

## Slutrapport

# GPS-styrd ogräsbekämpning – möjligheter och begränsningar i sockerbetor

Olsson R., Ekelöf J.

NBR Nordic Beet Research foundation, Borgeby Slottsväg 11, 237 91 Bjärred

## Inledning

Ogräs är en av de absolut största skördebegränsarna i sockerbetsodlingen. En effektiv ogräsbekämpning är därför helt avgörande för odlingens framtid. Under de senaste tre till fyra årtiondena har ogräsbekämpningen alltmer kommit att baseras på kemisk bekämpning, medan den mekaniska bekämpningen oftast bara används som en avslutande radrensning innan raderna sluter sig. Radrensningens största begränsning så här långt har varit svårigheten att kombinera hög kapacitet med god effekt mot ogräs och hög säkerhet för grödan allra helst vid bearbetning nära och i betraden.

## Bakgrund och syfte

Dagens bekämpningsstrategi kan knappast förväntas hålla framöver då tillgången på herbicider alltmer begränsas av miljökrav. Det är därför av avgörande betydelse att utveckla en effektiv mekanisk ogräsbekämpning som med stor precision kan eliminera ogräsen, även de som står nära betan. Mycket talar för att nödvändig precision med tillräcklig effektivitet kan uppnås med hjälp av ny teknik såsom GPS-styrda redskap och kameror, vilket utvärderas i detta projekt. Projektets syfte var att sätta precisionsstyrd radrensning i framsätet som bekämpningsåtgärd mot ogräs i sockerbetor genom att undersöka möjligheter, brister och begränsningar i den nya styrtekniken.

## Frågeställning

Utvecklingsprojektet syftar till att besvara följande frågor:

1. Ligger radrensning- och styrtekniken på en nivå så att den är praktiskt användbar ur funktions- och säkerhetssynpunkt?
2. Hur stor del av den kemiska bekämpningen kan radrensningen ersätta, sett ur ogrässynpunkt?
3. Vilken inverkan på plantantal, tillväxt och sockerskörd – positiv eller negativ – får den mer intensiva radrensningen?

## Försöksutförande

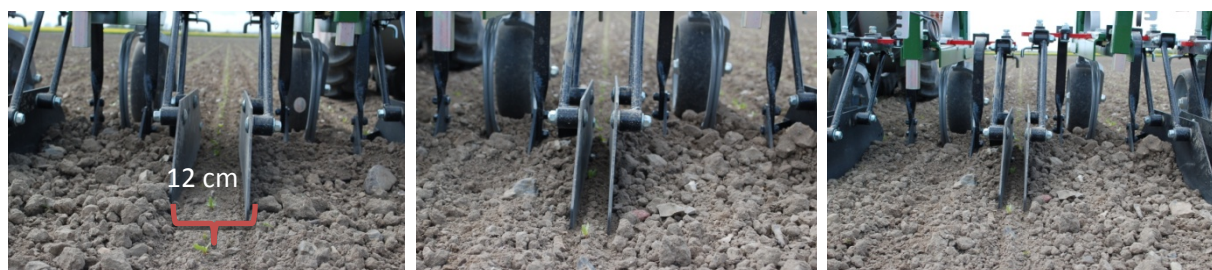
För att besvara ovanstående frågeställningar delades projektet upp i två försöksserier, nämligen radrensningens effekt på (1) ogräsen och (2) på betans tillväxt. Fyra försök lades ut i respektive serie i vart och ett av de tre försöksåren. Totalt sett omfattar denna rapport 24 fältförsök. Försöksupplägget kring radrensningens effekt på betplantans tillväxt var densamma under alla tre försöksåren medan planen som studerade ogräseffekten justerades efter första försöksåret 2012. För att undersöka konceptets säkerhet och robusthet lånades maskinen ut till fem olika odlare under 2012 som körde maskinen i praktisk drift på 5–25 ha vardera. Odlarna gav sina erfarenheter skriftligt via ett frågekort.

