spire. De frø, der ligger overfladisk, får den gradvist, men mange frø får lyspåvirkningen under jordbearbejdningen eller såningen (Jensen 95). Ved at foretage bearbejdningerne i mørke, eller fra en time efter solnedgang til en time før solopgang (Ascard 93) kan fremspiringen nedsættes med 15-60%, se figur 5.1 (Melander 97a, Jensen 92, Ascard 93, Jensen 95). Der har også været arbejdet med at overdække redskaber med lystæt materiale, hvilket har samme virkning, blot med mindre effekt (Melander 97a, Ascard 93). En hindring for at udnytte mørkebearbejdning kan være at der er for lidt tid med mørke, i den periode hvor der skal sås, samt at det er svært at se hvordan maskinen arbejder. Før metoden benyttes, skal der tages hensyn til om der er arter tilstede, der er følsomme for metoden, hvilket især gælder småfrøede arter som alm. fuglegræs (Ascard 93, Dedonder et al 80, Jensen 92).

Det skal også kunne betale sig at ukrudtsfremspiringen reduceres - det kan det f.eks. i en rækkeafgrøde hvor bekæmpelsen i rækken er vanskelig og dyr. En måde at udnytte forholdene omkring bearbejdning i mørke kunne være at pløje og så i én omgang. Der vil så ingen ukrudtsfrø være, der har et forspring for afgrøden.

Styrkelse af afgrødens konkurrenceevne

Konkurrenceforholdet mellem afgrøde og ukrudt vil være afgørende for om der er behov for direkte ukrudtsbekæmpelse, og hvor stor succes denne vil få. Et eksempel er rækkeafgrøder, hvor konkurrenceforholdet altid er til gunst for ukrudtet, fordi der er masser af plads (lys, næring, vand) mellem rækkerne, som afgrøden ikke kan udnytte, eller kun kan udnytte meget sent i vækstsæsonen. Derfor er der altid behov for direkte bekæmpelse i rækkeafgrøder. Der er imidlertid meget, der kan gøres, for at styrke afgrødens konkurrenceevne. Helt grundlæggende er jordbundens tilstand en forudsætning for en vital afgrøde. Det vil gå ud over dette afsnits emne at komme ind på dette, men der kan nok findes oplysninger i andre af rapportens kapitler.

Sortsvalget har stor betydning for afgrødens konkurrenceevne. Der vil sandsynligvis være sortsforskelle hos alle afgrøder. I rækkeafgrøder er der kendte forskelle på konkurrenceevnen hos sorter af gulerod og roer, og en del kornsorter er blevet bedømt i forsøg. Resultaterne viser at det er kornsortens evne til hurtigt at vokse opad og skygge i starten af sæsonen, der afgør om den konkurrerer bedre eller dårligere end andre sorter. I tabel 5.4 ses en oversigt over konkurrenceevnens niveau hos sorter af vinterhvede og vårbyg. Hvis valget skal foretages ud fra sortsoplysninger, er det bedste sammenligningsgrundlag sorternes højde (Christensen 92).

Tabel 5.4. Konkurrenceevne overfor ukrudt hos sorter af vinterhvede og vårbyg (fra Christensen 92 og Christensen & Rasmussen 96b)

Konkurrenceevne	Vinterhvede	Vårbyg
Svag	Hussar, Haven, Hereward, Brigadier, Sleipner, Lynx, Pepital, Gawain	Canut, Digger, Formula
Moderat	Ritmo, Pepital, Konsul, Urban, Obelisk, Florida	Lenka, Regatta, Grit, Alexis, Sewa, Blenheim, Alis, Ariel
Stærk	Terra, Marabu, Contra, Kosack, Kraka, Anja, Rektor	Apex, Jenny, Ida

Udsædens vitalitet har også stor betydning for afgrødens konkurrenceevne. I forsøg med korn med kunstigt nedsat spirevitalitet sås meget mere ukrudt i korn med lav vitalitet end med høj vitalitet. Da det gælder for afgrøden om at være først i kapløbet med ukrudtet, er det vigtigt at skaffe udsæd med så høj en spireevne og så høj en spirevitalitet som muligt. For visse afgrøder (ærter, majs) findes en "vigour-test", der siger mere om markspiringen end spireprocenten. For korn er det muligt at få oplyst partiets faktiske spireevne udover den certificerede.

For at afgrøden skal spire hurtigt og ensartet frem og stå stærkt i konkurrencen med ukrudtet, er det også vigtigt med et veletableret såbed, hvor frøet placeres i rette dybde på fast, fugtig jord og dækkes med løs, tør jord. Også rettidig såning er vigtig. Bare få dages forskydning af det relative fremspirings-tidspunkt mellem afgrøde og ukrudt påvirker konkurrenceforholdet betydeligt. Om foråret bør korn sås så tidligt som muligt, da det kan spire ved lavere temperatur end mange ukrudtsarter (Rasmussen & Vester 93). Omvendt bør såning af vinterhvede vente til omkring 1. oktober for at mindske ukrudts-fremspiringen (Christensen & Rasmussen 96a). Afgrødens rumlige fordeling har også betydning. Ideelt skulle afgrøden være fuldstændig jævnt fordelt over arealet, hvilket tilstræbes ved lille rækkeafstand (10-12 cm). Samtidig vil et højt plantetal give stor konkurrence i rækken, og en forøgelse af udsædsmængden vil øge kornets konkurrenceevne. Der er dog grænser for hvor meget det udsædsmængden bør øges (Rasmussen & Vester 93), og mere end 10-20% over anbefalet plantetal er ikke relevant.

