

Mekanisk og Kemisk ukrudtsbekæmpelse

Mechanical and Chemical Weed Control

RAPPORT MED FORSØGSDATA OG RESULTATTABELLER
REPORT WITH TRIAL DATA AND TABLES OF RESULTS



Jens Nyholm Thomsen

Otto Nielsen
on@nbrf.nu
+45 23 61 70 57

Nordic Beet Research Foundation (Fond)
DK: Højbygårdvej 14, DK-4960 Holeby
SE: Borgeby Slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred
Phone: +45 54 69 14 40

www.nordicbeet.nu

Mekanisk og Kemisk ukrudtsbekæmpelse

Jens Nyholm Thomsen; Otto Nielsen on@nbrf.nu



Konklusion

I gennemsnit af seks forsøg har fire bredsprøjtninger fjernet ukrudtet og der er opnået fuldt udbytte. Radrensning ovenpå fire bredsprøjtninger viser en tendens til udbyttereduktion på op til 3 pct. Radrensning har øget udbyttet, når der er ukrudt, hvor der kun bredsprøjtes et, to eller tre gange. I to forsøg har en bredsprøjtning været tilstrækkelig til at fjerne alt ukrudt, men de er ikke repræsentative.

På baggrund af nærværende og tidligere forsøgsresultater er der udviklet en model til beskrivelse af sammenhængen imellem ukrudtsdækning og relativt sukkerudbytte. Forsøgsresultaterne viser, at hvis mere end 2 pct. af jordoverfladen er dækket af ukrudt efter endt ukrudtsbekæmpelse og fuld effekt er indtruffet kan det medføre udbyttetab. Tilsvarende gælder, hvis mere end 2 pct. over roetoppen er dækket af ukrudt i august. Dette er en fornyelse af tærskelværdien før høst.

Den fjerde bredsprøjtning kan erstattes af en-to radrensninger, hvorved der opnås fuldt udbytte. Det reducerer BI med 28% i forsøgene. Yderligere reduktion kan opnås med båndsprøjtning i kombination med radrensning.

Formål

Formålet har været at afprøve og demonstrere forskellige kombinationer af mekanisk og kemisk ukrudtsbekæmpelse i roer med henblik på at undersøge hvorvidt mekanisk bekæmpelse kan erstatte en del af den kemiske bekæmpelse.

Metode

I 2012-2013 er der i alt udført fire forsøg, og i 2014-2015 er der yderligere gennemført fire forsøg, som er finansieret af GUDP. Med de yderligere fire i 2014-2015 forsøg er der opnået en større datamængde, som kan sættes i relation til udbytte og klimaparametre med henblik på at udarbejde en model til beslutningsstøtte.

Tabel 1. Forsøgsplan sprøjtninger 509 2012-2015 *

Led	Tid T	dag	BBCH skala	Produkter							Radrensning **	
				Safari g/ha	Betanal l/ha	Kemifam Power l/ha	Ethofol l/ha	Goltix l/ha	Nova-Balance	Renol l/ha		
1	1	kimbl. 0. dag	10		1,0				1,0		0,5	
	2	7. dag	12	10		0,6	0,07			0,3	0,5	
	3	14. dag	13									x
	4	21. dag	14	10	1,5		0,07				0,5	
	5	28. dag	15									x
	6	35. dag	16				0,6		1,0	0,3	0,5	
	7	50. dag	30									x
Ialt				20	2,5	1,2	0,14	2,0	0,6	2,0		

* Planen for sprøjtningerne er de, samme som er anvendt i marken. Der kan være mindre årlige behovs-justeringer, som anses uden betydning for forsøgsresultatet.

** Antallet af radrensninger I de enkelte led fremgår af Tabel 2.

Tabel 2. Forsøgsplan

Led	Bredsprøjtning		Radrensning		Båndsprøjtning	
	Tid	an-tal	Tid	An-tal	Tid	an-tal
1	T1-T2-T4-T6	4	0	0		
2	T1-T2-T4-T6	4	T7	1		
3	T1-T2-T4-T6	4	T5-T7	2		
4	T1-T2-T4-T6	4	T3-T5-T7	3		
5	T1-T2-T4	3	0	0		
6	T1-T2-T4	3	T7	1		
7	T1-T2-T4	3	T5-T7	2		
8	T1-T2-T4	3	T3-T5-T7	3		
9	T1-T2	2	0	0		
10	T1-T2	2	T7	1		0
11	T1-T2	2	T5-T7	2		
12	T1-T2	2	T3-T5-T7	3		
13	T1	1	0	0		
14	T1	1	T7	1		0
15	T1	1	T5-T7	2		0
16	T1	1	T3-T5-T7	3		
17	T1-T2-T4-T6	4	T7	1	T6	1
18	T1-T2-T4-T6	4	T5-T7	2	T4-T6	2
19	T1-T2-T4-T6	4	T3-T5-T7	3	T2-T4-T6	3
20	T1-T2-T4	3	T7	1	T6	1
21	T1-T2-T4	3	T5-T7	2	T4-T6	2
22	T1-T2-T4	3	T3-T5-T7	3	T2-T4-T6	3
23	T1-T2	2	T7	1	T6	1
24	T1-T2	2	T5-T7	2	T4-T6	2
25	T1-T2	2	T3-T5-T7	3	T2-T4-T6	3
26	T1	1	T7	1	T6	1
27	T1	1	T5-T7	2	T4-T6	2
28	T1	1	T3-T5-T7	3	T2-T4-T6	3

Bredsprøjtning er foretaget på tværs af roerækkerne, radrensning og båndsprøjtning er foretaget på langs.