## Försöksupplägg för serien ”ogräseffekt” 2012

Som tidigare nämnts så modifierades planen för serien som behandlade radrensningens effekt på ogräsen. Första året, dvs. 2012, kördes ingen kemisk bekämpning för att se hur långt man kan nå med en ren mekanisk bearbetning. De strategier som testades var dels skärens avstånd till raden (2, 4 resp. 6 cm). Tidpunkten för behandlingen, två körningar med något förskjutet start, respektive tre till fyra körningar med start på ett tidigare stadium. Även framkörningshastigheten varierades. Men då ingen strategi gav i närheten av tillfredsställande effekter valde man att i de efterföljande försöksåren lägga till en liten mängd kemi.

### Försöksupplägg

Då resultaten i ogräseffektserien från år 2012 visade att man (1) inte uppnår en fullgod ogräsbekämpning genom enbart mekanisk bekämpning och (2) hastigheten inte har någon betydelse, justerades upplägget år 2013. Faktorn ”Hastighet” plockades bort och tre kemiska bekämpningsnivåer sattes in i stället. De tre bekämpningsnivåerna var: en full dos, två halva doser och två fulla doser. Preparatvalet styrdes av ogräsförekomsten på platsen men utgick från en standard ”fulldos” med 1,5 Goltix SC + 0,6 Betanal Power samt 0,1 Ethosat och olja. Dessutom lades en extra strategi in där man valde att kupa in jord i betraden. Detta för att studera den maximala potentialen av mekanisk ogräsbekämpning. Ledet som kupades kördes tre till fyra gånger. Liksom första året utvärderades också effekten av skärens avstånd från betraden som varierades mellan 6, 4 och ca 2 cm (figur 1). Den ändrade planen resulterade i ett split-split ”plot” försök med 36 led där bekämpningsnivåerna och avståndet på den mekaniska bekämpningen var ”main plots”. I serien som behandlade radrensningens effekt på betplantan hölls fälten rena från ogräs med kemisk kontroll men behandlades ändå mekaniskt med samma behandlingsled som i serien ogräseffekt, bortsett från att hastigheten fortsatt varierades i denna serie.



**Figur 1.** Fotot visar redskapet från Thyregod som användes vid den mekaniska ogräsbekämpningen. Från vänster, 6 cm, 4 cm och 2 cm från raden.

## Resultat 2012

### Ogräseffekt

Resultatet från 2012 års försök visar att ingen strategi har resulterat i acceptabla bekämpningsnivåer för praktisk odling. Detta syns tydligt på ogräsets täckningsgrad mätt i juni där det bästa ledet fortfarande har 13,5 % av markytan täckt av ogräs. I detta led stod det i genomsnitt 70 ogräs per kvadratmeter kvar i raden (tabell 1). Detta var också anledningen till att radrensning de efterföljande försöksåren kombinerades med en begränsad mängd kemi.

Bäst effekt på ogräsbekämpningen har uppnåtts i det led där radhackan varit inställd på ca 2 cm från raden. Detta avspeglas även på ogräsets täckningsgrad. Det låga plantantalet i ledet 2 cm antyder att man legat nära smärtgränsen för hur nära raden man kan köra. Skillnaden är

dock inte signifikant ( $p = 0,06$ ). Ingen kemisk behandling utfördes i dessa försök. Körhastigheten hade ingen inverkan på någon av variablerna som undersökts (data ej visat). Ingen signifikant interaktion förekom mellan körhastighet, avstånd och strategi.