For at fremme afgrødens konkurrenceevne skal gødningsniveauet være optimalt. En undergødet afgrøde vil favorisere ukrudtet (Anonym 95, Andersson & Milberg 96). En foranstaltning, der kan øge afgrødens udnyttelse af den tildelte gødning - og mindske ukrudtets mulighed for at udnytte den - er placering af gødningen. Det er fra konventionelt landbrug kendt at placere kunstgødning under og mellem kornrækkerne ved såning med kombisåmaskine. I undersøgelser af dette, blev dyrkningsstabiliteten øget, idet udbyttet specielt på let jord og i år med tørt forår/sommer var større ved placering, end uden (Lyngstad 77, Esala & Larpe 86). I nyere forsøg med placering af kunstgødning i kombination med mekanisk ukrudtsbekæmpelse sås en reduktion i ukrudtets biomasse på gennemsnitlig 55% ved placering af gødningen i forhold til bredspredning (Rasmussen, Rasmussen & Petersen 96). Årsagen kan formentlig findes i at de fleste ukrudtsfrø spirer fra de øverste få cm af jordoverfladen (Chancellor 64). Kornet, der spirer dybere fra, kan udnytte gødningen i dybden, mens ukrudtsfrøet ligger for langt væk, se figur 5.2 (Espeby 89). Specielt i starten af vækstsæsonen, hvor konkurrencesituationen er særlig vigtig, vil kornet have fordel af placeringen. Disse resultater søges nu udbygget med nedfældning/placering af organisk gødning (gylle) i kombination med forskellige ukrudtsbekæmpelsesmetoder (Rasmussen & Pedersen 97).

Reduktion af frøpuljen

Ukrudtsregulering foretages ikke alene for at undgå udbyttenedgang, men også med henblik på ikke at opformere ukrudtet. Ukrudtsfrø af visse arter kan overleve i jorden i 15-20 år, så når de først er der, kan de give problemer i mange år. Den vigtigste faktor for reduktion af frøpuljen er ved direkte bekæmpelse at forhindre, at fremspiret ukrudt kaster frø.

Når frøukrudt har kastet frø, ligger de i første omgang direkte på jorden. Her kan ske en væsentlig reduktion af det antal, der senere indgår i jordens frøpulje. Frøene kan ædes af vildt, smådyr, insekter

eller mikroorganismer, og de kan spire og dermed senere blive ødelagt uden mulighed for frøkastning. Denne periode bør være så lang som mulig. Så snart der foretages en bearbejdning af jorden, selvom den er meget overfladisk, vil frøene have mulighed for at indgå i jordens frøpulje. Nogle vil spire, men andre vil gå i spirehvile. Der sker en reduktion af antallet af frø i jordens frøpulje ved prædation, spiring og almindelig dødelighed som følge af ældning (Rasmussen 93d).

5.4 Direkte bekæmpelse

Der er især to muligheder for direkte bekæmpelse: termisk og fysisk. Der arbejdes dog også med biologisk bekæmpelse, afgræsning og brug af kemiske midler, der ikke er klassificeret som herbicider, f.eks. eddike. I afsnittet behandles termisk og fysisk bekæmpelse, herunder virkemekanismerne, og forskellige former for fysisk bekæmpelse: manuel og mekanisk, herunder ukrudtsharvning, ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder og ukrudtsbekæmpelse, når der ikke er afgrøder.

Termisk bekæmpelse

Termisk bekæmpelse virker ved en varmebehandling af ukrudtsplanten. Flammebehandling med gasbrænder opvarmer udelukkende plantens overjordiske dele. Arter med beskyttet vækstpunkt (under jordoverfladen eller dækket af ydre plantedele) vil være vanskelige at bekæmpe. Det gælder f.eks. enårig rapgræs, lugtløs kamille og hyrdetaske (Ascard 90, Rasmussen & Vester 93).

Flammebehandling kan udføres efter såning men før fremspiring, hvilket nedsætter og forsinker ukrudtsfremspiringen, og virkningen kan forøges ved kombination med falsk såbed (Melander & Hartvig 96a, Melander 97a). Da flammebehandling er dyr, anvendes den især i højværdiafgrøder. Den kan gennemføres som fladebrænding, hvor hele arealet behandles, eller som rækkebrænding. Ukrudtsmængden i rækken senere på sæsonen, målt på såvel antal som vægt, kan reduceres med over 50% i forhold til ubehandlet (Melander 97a, Ascard 90, Nemming 93). Flammebehandling før fremspiring kan ikke klare ukrudtsreguleringen alene, men skal suppleres med anden renholdelse.

Flammebehandling kan også udføres som selektiv bekæmpelse, efter afgrødens fremspiring, i afgrøder som løg og majs, evt. med afskærmning, der beskytter afgrødens blade (Ascard 90, Holmøy & Storeheier 93).

Virkemekanismer ved fysisk bekæmpelse

For frøkrudt gælder at

- Tildækning af planten med jord virker bedst på små planter, der ikke har tilstrækkelige reserver til at bryde igennem jordlaget. Det betyder ikke så meget om jorden er fugtig, når blot jorden ved bearbejdningen kan dække ukrudtsplanterne.
- Løsrivning virker bedst under tørre forhold, så rødderne ikke umiddelbart efter løsrivningen kan vokse fast igen. Løsrivning virker bedst på små planter, eller større planter med trevlerod, idet større planter med pælerod modstår løsrivning, medmindre den udføres med meget kraftige redskaber som en børsterenser.
- Overskæring eller overrivning af planten virker på såvel små som store planter, når rødder og vegetative dele skilles ad. Rodslåning/gengroning vil kunne finde sted, men ukrudtsplanterne vil være sinket meget i udviklingen. Selve bekæmpelsen er ikke så afhængig af fugtighedsforholdene.
- Fjernelse af frøukrudt kan f.eks. bestå i at ukrudtsfrø, der opsamles i forbindelse med høst, ikke kastes på jorden, men opsækkes og fjernes.

For rodukrudt gælder at

- Løsrivning skal følges af opharvning og udtørring.
- Tildækning af planten med jord kræver enten at planterne er svækket af forudgående løsrivning og udtørring eller sønderdeling, eller at planterne begravnes meget dybt ved pløjning.
- Sønderdeling af planten vil medføre nye skud fra de dele, der har muligheden, og hvis ikke behandlingen følges op af enten vækst af en konkurrencedygtig afgrøde, yderligere sønderdeling og/eller udtørring eller nedpløjning, risikerer den tiltænkte bekæmpelse at resultere i opformering i stedet for.
- Ved meget store forekomster af rodukrudt kan de opharvede udløbere opsamles og fjernes fra marken.