Derved opstår kombinationer af bred- og båndsprøjtning samt radrensning, også nogle der ikke er relevante - de grå OBS: I resultatskemaer og på figurer vises kun antal behandlinger af hensyn til opsætning.

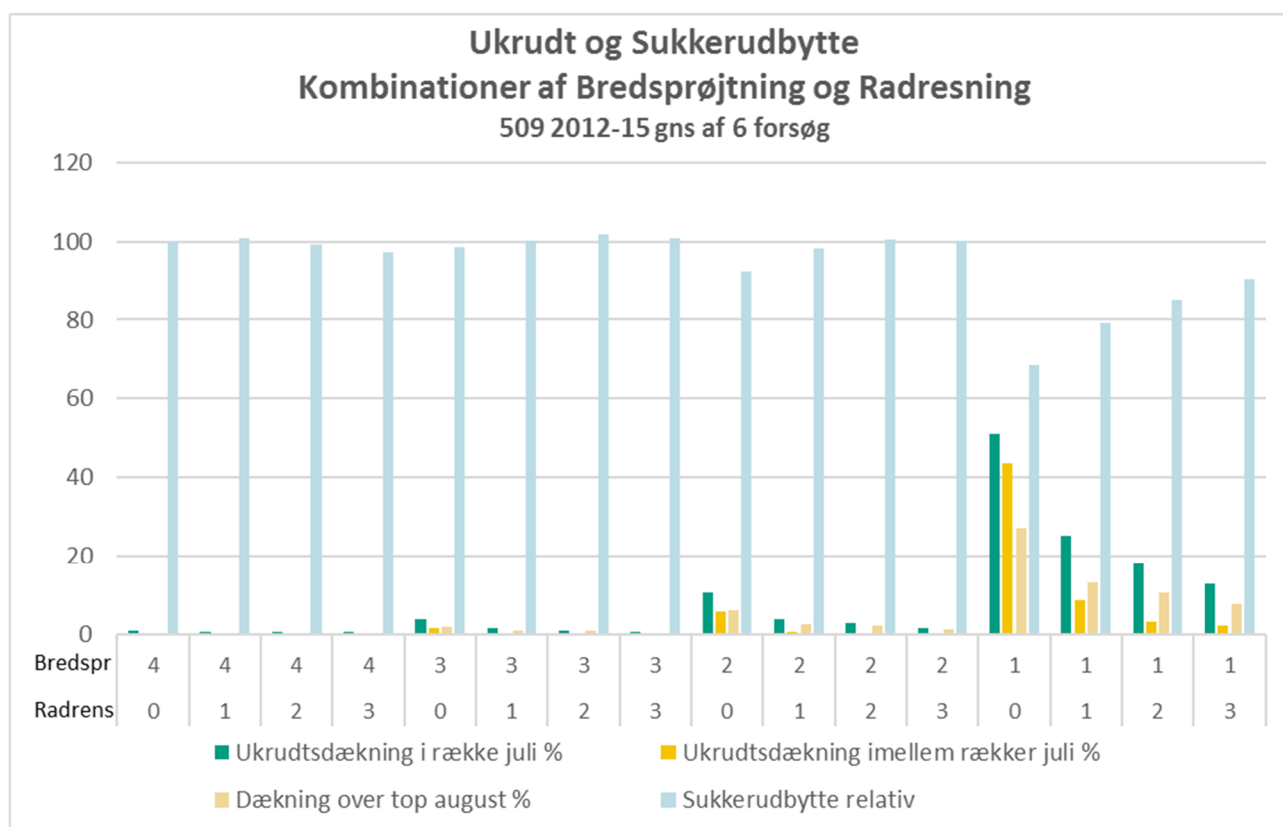
Forsøgene er anlagt som parcellforsøg med to gentagelser. Der er sprøjtet på tværs af parceller og roerækker, og radrensning er foretaget på langs helt igennem forsøget. Herved opstår en matrix med forskellige kombinationer af bredsprøjtning og radrensning. I 2013 er planen tilført led 17-28 med henblik på at demonstrere, at båndsprøjtning og radrensning kan bekæmpe ukrudtet med lige så høj teknisk effektivitet som med bredsprøjtning alene, Steensen 1989 ("Dyrkningsforsøg og undersøgelser i sukkerroer 1988" s. 53., Fondet for Forsøg med Sukkerroedyrkning).

Bredsprøjtning er udført med Hardi Twin med luft assistance, monteret gul ISO F02-110 fladsprededyse, vandmængde 150 – 160 ltr/ha og hastighed imellem 6,1 og 6,4 km/t. Radrensning er gennemført med 6 Einböck radrenser påmonteret manuel styring. Båndsprøjtning er gennemført med specialfabrikeret båndsprøjte med henblik på at minimere båndbredden og variation.