**Tabell 1.** Betydelse av radhackans avstånd till betraden för effekten av ogräsbehandlingen och ogräsets täckningsgrad. Resultaten från båda körhastigheterna och alla fyra försöksplatser ligger till grund för tabellen. Ogräseffekten är bedömd utifrån en graderingsskala där 1 är otillfredsställande och 10 är ogräsfritt. Graderingen är gjord i slutet på juni. Strategi A innefattade två mekaniska behandlingar vid TII och TIII och strategi B innefattade fyra mekaniska behandlingar vid TI-TIV. Tal med olika bokstäver inom kolumnen är signifikant ( $p > 0,05$ ) skilda åt. Stora och små bokstäver kan inte jämföras mot varandra

Behandling	Effekt på ogräs					
	Ogräseffekt	Ogrästäckning i % i juni	Antal ogräs/m <sup>2</sup> i raderna i juni	Antal ogräs/m <sup>2</sup> mellan raderna i juni	Ogrästäckning under blast i aug.	Ogrästäckning ovan blast i aug.
6 cm	2,91 a	23,0 a	100 a	0,7 a	40,4 a	8,00 a
4 cm	3,30 b	17,6 b	84 b	1,2 a	36,4 ab	7,39 a
2 cm	3,63 c	13,5 c	70 c	2,0 a	34,7 b	6,41 a
Kontroll	1,08 d	82,6 d	137 d	125 b	87,8 c	38,8 b
Kontroll	1,08 A	82,6 A	137 A	125 A	87,8 A	38,8 A
Strategi A (2)	3,07 B	20,0 B	105 B	2,4 B	42,5 B	7,83 B
Strategi B (4)	3,48 C	16,1 C	65 C	0,3 B	31,8 C	6,70 B

Den lägre ogräsförekomsten som uppnåddes i de led som körts 2 cm från raden resulterade i en kraftig höjning av skörden. Jämfört med obehandlat led ökade skörden från 5,7 ton socker i obehandlat till 13,3 vilket motsvarar en ökning på över 100 % (tabell 2). Helt klart är alltså att vid riklig förekomst av ogräs ska man ligga så nära betraden man kan. Även om man tappar några tusen plantor så betyder den ökade ogräseffekten mer för skörden än plantantalet. Ju mer ogräs man har desto tuffare kan man således vara, och det ska till relativt lite ogräs som står kvar för att påverka skörden negativt. I de allra flesta fall kommer det därför att vara lönsamt att radrensa.

**Tabell 2.** Betydelse av radhackans avstånd till betraden för plantantal, radtäckning och skörd. Resultaten från båda körhastigheterna och alla fyra försöksplatser ligger till grund för tabellen. Plantorna är räknade efter sista radrensningen och radtäckningen är gjord 19–21 juni. Strategi A innefattade två mekaniska behandlingar vid TII och TIII och strategi B innefattade fyra mekaniska behandlingar vid TI-TIV. Tal med olika bokstäver inom kolumnen är signifikant ( $p > 0,05$ ) skilda åt. Stora och små bokstäver kan inte jämföras mot varandra

Behandling	Ogräsets inverkan på sockerskörden									
	Slutgiltigt plantantal	cm till radslutning	Betans täckningsgrad	Renhet	Blåtal	K/Na	Betskörd	Sockershalt	Sockerskörd	
6 cm	95,4 a	14,3 a	70,2 a	88,7 ab	10,3 a	3,37 a	64,3 a	18,35 a	11,8 a	
4 cm	93,7 a	15,2 a	68,4 a	88,3 a	10,4 a	3,34 a	68,4 b	18,27 a	12,6 ab	
2 cm	86,6 a	15,1 a	68,5 a	89,5 b	11,0 a	3,36 a	73,5 c	18,08 b	13,3 b	
Kontroll	93,1 a	24,6 b	48,6 b	86,2 c	9,2 b	3,33 a	31,2 d	18,28 a	5,7 c	
Kontroll	93,1 A	24,6 A	48,6 A	86,2 A	9,2 A	3,33 A	31,2 A	18,28 A	5,7 A	
Strategi A (2)	92,2 A	16,6 B	65,3 B	88,9 A	10,7 B	3,38 A	67,5 B	18,24 A	12,3 B	
Strategi B (4)	91,5 A	13,1 C	72,7 C	88,7 B	10,5 B	3,33 A	70,2 B	18,23 A	12,8 B	

Tabellerna visar att strategi A, dvs. där två ogräsbehandlingar körts hade en sämre effekt på ogräsbekämpningen jämfört med strategi B där tre till fyra behandlingar körts. Den bättre ogräseffekten tycks inte avspeglas i plantantalet eller sockerskörden.