Manuel ukrudtsbekæmpelse

Manuel ukrudtsbekæmpelse kan udføres i rækkeafgrøder ved håndlugning eller hakning, som er særdeles effektive metoder, der både kan reducere ukrudtsmængden i den berørte afgrøde, men også medvirke til at rækkeafgrøden virker som en ukrudtsrensende afgrøde i sædskiftet. Det gælder dog om at begrænse behovet for manuel ukrudtsbekæmpelse, da der kan bruges 100-300 timer/ha til renholdelse i afgrøder som roer, løg og gulerødder (Nielsen & Larsen 91, Nemming 93).

Stikning kan anvendes i alle afgrøder, hvis der forekommer små kolonier eller enkeltplanter af rodukrudt som agertidse. Dyb stikning i vækstsæsonen, fulgt af mekanisk bekæmpelse efter vækstsæsonen kan nedsætte risikoen for opformering.

Manuel ukrudtsbekæmpelse kan også være fjernelse af ukrudtet, som f.eks. ved lugning af flyvehavre.

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse

Ukrudtsharvning

Ukrudtsharvning i korn kan foretages på tre forskellige stadier i kornets udvikling: (figur 5.3)

- blindharvning, umiddelbart før kornets fremspiring
- almindelig ukrudtsharvning, når kornet har 2-5 blade og
- selektiv ukrudtsharvning, i kornets busknings- og strækningsfaser.

Blindharvning kan foretages med alle harvetyper til ukrudtsharvning og foretages øverligt i jorden, de øverste 1-2 cm. Herved ødelægges spirende ukrudt, især tidligt spirende arter som agersennep (Koch 59) uden at afgrøden skades nævneværdigt. Imidlertid vil denne jordbehandling også fremprovokere ny fremspiring af ukrudt (Kees 62, Rasmussen 96b). I forhold til det først spirende ukrudt, der dræbes ved blindharvningen står kornet dog bedre i konkurrencen med det, der begynder at spire samtidig med at kornet spirer frem (Buhler et al 92). Blindharvning bør ikke stå alene, men altid følges op af almindelig ukrudtsharvning. Blindharvningen kan eventuelt gennemføres som mørkebearbejdning (Anonym 95). Effekten af blindharvning er afhængig af såbedstilberedningen, jordfugtigheden og de forekommende ukrudtsarter (Rasmussen 93b, Rasmussen 96b), men det er endnu ikke klarlagt hvordan sammenhænge er. Under gunstige betingelser, hvor en stor del af ukrudtet er begyndt at spire på det tidspunkt hvor blindharvningen foretages, er opnået 70-80 % ukrudtsbekæmpelse i vårbyg med én blindharvning (Rasmussen + Rasmussen 95).

En vigtig parameter ved de senere ukrudtsharvninger er selektiviteten, forholdet mellem den procentdel af ukrudtet der bliver bekæmpet og den procentdel af afgrøden, der bliver dækket af jord (Rasmussen 93b; Rasmussen 90, Rasmussen 96a). Når der ukrudtsharves efter kornets fremspiring, vil såvel korn som ukrudt blive udsat for jordtildækning. Hvis kornet er stort, og ukrudtet småt, så ukrudtets højde maximalt er en tredjedel af kornets (Rasmussen 96b) vil der være gode selektivitetsforhold, idet der er gode muligheder for at dække meget af ukrudtet, uden at dække ret meget af kornet (Rasmussen 94). Hvis omvendt ukrudtet er stort, og kornet er småt, tyndt eller svagt, er der stor risiko for at dække meget af kornet, i forsøget på at dække meget af ukrudtet, se figur 5.4. Selvom kornet ofte kan gennembryde jorden efter tildækning, vil det blive sat tilbage i udvikling. Dette giver ukrudtet bedre chancer for at udvikle sig end i en konkurrencedygtig kornafgrøde, og medfører udbyttenedgang i kornet, såvel på grund af selve tildækningen, som på grund af ukrudtets udbyttenedsættende virkning, se figur 5.5. Det gælder altså om at opnå de bedst mulige selektivitetsforhold i forbindelse med ukrudtsharvningen. Muligheder for at påvirke afgrøden i positiv retning er nævnt under styrkelse af afgrødens konkurrenceevne. Selektiviteten er derudover også påvirket af hvilke ukrudtsarter, der forekommer. (Rasmussen 93b, Rasmussen 92b). Rettidig bekæmpelse, mens ukrudtet kun har kimblade, er også meget væsentligt, og ukrudtsarter, der udvikler sig meget hurtigt, er medvirkende til at give dårlige selektivitetsforhold, se figur 5.6. (Rasmussen 96b+Rasmussen 96a).

Det kan være vanskeligt at bedømme afgrødens jordtildækning, idet en visuel bedømmelse vil være subjektiv og forskellig fra den ene person til den anden, men måling af afgrødens reflektans kan give et mere objektivt mål (Rasmussen 96b). Tidligere er anbefalinger af ukrudtsharvning ofte givet som antal kørsler og hastighed, men når der ikke tages hensyn til selektiviteten, vil den slags anbefalinger kunne føre til vidt forskellige resultater (Rasmussen & Vester 91).

Almindelig ukrudtsharvning, hvis effekt hovedsagelig beror på tildækning og kun i mindre omfang på løsrivning (Koch 59, Rasmussen 96b), kan foretages med alle harvetyper til ukrudtsharvning . Kombinationen af tændernes indstilling og fremkørselshastighed tilpasses således at så meget ukrudt som muligt dækkes med jord, samtidig med at så lidt som muligt af afgrøden tildækkes. Ved meget høje ukrudtstætheder kan selv 70% afgrødetildækning medføre merudbytte (Rasmussen 93c), men i praksis er det svært at opnå høj ukrudtsbekæmpelse uden samtidig af forårsage høj afgrødeskade (Rasmussen 96a). Det er vanskeligt at bedømme risikoen for udbyttenedgang, hvis ikke der er viden om den effekt behandlingen har haft på afgrøden. F.eks. ses det i landsforsøg med ukrudtsharvning at der er både positive og negative merudbytter. Når der tages højde for vurdering af afgrødeskade ses især i vårsæden en tydelig sammenhæng mellem merudbytte og afgrødeskade, se figur 5.7 (Tersbøl 97). Forudsætningen for at behandlingen er vellykket med hensyn til effekt på ukrudtet og udbyttet er først og fremmest at den udføres rettidigt og at der er gode selektivitetsforhold, herunder at afgrøden er konkurrencedygtig og der ikke forekommer ekstrem ukrudtskonkurrence. Også jordtypen og såbedet har betydning, der bør være en jævn overflade med en struktur, der let lader sig bearbejde, og uden for mange sten (Rasmussen 93b, Rasmussen & Ascard 95, Rasmussen 96a).