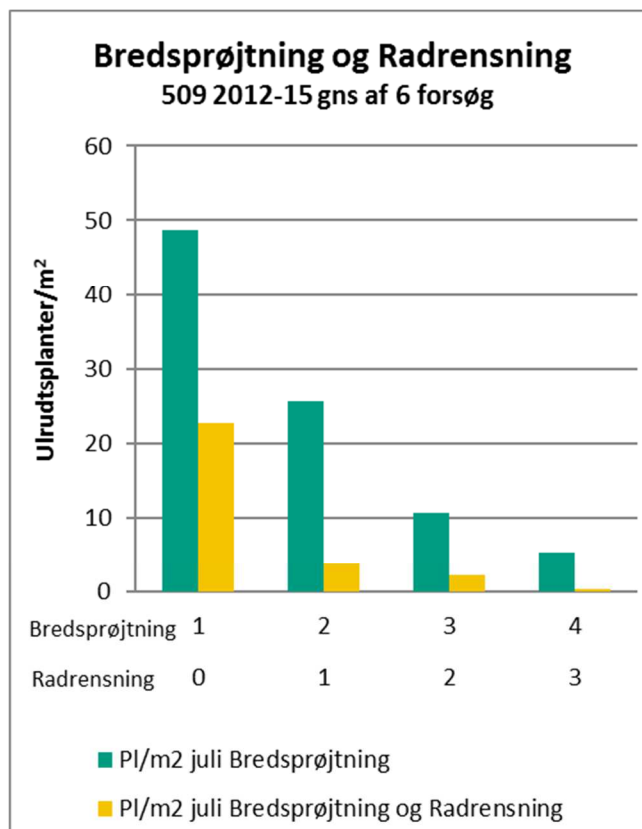
Forsøgsplan fremgår af tabel 1 og 2. Bredsprøjtning er gennemført samtidigt med den almindelige marksprøjtning i forsøgsmarken. Båndsprøjtning er gennemført med samme midler og dosering, som med bredsprøjtning og omtrent samtidigt. Radrensningen er gennemført imellem sprøjtningerne, og hvor der er radrenset en gang, er det altid som en afsluttende, ligesom i almindelig praksis.

Resultater

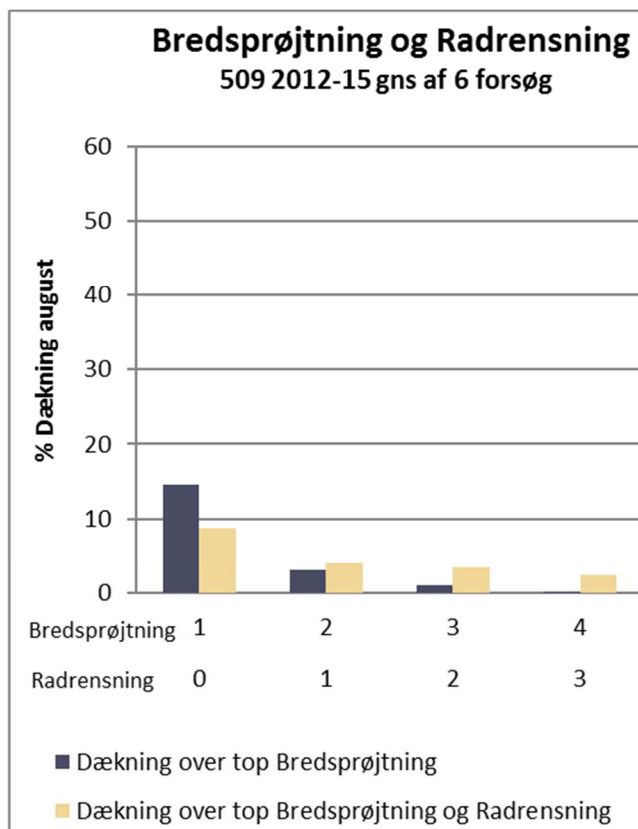
Der er resultater fra alle otte forsøg i perioden 2012 til 2015, men i gennemsnittet og i variationen der rapporteres i det følgende indgår seks forsøg med en ensartet korrelation til udbyttet. Af de seks forsøg er tre fra perioden 2012-2013 og de øvrige tre fra perioden 2014-2015. Ukrudtsarterne, der er registreret i de seks forsøg, har hovedsageligt været Hvidmelet Gåsefod (mælde), Snerlepileurt, Agerstedmoder, Ærenpris samt Burrenerre hvilket svarer til en almindelig dansk ukrudtsflora uden vanskeligt bekæmpelige ukrudtsarter som for eksempel Hundepersille, Raps, Kamille m.fl. Dækningen vurderet som procent af jordoverfladen dækket af ukrudt har ved optællingen i juli efter fuld virkning af behandlingerne været imellem 3 pct. i et forsøg i 2013 og 80 pct. i led 13, hvor der er bredsprøjtet en gang og ikke radrenset, se figur 1. I gennemsnit af de seks forsøg har ukrudtsdækningen i led 13 i juli været 51 pct. vurderet i roerækken og 44 pct. vurderet imellem roerækken. I august har den været 27 pct. over roetoppen og 13 pct. under roetoppen også i led 13.



Figur 1. Figuren viser ukrudtseffekt og sukkerudbytte ved forskellige kombinationer af bredsprøjtning og radrensning i de gennemførte forsøg.



Figur 2. Figuren viser, at effekten på ukrudtet stiger med antal bredsprøjtninger og af antal radrensninger, betragtet hver for sig. De grønne søjler viser antal ukrudsplanter efter bredsprøjtning. De gule søjler viser antal ukrudsplanter efter radrensning oven på bredsprøjtning. Værdierne for bredsprøjtning og radrensning er hver beregnet som gennemsnit over alle behandlinger. Ved bredsprøjtning er antal ukrudsplanter optalt på hele fladen, mens effekten af radrensning kun er talt imellem rækkerne.