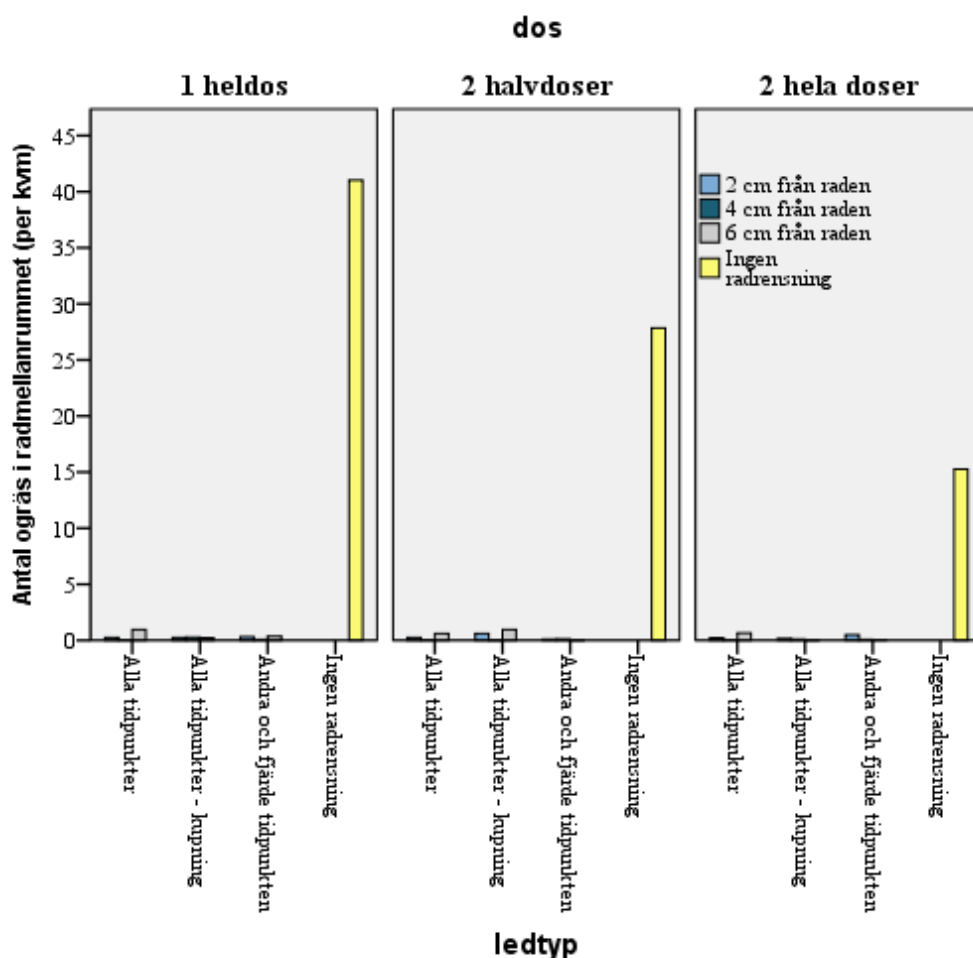
Renheten påverkades signifikant av radrensningen. Ju närmare raden man körde, dvs. ju mindre ogräs och ju högre skörd man hade desto renare betor fick man. Blåtal och K+Na värdet påverkades inte nämnvärt av radrensningen. Värt att notera är kanske att sockerhalten sjönk något om man kom så nära som 2 cm från raden. Om sänkningen beror på att man skadat betan eller att dessa betor lidit mindre av torkstress till följd av en effektivare ogräsbekämpning framgår inte av historien.