Selektiv ukrudtsharvning foretages med langfingerharver. Selektiviteten består i at kornets rækker på dette tidspunkt er så tætte, at de fjedrende tænder viger for afgrøden, og kun bearbejder jordoverfladen i rækkemellemrummene (Rasmussen 93b, Rasmussen & Ascard 95). Effekten beror på løsrivning og iturivning (Rasmussen 94) og bør derfor følges af tørvejr (Anonym 95). Der kan køres med forholdsvis høj hastighed og aggressiv tandstilling uden at afgrøden skades nævneværdigt (Rasmussen & Svenningsen 95). Selektiv harvning virker bedst på bundukrudt og har ikke nogen god effekt mod stort ukrudt, især hvis det har pælerod, og heller ikke mod ukrudt i selve kornrækken, men kan give en effektiv kontrol af f.eks. burrener (Steinmann & Gerowitt 93).

Effektiviteten af almindelig ukrudtsharvning og selektiv harvning kan øges ved at placere gødningen, formentlig fordi selektiviteten forskydes til fordel for kornet (Rasmussen, Rasmussen & Petersen 96). I figur 5.8 ses at kombinationen af mekanisk ukrudtsbekæmpelse og nedbringning af gylle har medført en næsten lige så god ukrudtseffekt som herbicidbehandling og et lige så højt udbytte. Der er vekselvirkning mellem gødningsudbringningsmetode og ukrudtsbekæmpelse - det vil sige, at kombinationen af de to giver større effekt end summen af de to, brugt hver for sig.

Selektiviteten af såvel almindelig som selektiv ukrudtsharvning kan øges ved at så kornet på større rækkeafstand end normalt. Ved ca. 20 cm rækkeafstand og samme udsædsmængde vil kornrækkerne allerede på tidspunktet for almindelig ukrudtsharvning være i stand til at få harvetænderne til at vige for rækken. På tidspunktet for selektiv ukrudtsharvning vil rækkerne være så tætte, at ukrudtsharvningen kan foretages med så aggressiv tændstilling/stor hastighed, at resultatet nærmest svarer til radrensning, uden at forårsage nævneværdig skade på afgrøden.

Vitalitet og sortsvalg betyder meget for effekten af ukrudtsharvning. Jo bedre konkurrenceevne (se afsnit 5.3), jo bedre effekt af harvningen.

Der findes tre principielt forskellige harvetyper: den gammeldags ukrudtsharve eller såbedsharve, leddelt med stive tænder; striglen, som har stive tænder på et net, der følger jordens overflade, og langfingerharven, der har lange, fjedrende tænder (Rasmussen 92b). Langfingerharverne kan igen opdeles i tre typer: harver med runde og rette tænder, harver med runde tænder med knæk og harver med flade tænder med knæk (Rasmussen, Lund & Petersen 97). Der er foretaget adskillige afprøvninger af såvel de tre forskellige harvetyper, som de tre forskellige langfingerharvetyper, men der er aldrig fundet forskel på deres selektivitet, se fig. 5.6. Bekæmpelseeffekten afhænger, når forholdene i øvrigt er ens, alene af indstilling af tændernes aggressivitet og fremkørselshastigheden, og afgrødetildækningen vil følge bekæmpelseeffekten. Det er dog kun langfingerharven, der kan benyttes på tidspunktet for selektiv harvning.

Der kan i bedste fald opnås bekæmpelseeffekter fra 80% til over 90% ved en strategi med blindharvning, almindelig ukrudtsharvning og selektiv harvning, se figur 5.9, med udbytter der svarer til herbicidbehandlet (Rasmussen & Rasmussen 94). Hvis der er et højt ukrudtstryk (se tabel 5.2) kan ukrudtsharvning dog ikke forventes at kunne modvirke udbyttenedgang, da der selv ved høje bekæmpelseeffekter vil være så meget ukrudt tilbage, at det kan reducere udbyttet (Rasmussen 96a).

Ukrudtsharvning kan foretages i visse tokimbladede afgrøder. Blindharvning er mulig i de afgrøder, der sås dybere end 2-3 cm, f.eks. ærter. Ærter kan også tåle en skånsom harvning senere (Rasmussen 92a). I kornafgrøder med udlæg bør ikke ukrudtsharves, end ikke blindharves, da dette kan skade udlæggets etablering. Der arbejdes med udlægsmetoder, der tillader ukrudtsbekæmpelse i korn med udlæg. Visse rækkeafgrøder, f.eks. løg, tåler ukrudtsharvning på bestemte udviklingstrin (Melande & Hartvig 96a).

Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder byder på to forskelligartede problemer: Ukrudt i mellem rækkerne og ukrudt i rækkerne.

Ukrudtet i mellem rækkerne kan bekæmpes effektivt med 2-4 radrensninger pr. sæson uanset ukrudtsmængde og -artssammensætning. Da rækkemellemrummene byder ukrudtet ideelle vækstkår som følge af den gode plads, er det ikke muligt at undgå radrensning. Forebyggelse spiller derfor ingen praktisk rolle i forhold til rækkemellemrummene, da såvel store som små ukrudtsbestande kræver bekæmpelse.

Normalt radrenses kun afgrøder med en rækkeafstand på 50 cm og derover, men korn og andre rad-sæede afgrøder kan også radrenses. Det kræver dog som minimum en rækkeafstand på 18-20 cm af hensyn radrensningens praktiske gennemførelse, hvor blandt andet præcision af styringen er begrænsende. En forøgelse af rækkeafstanden fra 12 til 18-20 cm i korn vil i sig selv kun betyde nogle ganske få procents udbyttereduktion (Rasmussen & Pedersen 90).