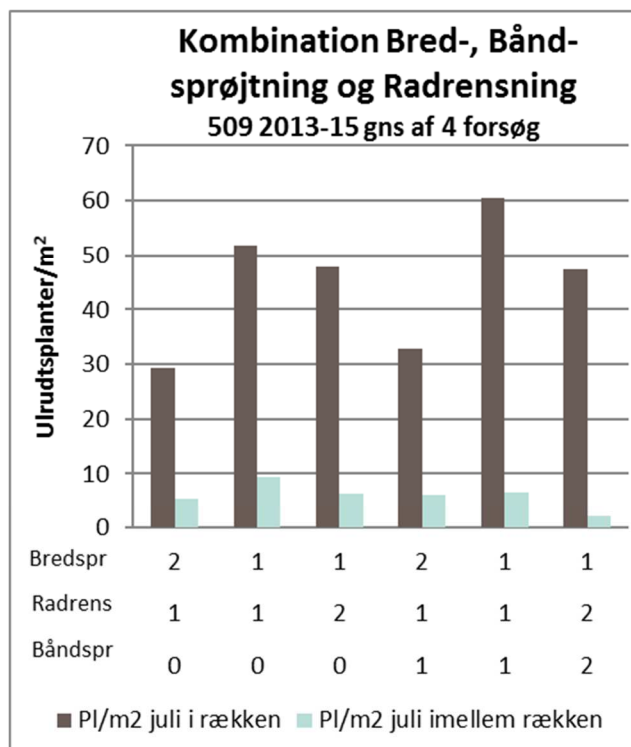


Figur 3. Figuren viser, at effekten på ukrudtet stiger med antal bredsprøjtninger og af antal radrensninger, betragtet hver for sig. De blå søjler viser ukrudtsdækning i august over roetoppen efter bredsprøjtning. De gule søjler viser ukrudtsdækning over roetoppen efter radrensning oven på bredsprøjtning. Værdierne for bredsprøjtning og radrensning er hver beregnet som gennemsnit over alle behandlinger. I august er effekten af bredsprøjtning og radrensning her vurderet over roetoppen på hele fladen.

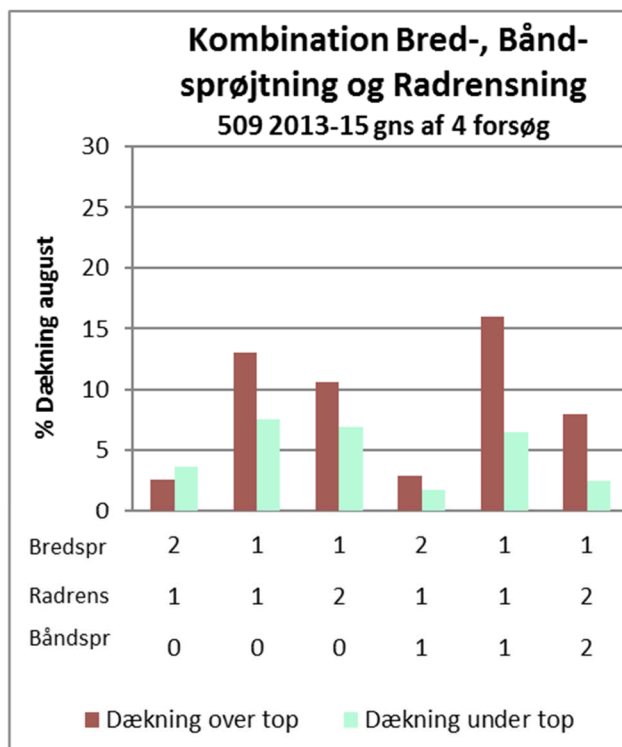
Ukrudtsdækningen falder med intensiteten af ukrudtsbekæmpelse, se figur 1, 2 og 3. Både antallet af bredsprøjtninger og radrensninger har effekt på ukrudtsmængden og effekten holder sig til august, der er bedømmelsestidspunktet for ukrudtsdækning før høst, se figur 2 og 3. Effekten af kombinationer af bredsprøjtning og radrensning kan aflæses på figur 1. Hvor der er bredsprøjtet 4 gange er ukrudtsdækningen mellem 0 og 1 pct. både i og imellem rækkerne i juli samt 0 pct. over roetoppen og 1 pct. under roetoppen i august uanset antallet af radrensninger. Undlades bredsprøjtningerne en efter en fra den sidste, stiger ukrudtsmængde og dækning med antallet, der udelades. Men for samme antal bredsprøjtninger falder ukrudtsdækningen med antal radrensninger, der gennemføres, og effekten holder sig til før høst, se figur 1, hvor også sukkerudbyttet vist som relativ til led 1 (4 bredsprøjtninger og 0 radrensninger) er vist.

Udbyttet stiger med antallet af bredsprøjtninger eller antallet af radrensninger hver for sig, se figur 6. Der er signifikante forskelle i udbytte fra 4 og til 3 bredsprøjtninger til 2 og 1 bredsprøjtning, og der er signifikante

forskelle i udbyttet ved radrensning efter 2 og 1 bredsprøjtning. Der er en lille tendens til at udbyttet er højest efter 3 bredsprøjtninger og 2 radrensninger, se figur 1.