## Resultat 2013 och 2014

### Ogräseffekt

#### *Ogräs mellan raderna*

Ogräsgraderingen som gjordes i radmellanrummet visade att ingen av de kemiska behandlingarna räckte till för att nå ett fullgott resultat (figur 2). Detta visar att den blygsamma kemiska bekämpning som vi lagt till i försöksplanen inte varit för kraftfull. När det gäller ogräsen i radmellanrummet så resulterade de testade radrensningstidpunkterna och avstånden till raden inte till några skillnader, så fort radrensning är gjort, så blev det i princip ogräsfritt.

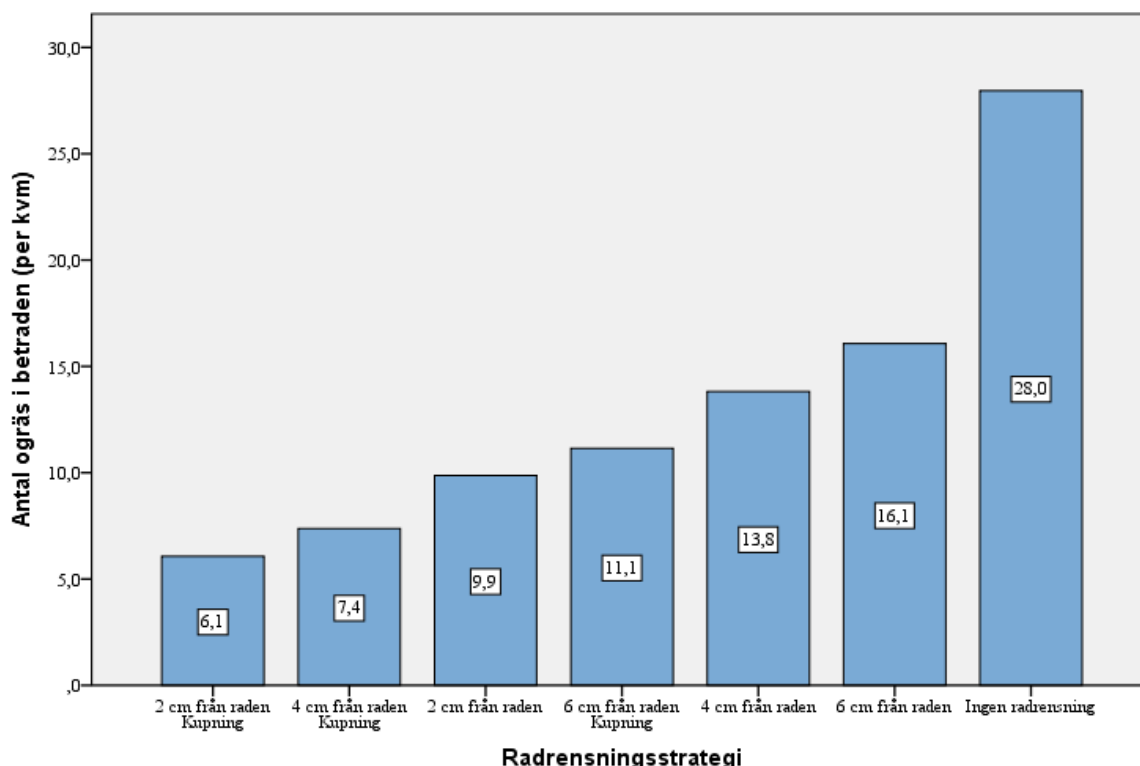


Figur 1. Radrensningens och bredsprutningens effekt på antal ogräs i radmellanrummet.