I modsætning til ukrudtet i mellem rækkerne udgør ukrudtet i rækkerne et alvorligt problem i svagt konkurrerende rækkeafgrøder såsom gulerødder, roer og majs. En del af dette ukrudt kan ikke bekæmpes mekanisk eller termisk, så der må suppleres med håndlugning. Tidsforbruget hertil er nøje korreleret med antallet af ukrudtsplanter i rækkerne, så alle tiltag der reducerer antallet af ukrudtsplanter i rækkerne er betydende.

I de senere år er der blevet markedsført en del nye redskaber, der kan bruges til at bekæmpe ukrudt i rækkerne (tabel 5.5). Redskaberne er dog kun effektive, hvis afgrøden er betydelig større end ukrudtet. En forsinkelse af ukrudtet i forhold til afgrøden er derfor vigtig (Melander & Hartvig 95). Falsk såbed, jordbearbejdning i mørke og udplantning af kulturplanterne kan forsinke ukrudtet i forhold til afgrøden (Rasmussen & Ascard 95, Melander 97b).

For at reducere rækkernes bredde så meget som muligt, er det vigtigt at radrense tæt på rækkerne. I forsøg i løg og gulerødder har det vist sig muligt at efterlade kun 5 cm brede ubehandlede bånd omkring rækkerne uden at skade afgrøderne (Hartvig & Melander 97, Ascard & Mattsson 94). Så tæt radrensning kræver præcisionsstyring. I Flakkebjerg blev der anvendt en radrenser, der styrede efter en styrerille i jorden.

Med den nuværende viden og teknik kan der ved en kombination af forebyggelse og direkte bekæmpelse opnås op til 80% bekæmpelse af ukrudtet i rækken i såløg med mekaniske metoder (Melander + Hartvig 95, Melander 97).

Table 5.5. Redskaber til ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder efter fremspiring, deres effekt mellem og i rækkerne, afgrøder de er afprøvet i med referencer. For fuldstændig skyld er flammebehandling medtaget her.

Redskab	Bekæmpelse mellem rækkerne	Bekæmpelse i rækkerne	Afgrøde	Reference
Radrenser	god	minimal - rimelig	majs, raps løg roer, grøntsager	MRR95, HM97, MH96a M95
Radrenser med hyppekær	god	god	løg kål m.m., udplantet	MH96a, M97b
Radrenser med roterende aggregater	god	rimelig	majs	MRR95
Børsterenser med horisontal rotationsakse	meget god	minimal	raps	MRR95
Børsterenser med vertikal rotationsakse	rimelig god (med gås e-fodskær)	god	løg, kål løg løg, gulerod, roer	M97a, MH96a FJ93
Ukrudtsharve	rimelig	rimelig	majs løg kål m.m., udplantet	MRR95 MH95 M97b
Tallerkenhypper	god	god	majs	MRR95
Flammebehandling (selektiv)	-	rimelig - god, men usikker	løg løg, kål, majs, roer løg, roer	A90 HS93 N93
Fingertand	-	god	roer	MRR95
Fingerhjul	-	rimelig	roer	MRR95

Referenceforkortelser: A90 = Ascard 90; FJ93 = Fogelberg & Johansson 93; HS93= Holmøy & Storeheier 93; HM97 = Hartvig & Melander 97; M95=Melander 95; M97a=Melander 97a; M97b=Melander 97b; MH95=Melander & Hartvig 95; MH96a=Melander & Hartvig 96a; MRR95= Melander, Rasmussen & Rasmussen 95; N93=Nemming 93.

I Flakkebjerg arbejdes der også med et toårigt dyrkningssystem, der skal hjælpe med at reducere ukrudtsfremspiringen i rækkerne. Første år dyrkes korn med afgrødefri bælte svarende til den rækkeafstand, der skal være i den følgende rækkeafgrøde. I løbet af vækstsæsonen holdes ukrudtet nede så godt som muligt i kornafgrøden, og frøkastning hindres i de afgrødefri bælte ved gentagne radrensninger. Stubbearbejdning og pløjning undlades. Næste forår etableres rækkeafgrøden i de afgrødefri bælte med så lille bearbejdning af jorden som muligt. Dette nedsætter fremspiringen af ukrudt i rækken med op til 60% sammenlignet med pløjning efter kornhøst, hvilket kan reducere tidsforbruget til håndlugning med 40%. Mellem rækkerne kan efterfølgende ukrudt bekæmpes med radrenser eller fræser (Melander & Hartvig 96a, Rasmussen & Ascard 95, Melander 96).

Ukrudtsbekæmpelse udenfor vækstsæsonen

Ukrudtsbekæmpelse udenfor vækstsæsonen består især i stubbearbejdning mod rodukruddet, specielt kvik, kan enten findeles med f.eks. fræsning eller løsnes ved f.eks. skræpløjning. Skræpløjning skal følges af opharvning af kvikudløberne, så en del af disse udtørres. Begge metoder vil fremprovokere spiring fra udløberne. Så snart der er to-tre grønne blade, skal der igen foretages en bekæmpelse, da kvikken ellers igen vil samle næring i udløberne og dermed være bedre stillet end før den første bekæmpelse. Især ved findelingen er det vigtigt at følge op, da der vil komme langt flere skud end uden overskæring af udløberne. Når behandlingen gentages vil den til gengæld føre til hurtig udsultning. Begge bearbejdningstyper bør følges af en dyb pløjning sent på året. De udløbere, der stadig har næring til at spire vil så skulle trænge gennem et tykt jordlag, hvilket vil svække de fremspirede planter, og forsinke fremspiringen i forhold til afgrøden. Den dybe pløjning vil også virke mod andre rodukruddarter, der måske ikke påvirkes af stubbearbejdningen. En anden måde at bekæmpe rodukruddet på kan være at så en hurtigtvoksende grøngødningsafgrøde umiddelbart efter skræpløjning og harvning. Når rodukruddet spirer fra denne dybde vil det være svækket, og en tæt afgrøde vil kunne udkonkurrere det i nogen udstrækning (Thorup-Kristensen 97).