Figur 4. Figuren viser, at radrensningen fjerner ukrudtet imellem rækkerne samt at den anvendte båndsprøjtningsteknik ikke har været tilstrækkelig effektiv til at fjerne ukrudtet i rækken. De blå søjler viser antal ukrudtsplanter i rækken efter bredsprøjtning og båndsprøjtning. De grønne søjler viser antal ukrudtsplanter efter bredsprøjtning og radrensning.

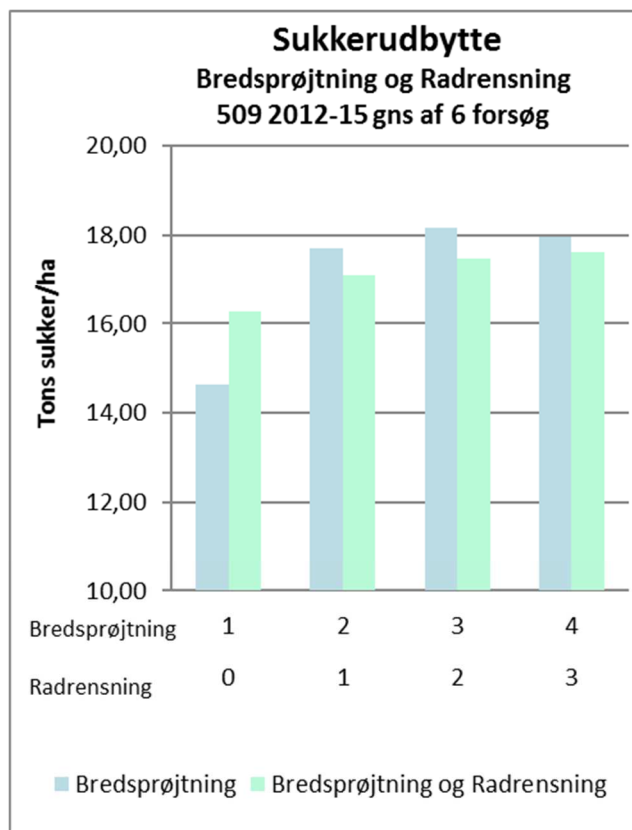


Figur 5. Figuren viser, at radrensningen fjerner ukrudtet imellem rækkerne samt at den anvendte båndsprøjtningsteknik ikke har været tilstrækkelig effektiv til at fjerne ukrudtet i rækken. De brune søjler viser ukrudtsdækning over top i august. De grønne søjler viser ukrudtsdækning under top i august.

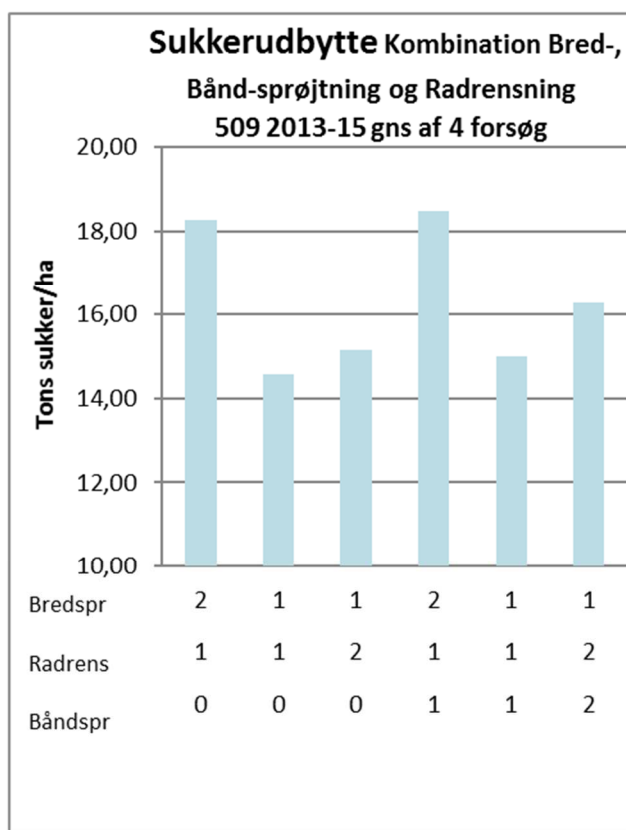
Resultaterne fra de to øvrige forsøg korrelerer ikke på samme måde. Der er ikke en tilstrækkelig mængde ukrudt eller tilstrækkelig aggressiv ukrudtsflora til at give variation i ukrudtsdækningen og dermed afsløre forskelle i behandlingerne. Der er ikke forskel på udbyttet målt i tons sukker/ha imellem behandlingerne. I de to forsøg har mindsteindsatsen været tilstrækkelig. De registrerede ukrudtsarter er Ærenpris, Agerstedmoder, Vejpileurt, Burrenerre og Snerlepileurt, alle arter, som med et minimum af indsats i det antal de har optrådt i forsøgene ofte vokser under roebladene. Ukrudtsdækningen i juli efter fuld virkning af behandlingerne, også efter kun en bredsprøjtning, har i alle tilfælde været omkring eller under 1 pct. Resultatet af disse to forsøg kan anvendes på marker med en tilsvarende ukrudtsmængde og flora; men er der arter, der vokser op over roetoppen, holder dette resultat sandsynligvis ikke. De to forsøg repræsenterer ikke en almindelig ukrudtsbestand i en almindelig dansk roemark.