### Ogräs i raden

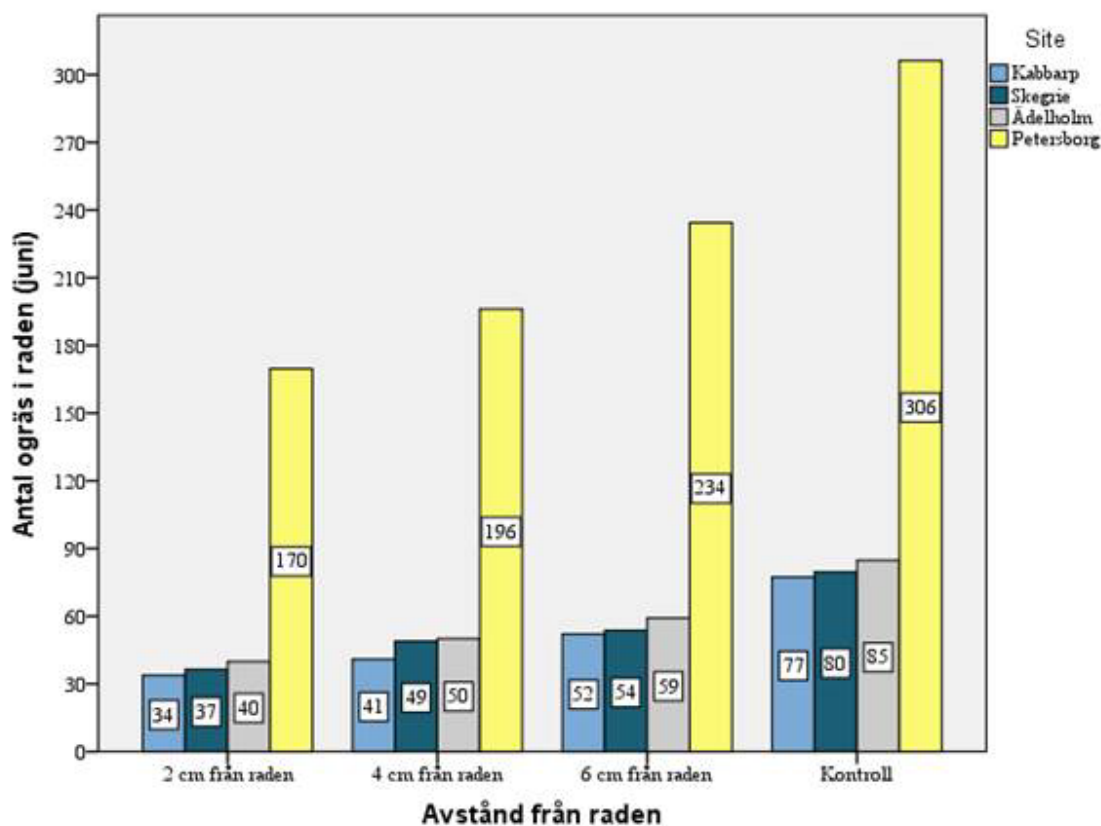
Ogräs som står i betraden är sedan tidigare känt som det största bekymret. Ju närmare man kör desto bättre effekt har man på ogräsen. Effekten av kupning samt avståndet till raden presenteras i figur 3. Diagrammet visar genomsnittssiffror från de tre bredspritade strategierna. Resultaten visar att kupning kan öka ogräseffekten med omkring 30 till 40 %. Studerar man strategierna individuellt kan man konstatera att man inte lyckats få helt rent i raden, trots två fulla behandlingar och 3–4 radrensningar på 2 cm från raden där dessutom jord kupats in. Ogräs som står i raden ska därmed inte underskattas. Det är av yttersta vikt att få bra effekt av de första två behandlingarna så att betplantan får ett ordentligt försprång.



**Figur 2.** Radrensningens och bredspritningens effekt på antal ogräs i betraden. Genomsnitt över alla kemibehandlingar.