Sortbrak er et forsøg på at reducere jordens pulje af ukrudtsfrø eller andre formeringsorganer, hvis der er meget store ukrudtsproblemer. Da effekten er betinget af vejrforhold, og det er bekosteligt ikke at have en afgrøde - samt øger risikoen for udvaskningen af næringsstoffer - er andre metoder langt at foretrække (Korsgård 97).

5.5 Forskningen i ukrudtsregulering

Hidtil har økologisk jordbrug hovedsagelig været baseret på kvægbrug. I de senere år er der imidlertid opstået ønsker om at udvikle økologiske dyrkningssystemer, der har en lav belægningsgrad med husdyr og/eller en lille andel af kløvergræs/grovfoderafgrøder, fordi der er behov for en øget produktion af korn, grønsager, æg og svinekød, og fordi der er behov for at landbrug uden mælkekvote også kan omægges til økologisk dyrkning (Rasmussen & Askegård 96). Det kan dreje sig om et sædskifte med udelukkende salgsafgrøder og uden eller med meget lav tilførsel af husdyrgødning. Eller det kan være planteavlbrug med grøngødningsafgrøder i sædskiftet, eller hønse- eller svinebrug, med husdyrgødning, men færre grovfoderafgrøder end et kvægbrug.

Set fra et ukrudtssynspunkt kan disse systemer medføre en række problemer:

- Når sædskiftet bliver mindre alsidigt, vil der være en mindre grad af selvregulering.
- Større bortførsel af produkter fra systemet kan medføre en lavere næringsstofstatus.
- Dårligere gødningstilstand vil medføre at afgrøderne er mindre konkurrencedygtige, med deraf følgende risiko for at ukrudtet klarer sig bedre i konkurrencen.

Alt i alt vil der være et øget behov for ukrudtsregulering.

Langt den største del af den forskning der hidtil er foregået stammer fra konventionel dyrkning. Det kan derfor være svært helt klart at afgøre hvad der kan overføres til økologiske forhold. Undersøgelser af sorterens konkurrenceevne (afsnit 5.2) er udført under såkaldt optimale dyrkningsbetingelser - vil de samme sorter kunne yde god konkurrence under økologiske forhold? Når sen såning af vintersæden kan være en fordel af hensyn til ukrudtsreguleringen, hvor meget betyder så viden om at sen såning medfører risiko for udbyttenedgang, som er kendt fra konventionel dyrkning? Der er gennemført 26 års sædskifteforsøg med tre seks-marks-sædskifter og fire gødningsniveauer - men der er herbicidbehandlet (Andersson & Milberg 96). Hvilke af konklusionerne herfra kan overføres til økologisk dyrkning?

Der er nu igangsat en del ny forskning inden for ukrudtsbekæmpelse i økologisk planteavl. Det drejer sig bl.a. om:

- betydningen af sædskifte, gødningsniveau og efterafgrøder for ukrudtet i de økologiske sædskifteforsøg (se kapitel 12).
- muligheder for at øge effektiviteten af ukrudtsharvning bl.a. ved placering af gylle (se afsnit 5.3 og 5.4).
- muligheder for ukrudtsregulering i bælgssæd til modenhed, i første omgang lupin, senere hestebønner,
- en samling af eksisterende viden til en strategi for ukrudtsregulering i korn under forskellige forhold (jordtype, ukrudtsflora osv.), fulgt af en afprøvning under økologiske forhold.
- muligheder for ukrudtsbekæmpelse i korn med udlæg,
- muligheder for effektiv ukrudtsregulering i rækkeafgrøder med nedsat tidsforbrug til håndledning/hakning.
- kornsorternes konkurrenceevne specielt med henblik på økologiske dyrkningsbetingelser.

Der mangler imidlertid stadig viden og forskning på centrale områder som:

- kvantificering af afgrødetildækningen ved ukrudtsharvning, så landmanden bedre kan bedømme selektiviteten,
- regulering af rodukrudt.

Der foregår konstant et stort konkret udviklingsarbejde på landbrugene. Mange prøver sig frem med forskellige metoder og giver ideer til nye muligheder. Et samspil mellem praktisk landbrug, rådgivning og forskning vil forhåbentlig være med til at vores viden om regulering af ukrudt i økologiske landbrug vil blomstre.

5.6 Litteratur

Andersson, T.N., Milberg, P.(1996): Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Ann. appl. biol.* 128: 505-508.