Ved kombination af bred- og båndsprøjtning samt radrensning har både bredsprøjtning og radrensning haft en effekt, se figur 4 og 5. Der har ikke i juli været effekt af båndsprøjtningen på ukrudtsmængden målt i antal ukrudtsplanter, dog spores svag effekt på ukrudtsdækningen, der dog ikke kan genfindes i august. Sukkerudbyttet er signifikant højere efter to bredsprøjtninger i forhold til alle kombinationer, hvor der kun

indgår en bredsprøjtning. Sammenlignes sukkerudbyttet ved kombinationen en bredsprøjtning, en radrensning og ingen båndsprøjtning til kombinationen en bredsprøjtning, to radrensninger og to båndsprøjtninger giver den sidste signifikant højere udbytte men på et lavere niveau end ved to bredsprøjtninger, se figur 7.



Figur 6. Figuren viser, at udbyttet stiger når ukrudtet fjernes enten ved bredsprøjtning eller radrensning, se evt. figur 2 og 3.



Figur 7. Figuren viser, at udbyttet stiger når ukrudtet bekæmpes uanset metode, se evt. figur 4 og 5.

Diskussion

Ved fire bredsprøjtninger har bredsprøjtningen alene fjernet alt ukrudtet og yderligere indsats har derfor ikke været nødvendigt. Det ses af figur 1, at der er en tendens til, at udbyttet falder med antal radrensninger. Nielsen 2015 (Faglig beretning 2015 s. 55, NBR Nordic Beet Research) finder, at der en tendens til at udbyttet kan falde med 0 – 2 pct. ved radrensning. Ekelöf og Olsson 2015 (Sukkerroenyt 2016 Nr2 s.10-12, Danske Sukkerroedyrkere) finder at radrensning når roerne bliver større giver lidt større tab op mod 2 pct. Og at radrensning alle tre gange giver op mod 3 pct. i udbyttetab hvilket svarer til tendensen fundet i forsøgene.

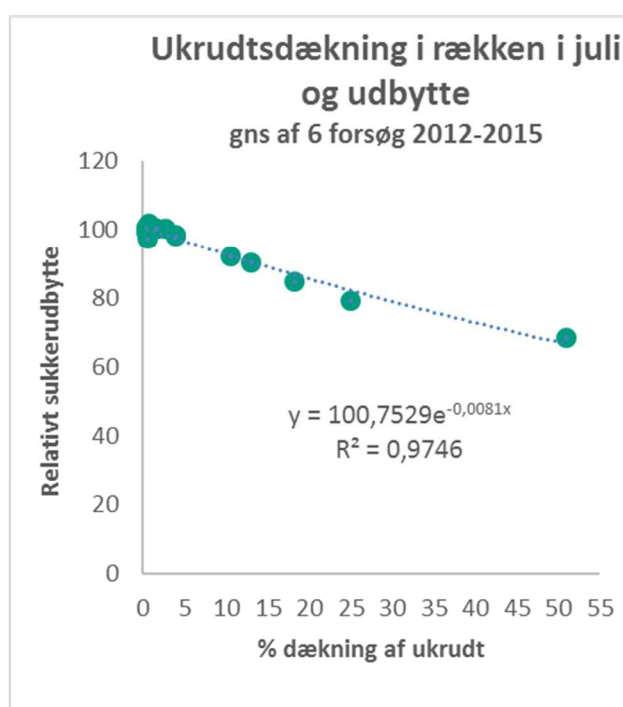
Omvendt ses på figur 1, at når der er mere ukrudt ved færre antal bredsprøjtninger, giver radrensningen en effekt både på ukrudt og på udbytte som følge af, at ukrudtet fjernes. Ekelöf og Olsson 2015 (Sukkerroenyt 2016 Nr2 s.10-12, Danske Sukkerroedyrkere) finder tilsvarende effekt. Ved kun 1 bredsprøjtning er effekten af radrensningen dog ikke tilstrækkelig til at eliminere et signifikant udbyttetab, og ukrudtsbekæmpelsen her er ikke acceptabel. Efter 2 og 3 bredsprøjtninger løfter ukrudtseffekten af radrensningen udbyttet op

omkring det maksimale udbytt niveau i forsøgene og efter to bredsprøjtninger er udbyttetigningen signifikant.