- Anonym (1995): Ukrudtsbekæmpelse på økologiske brug. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, Sektion for Økologi, 2. udg. 48 s.
- Ascard, J. (1990): Thermal weed control with flaming in onions. *Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz/Donau*, 20, 175-188.
- Ascard, J. (1993): Soil cultivation in daylight with a light-proof cover on the harrow reduced weed emergence. In J.M.Thomas (ed.): *Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements*, 2. Udg. pp. 221-224.
- Ascard, J., Mattsson, B. (1994): Interrow cultivation in weed-free carrots: the effect on yield of hoeing and brush weeding. *Biological Agriculture and Horticulture*, 10, 161-173.
- Buhler, D.D., Gunsolus, J.L., Ralston, D.F. (1992): Integrated weed management techniques to reduce herbicide inputs in soybean. *Agronomy Journal* 84: 973-978.
- Bulson, H.A.J., Welsh, J.P., Stopes, C.E., Woodward, L. (1996): Agronomic viability and potential economic performance of three organic four year rotations without livestock, 1988-1995. *Aspects of Applied Biology* 47, Rotations and cropping systems, 277-286.
- Chancellor, R.J. (1964): The depth of weed germination in the field. In: *Proceedings of the 7th British Weed Control Conference*, 607-613.
- Christensen, S. (1992): Herbiciddosering i relation til kornarter og sorter. 9. Danske Planteværnskonference - Ukrudt. *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie*, S 2178. 107-122.
- Christensen, S., Rasmussen, G. (1996a): Kend markens ukrudtstryk og spar sprøjten. *Landsbladet Mark* 8, 14-15.
- Christensen, S., Rasmussen, G. (1996b): Så hvede sent ved højt ukrudtstryk. *Landsbladet Mark* 8, 16.
- Dedonder, A., Rethy, R., De Petter, E., Fredericq, H., DeGreef, J. (1980): Preliminary screening experiments on the effects of light and GA3 on the germination of different seed species. In De Greef, J. (ed.): *Photoreceptors and plant development*, 431-435.
- Esala, M., Larpes, G. (1986): Effect of the placement technique and amount of fertilizer on spring wheat and barley grown on clay soils. 1. Effect on grain yield. *Annales Agriculturae Fenniae* 25, 159-167.
- Espeby, L. (1989): Germination of weed seeds and competition in stands of weeds and barley. Influence of mineral nutrients. *Crop Production Science* 6, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 172 pp.
- Fogelberg, F., Johansson, T. (1993): Mechanical weed control - Intra-row brush weeding in vegetables and sugarbeets. In J.M.Thomas (ed.): *Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements*, Dijon, 2. Udg. 105-108.
- Hartvig, P., Melander, B. (1997): Gå tæt på løgene! *Grønne Fag* nr. 6/1997, 4-5.
- Holmøy, R., Storeheier, K.J. (1993): Selective flaming in the plant row and basic investigation and developments of flamers. In J.M.Thomas (ed.): *Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements*, Dijon, 2. Udg., 167-172.
- Jensen, P.K. (1992): First Danish experiences with photocontrol of weeds. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft*, XIII, 631-636.
- Jensen, P.K. (1995): Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Annals of Applied Biology*, 127: 561-571.
- Kees, H. (1962): *Untersuchungen zur Unkrautbekämpfung durch Netzege und Stoppelbearbeitungsmassnahmen unter besonderer Berücksichtigung des leichten bodens. Dissertation, Universität Stuttgart-Hohenheim.*
- Koch, W. (1959): *Untersuchungen zur Unkrautbekämpfung durch Saatzpflege und Stoppelbearbeitungsmassnahmen. Dissertation, Universität Stuttgart-Hohenheim.*
- Korsgaard, M. (1997): Ukrudtsbekæmpelse ved hjælp af sædskiftet. *Effektivt landbrug, Special*, 27-29.
- Kristensen, T., Kristensen, I.S., Vaarst, M. (1996): Økologisk kvægproduktion, teknisk-økonomiske gærdresultater 1994-95. I: Kristensen, T. (ed.): *Studier i økologiske jordbrugssystemer. Beretning nr. 730, Statens Husdyrbrugsforsøg*, s. 7-92.
- Lyngstad, I. (1977): Radgjødsling til korn. Forsøk i perioden 1966-75. *Forskning og Forsøk i Landbruget* 28, 159-177. Norges landbrukshøjskole, Institutt for jordkultur. Melding nr. 89.
- Melander, B. (1994): Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. *Weed Research* 34, 99-108.
- Melander, B. (1995): Radrenserens comeback. *Agrologisk* nr. 10, 28-30.
- Melander, B. (1996): Preliminary experiences with a 2-year growing system using non-inversion tillage for in-row weed control in row crops. *Proceedings of the EC-Workshop III: Concerted Action - Experience with the applicability of No-tillage crop production in the West-European countries*, 61-67.
- Melander, B. (1997a): Interactions between soil cultivation in darkness, flaming and brush weeding when used for in-row weed control in vegetables. *Biological Horticulture and Agriculture* (in print).
- Melander, B. (1997b): Plant og hold rent. *Økologisk Jordbrug* 11. april 1997, 12.

- Melander, B., Hartvig, P. (1995): Weed harrowing in seeded onions. 9. EWRS Symposium Budapest 1995: Challenges for Weed Science in a Changing Europe: 557-564.
- Melander, B., Hartvig, P. (1996a): Maskiner kan erstatte noget af håndarbejdet i løgmarken. Økologisk Jordbrug 12. april 1996, 10.
- Melander, B., Hartvig, P. (1996b): To-årigt system mod ukrudt. Grønne Fag, 9, 8-10.
- Melander, B., Rasmussen, J., Rasmussen, K. (1995): Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse - Muligheder og begrænsninger i vinterraps og majs. 12. Danske Planteværnskonference/Ukrudt 1995, 123-137.
- Müller-Schärer, H., Baumann, D. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. Landwirtschaft Schweiz 6 (7): 401-412.
- Nemming, A. (1993): Flame cultivation in row crops. In J.M.Thomas (ed.): Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements, Dijon, 2. Udg. 133-136.
- Nielsen, V., Larsen, E.K. (1991): Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i økologisk jordbrug. 1. Litteraturstudier. Kortlægning. Foreløbige resultater. Statens Jordbrugstekniske forsøg. orientering, 73. 65 s.
- Nors, B. (1993): Ukrudt i økologiske udlægsmarker. Hovedopgave i faget Ukrudt og Ukrudtsbekæmpelse. Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole, 62 s.
- Pallutt, B., Haass, J., Feyerabend, G. (1984): Zu Fragen der mechanisch-chemischen Unkrautbekämpfung in der Fruchtfolge. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, 38 (3): 45-48.
- Rasmussen, J. (1990): Selectivity - an important parameter in establishing the optimum harrowing technique for weed control in growing cereals. Proceedings of the European Weed Research Society Symposium 1990, Integrated Weed Management in Cereals. 197-204.
- Rasmussen, J. (1991): A model for prediction of yield response in weed harrowing. Weed Research 31, 401-408.
- Rasmussen, J. (1992a): Experimental approaches to mechanical weed control in field peas. In: IXth International Symposium on the biology of weeds, ANPP, Dijon, 129-138.
- Rasmussen, J. (1992b): Testing harrows for mechanical control of weeds in agricultural crops. Weed Research 32, 267-274.
- Rasmussen, J. (1993a): Can high densities of sompetitive weeds be controlled efficiently by harrowing or hoeing in agricultural crops? In J.M.Thomas (ed.): Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements, Dijon, 83-88.
- Rasmussen, J. (1993b): Limitations and prospects for mechanical weed control. In Scientific basis for codes of good agricultural practice (ed. V.W.L. Jordan): 131-142. EUR 14957 EN. Office for official pblications of the European communities, Luxembourg.
- Rasmussen, J. (1993c): The influence of harrowing used for post-emergence weed control on the interference between crop and weeds. Proceedings of the European Weed Research Society Symposium 1993, Quantitative Approaches in Weed and Herbicide Research and their practical Application, 209-217.
- Rasmussen, J. (1993d): Ukrudtsbiologi. I: Ukrudtsbekæmpelse i Landbruget, Planteværnscenteret, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse, 2. udg., s. 13-40.
- Rasmussen, J. (1994): Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i korn - en brik i den fremtidige planteproduktion. Statens Planteavlfsforsøg - Årsberetning 1993 - Nye forskningsafdelinger 1994. 58-61.
- Rasmussen, J. (1996a): Improving mechanical weed control methods. Proceedings. II International conference of Agricultural Scientists from the Nordic and Baltic Countries. Tartu, Nov. 24-25, 1995: 227-231.
- Rasmussen, J. (1996b): Mechanical Weed Management. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, (III): 943-948.
- Rasmussen, J., Ascard, J. (1995): Weed control in organic farming systems. In D.M. Glen, M.P. Greaves and H.M. Anderson (eds.): Ecology and Integrated Farming Systems, John Wiley, Sons Ltd, England, 49-67.
- Rasmussen, J., Askegård, M. (1996): Tæt på de økologiske dyrkningssystemer. Jord & Viden, 141 (24), 20-21.
- Rasmussen, J., Lund, I., Petersen, H. (1997): Hvliken langfingerharve er bedst til korn? 14. Danske Planteværnskonference - Ukrudt. SP-rapport nr. 7, 203-213.
- Rasmussen, J., Pedersen, B.T. (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. SP-rapport nr. 6, 149-162.
- Rasmussen, J., Rasmussen, K. (1995): A strategy for mechanical weed control in spring barley. 9th EWRS (European Weed Research Society) Symposium Budapest 1995: Challenges for Weed Science in a Changing Europe, 557-564.
- Rasmussen, J., Svenningsen, T. (1995): Selective Weed Harrowing in Cereals. Biological Agriculture and Horticulture, 12, 29-46.