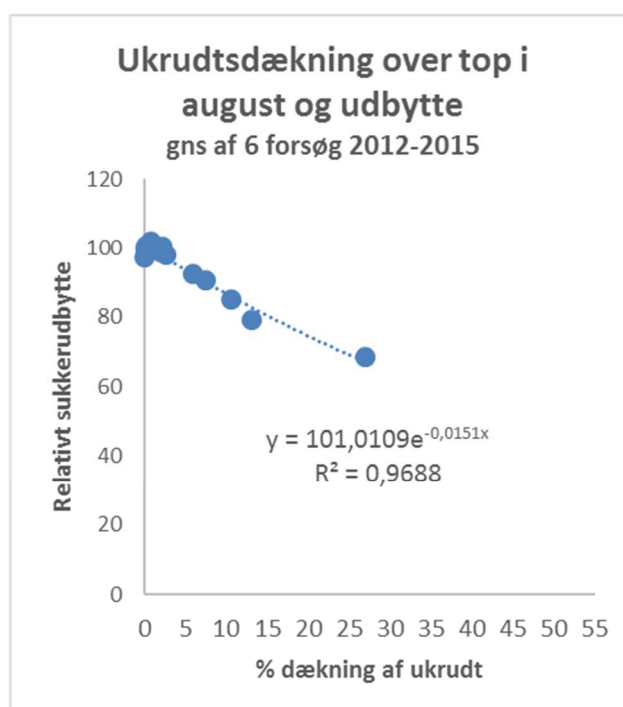
Ved kombination af bred- og båndsprøjtning samt radrensning burde resultaterne have været tilsvarende ovenstående, idet tidligere undersøgelser Steensen 1989 ("Dyrkningsforsøg og undersøgelser i sukkerroer 1988" s. 53., Fondet for Forsøg med Sukkerroer) og erfaring har vist, at båndsprøjtning og radrensning kan bekæmpe ukrudtet med lige så høj teknisk effektivitet som med bredsprøjtning alene. Når det ikke er tilfældet i forsøgene her, skyldes det, at styringen til at sprøjtebåndet ligger præcist over roerækken ikke har fungeret godt nok, og at teknikken blandt andet hermed ikke teknisk har været tilstrækkelig.

Sammenhæng imellem ukrudt og udbytte

På figur 8 og 9 illustreres sammenhængen imellem ukrudtsdækning, i henholdsvis juli og august, og udbytte på baggrund af gennemsnits resultaterne i nærværende forsøg. På baggrund af punkterne kan der skabes en trendlinie af forskellig type f.eks et polynomie. Det har den svaghed at der kan opstå et negativt udbytte. Og da den naturlige eksponentialfunktion giver en lige så høj korrelation vælges denne som den bedst egnede til at beskrive sammenhængen. Funktionerne fremgår af figur 8 og 9.



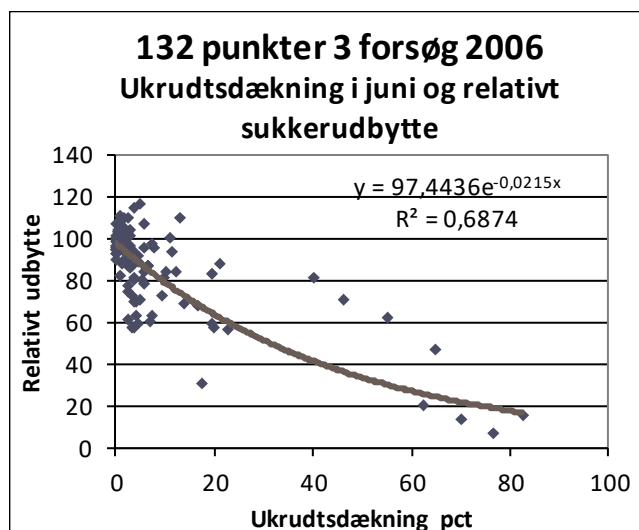
Figur 8. Figuren viser sammenhængen imellem udbytte og ukrudtsdækning i juli i de gennemførte forsøg opgjort over forsøgsgennemsnit. Andre undersøgelser i tidligere forsøg indikerer, at et større tab kan forekomme og sammenhængen for ukrudtsdækning i juli og udbytte giver større tab for hver procent dækning.



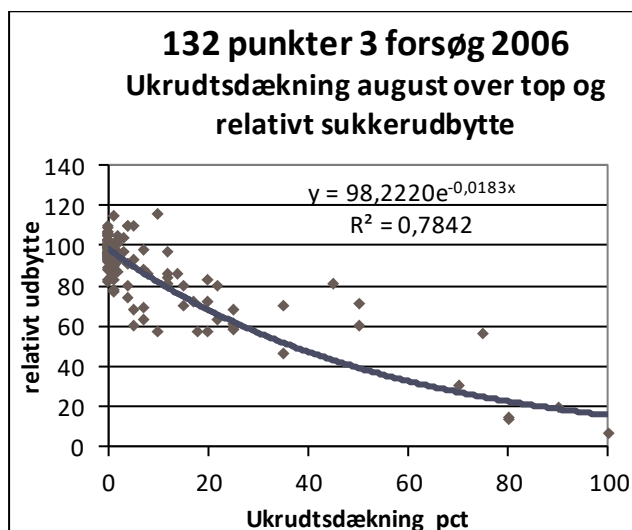
Figur 9. Figuren viser sammenhængen imellem udbytte og ukrudtsdækning i august i de gennemførte forsøg opgjort over forsøgsgennemsnit. Andre undersøgelser i tidligere forsøg indikerer en tilsvarende sammenhæng i store træk.