- Rasmussen, J., Vester, J. (1991): Udvikling og afprøvning af ikke-kemiske metoder til ukrudtsbekæmpelse. Tidsskrift for Planteavl's Specialserie. Beretning nr. S 2111: 38-48.
- Rasmussen, J., Vester, J. (1993): Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse. I: Ukrudtsbekæmpelse i Landbruget, Planteværnscenteret, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse, 2. udg., s. 187-204.
- Rasmussen, K., Petersen, J. (1997): Gødningsplacerings indflydelse på mekanisk ukrudtsregulering i vårbyg. 14. Danske Planteværnskonference/Ukrudt. SP-rapport nr. 7, 193-202.
- Rasmussen, K., Rasmussen, J., Petersen, J. (1996): Effects of Fertilizer Placement on Weeds in Weed Harrowed Spring Barley. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science, 46: 192-196.
- Sloth, A., Feddersen, I.A. (1983): Regulering af ukrudt i økologiske landbrug. DSR Forlag, Landbohøjskolen, København. 134 pp.
- Steinmann, H.H., Gerowitt, B. (1993): Mechanical control of Galium aparine in winter wheat. In J.M.Thomas (ed.): Non-chemical Weed Control. Communications of the fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements, Dijon, 2. Udg., 273-277.
- Tersbøl, M. (1997): Økologisk og biodynamisk dyrkning. I: Pedersen, C.Å. (ed.): Oversigt over Landsforsøgene 1996, Landskontoret for Planteavl, Skejby. 199-210.
- Thorup-Kristensen, K. (1997): Anvendelse af grøngødning og efterafgrøder. I: Kristensen, E.S. (ed.): Økologisk Planteproduktion. SP-rapport nr. xx. Accepteret til publikation.
- Welsh, J., Bulson, H. (1995): Strategies for weed control in organic cereal crops. New Farmer, Grower, Winter 1995 (9th National conference), 19.
- Wookey, C.B. (1985): Weed control practice on an organic farm. Proceedings of the 1985 British Crop Protection Conference - Weeds, 2, 577-582.

Figur 5.1. Fremspiring af ukrudtsplanter (antal pr m^2) i vårbyg ved bearbejdning i dagslys hhv. om natten. (Efter Jensen 92).

Figur 5.2. Korn sået i ca. 4 cm dybde, kunstgødning placeret i ca. 8 cm dybde. Kun ca. $\frac{1}{4}$ af ukrudtsfrøene i det øverste jordlag, hvorfra de kan spire, har samme adgang til gødningen som kornet.

Figur 5.3. Kornets udviklingsstadier ved forskellige typer ukrudtsharvning.

Figur 5.4.a. Korn og ukrudt med gode selektivitetsforhold. **b.** Korn og ukrudt med dårlige selektivitetsforhold.

Figur 5.5.a. Behandlingsselektivitet ved ukrudtsharvning i forsøg med vårbyg med raps udsået som ukrudt. **b.** Effekt på udbyttet ved forskellige bekæmpelses effekter: pos = den positive virkning af ukrudtsbekæmpelsen, neg = den negative virkning af afgrødetildækningen, sum = summen af virkninger. (Rasmussen 91).

Figur 5.6. Behandlingsselektivitet ved ukrudtsharvning i forsøg med vårbyg med raps hhv. gul sennep udsået som ukrudt. (Rasmussen & Vester 93).

Figur 5.7. Merudbytte og afgrødeskade ved ukrudtsharvning i vårsæd 1995-96. 0 angiver ingen skade, 10 angiver total skade. (Tersbøl 97).

Figur 5.8. Forsøg med bredspredt hhv. nedfældet gylle. Ubehandlet med bredspredt gylle = 100%. Gennemsnit af tre gødningsniveauer. (Rasmussen & Petersen 97). **a.** ukrudtstørstof (100% = 143 g/m^2). **b.** udbytte (100% = 22 hkg/ha).

Figur 5.9. Forsøg med kombinationer af forskellige harveprincipper og rækkeafstande i vårbyg 1992. Ingen af handlingerne gav målelige negative udbytteeffekter på afgrøden. (Rasmussen 94).