Genberegning af tidligere undersøgelser baseret på tre ukrudtsforsøg fra 2006 med større variation i ukrudtsdækningen og baseret på enkeltplot med 132 datapunkter tyder på, at kurven for den tidlige

ukrudtsvurdering, her juni, og udbytte har et stejlere forløb med $y = 97,4436e^{-0,0215x}$. Denne giver et udbytte på 18 pct. relativt ved 80 pct. ukrudtsdækning i juni, mens den på figur 8 giver 50 pct. ved 80 pct. ukrudtsdækning i juli. En beregning over plotværdierne i de her afrapporterede forsøg giver ikke ligeså høj korrelation hverken for julivurderingen eller augustvurderingen som de tidligere forsøg. Det antages derfor, at sammenhængen imellem ukrudtsdækning og udbytte generelt bedst beskrives ved $y = 100e^{-0,0215x}$, der direkte angiver den relative værdi, se figur 10. Begge funktioner viser et udbyttetab allerede ved 2 pct. ukrudtsdækning efter fuld virkning af behandlingerne i juni og en praktisk tommelfingerregel er, at ukrudtsdækningen af jordoverfladen efter fuld virkning af behandlingerne ikke må overstige 2 pct. i roerækken eller imellem rækkerne.



Figur 10. Sammenhæng imellem sukkerudbytte og ukrudtsdækning i juni i tidligere forsøg. Funktionen omskrives: $y = 100e^{-0,0215x}$



Figur 11. Sammenhæng imellem sukkerudbytte og ukrudtsdækning i august i tidligere forsøg. Funktionen omskrives: $y = 100e^{-0,0183x}$

Sammenhængen for ukrudtsdækningen over roetoppen i august og udbytte ses på figur 9. De tidligere forsøg genererer en funktion $y = 98,2220 e^{-0,0183x}$, der giver et lidt lavere udbytte ved samme ukrudtsdækning; men i store træk er der ganske god overensstemmelse imellem de to funktioner, hvilket støtter de her fundne forsøgsresultater. Da de tidligere forsøg dækker over større variation og flere datapunkter, antages sammenhængen bedst at kunne beskrives med $y = 100e^{-0,0183x}$, der direkte angiver den relative værdi, se figur 11.

Ved 10 pct. ukrudtsdækning i august, som er den tidligere antagne tærskelværdi giver et udbytte på 86 pct. I forsøgene efter to bredsprøjtninger er ukrudtsdækningen i august i gennemsnit 6 pct. se figur 1, og udbyttet er 92 pct.

Begge dele indikerer at tærskelværdien er for højt ansat, og bør sættes lavere. Efter 3 bredsprøjtninger er ukrudtsdækningen i august i gennemsnit 2 pct. se figur 1, og udbyttet er 99 pct. Forsøg i dette projekt IPMIROER finansieret af GUDP har vist at roerne har en meget svag konkurrenceevne, (Thomsen 2017, Sukkerroenyt nr. 2 2017 s. 10-11, Danske Sukkerroedyrkere). Der er derfor grund til at anbefale at tærskelværdien i august over roetoppen og i juni efter fuld virkning af ukrudtsbekæmpelsen bør være ansat til maksimalt 2 pct. ukrudtsdækning af jordoverfladen i en roemark. Dette er også i overensstemmelse med resultaterne opnået i forsøgsresultaterne fra figur 1.

Indflydelse på BI

Sukkerudbyttet vist på figur 1 når maksimum efter tre bredsprøjtninger og to radrensninger, men udbyttet er omtrent det samme når indsatsen er fire bredsprøjtninger plus ingen radrensning eller tre bredsprøjtninger plus en, to eller tre radrensninger samt to bredsprøjtninger plus to eller tre radrensninger. Ud fra en generel betragtning samt sikkerhed for at opnå det maksimale udbytte, vurderes det, at den fjerde bredsprøjtning ofte kan erstattes af en radrensning. Hermed opnås en reduktion i BI på 28 pct. se tabel 3. En yderligere reduktion kan opnås ved båndsprøjtning såfremt, der kan fremskaffes teknik med tilstrækkelig præcision og kapacitet. Såfremt kapaciteten bliver for lille, mistes rettidigheden for ukrudtsprøjtningen og det medfører en progressiv forøgelse af doseringen for at opnå fuld effekt af herbiciderne.

Tabel 3. Viste muligheder for reduktion af BI

Herbicer	BI start	BI efter
IPMIROER	2,29	1,6
kimbl. 0. dag	0,56	0,56
7. dag	0,47	0,47
14. dag		
21. dag	0,53	0,53
28. dag		
35. dag	0,60	1-2 x radrens
50. dag		
Sum	2,15	1,55
relativ	100	72

BI er beregnet ud fra de anvendte doseringer i bredsprøjtning i forsøgene. I IPMIROER er det antaget at BI i 2011 er 2,29 for herbicidanvendelse og der er anslået en reduktionsmulighed på 30 pct. I tabellen anvises 28 pct. fra et lavere udgangspunkt.

Conclusion

In average of six trials four sprayings have controlled all weed and maximum yield is achieved. Tractor pulled hoeing in combination with four sprayings show a tendency to yield reduction until 3 percent. Hoeing has increased yield when weed is present where only one, two or three sprayings has been executed. In two trials one spraying has been sufficient to control the weed, but those trials are not representative.

Based on the present and earlier trial results a model to describe the relation between weed cover and relative sugar yield has been developed. The trial results show if more than 2 percent of the soil surface is covered by weed after maximum efficacy on weed is reached after finalised weed control or 2 percent of the canopy is covered by weed in august yield losses is likely to occur. This is an adaptation of previous thresholds.

The fourth spraying may be substituted by one or two mechanical hoeing's still achieving maximum yield. This will reduce the Danish treatment index by 28 percent in the present trials. Further reduction may be achieved by using band spraying in combination with mechanical hoeing.