Försöken visar också att ogrästrycket för platsen spelar en stor roll. Vid ringa ogräsförekomst är det lätt att lyckas, men är trycket högt från början ställs helt andra krav på systemet. När vi pratar rent mekanisk bearbetning har kanske ogräsarterna mindre betydelse än mängden, men är det en kemisk bekämpning eller en kombination är också artfördelningen viktig att väga in i strategin. Som ett exempel visas ogräsförekomsten i fyra försök från år 2012 i figur 4. Här kan man se att ogrästrycket på Petersborg varit tre till fyra gånger så högt som på de andra platserna. Man ser också att radrensningen endast lyckats reducera ogräsförekomsten i raden med omkring 40 procent. Det är långt ifrån den effektivitet man normalt sett strävar efter att uppnå. Man brukar säga att man behöver nå omkring 97–99 procent ogräseffekt för att nå ett fullgott resultat inom betodlingen. Att då ha som i det bästa ledet, på platsen med minst ogräs, 30 st ogräs kvar per kvadratmeter är långt ifrån godkänt. Då radrensning inte klarar ogräsen som står i raden fullt ut leder det följaktligen till ett stort problem om ogrästrycket är högt från början. Att skapa en jord med lågt ogrästryck tar decennier, men det går fort att bygga upp en stor fröbank. Det ska också tilläggas att detta är försökssiffror och att vädret var gynnsamt

åren för utförandet, dvs. vissa år går det inte att nå denna bekämpningsgrad i praktisk skala. Speciellt inte de år när vädret är ostadigt under ogräsbekämpningen.

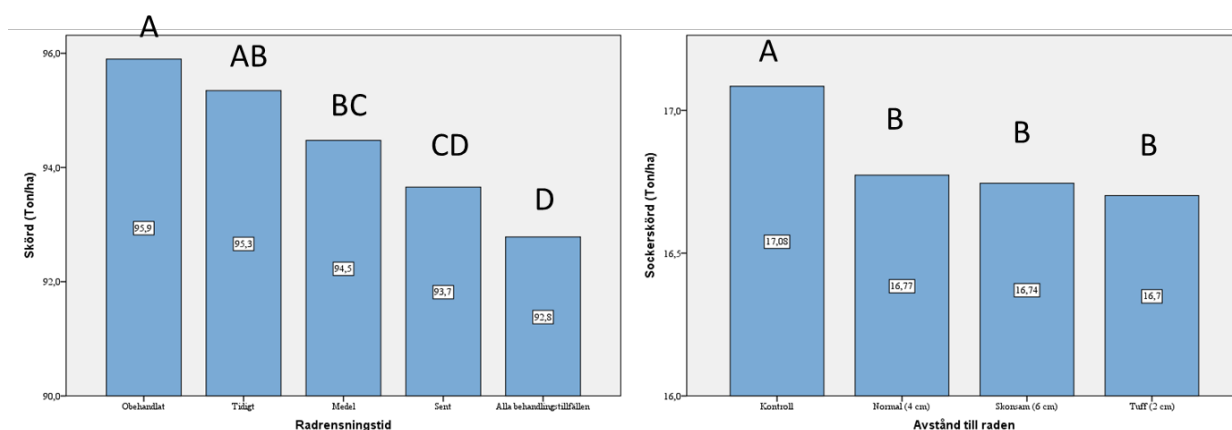


Figur 4. Effekt på antal ogräs i raden beroende på skärens avstånd på fyra olika platser.

## Resultat 2012 till 2014

### Betpåverkan

Delstudien som undersökte radrensningens inverkan på betans tillväxt omfattade totalt tolv försök. Syftet med delstudien var att belysa hur hastighet, bearbetningsavstånd och tidpunkt påverkar betplantan. Därför bekämpades fälten kemiskt så att inga ogräs kvarstod. Resultaten visar att skadan, dvs. skördeförlusten, blir större ju senare på säsongen och ju oftare man kör, vilket kanske inte är så förvånande. Det finns också en tendens till att man tappar mer socker ju närmare raden man kör (figur 5). Detta är speciellt tydligt vid den senare behandlingen. Om man kör tidigt när betorna är små, dvs. runt den andra bekämpningstidpunkten (TII), tycks skörden inte påverkas negativt av radrensning, även om man kör så nära som 2 cm ifrån raden. Förlusterna sker främst genom minskad rotvikt och påverkar bara sockerhalten marginellt.



**Figur 5.** Effekt av radrensningstid och avstånd till raden på skörd. Staplar med samma bokstav över sig kan inte skiljas åt signifikant. Tidigt = TII, Medel = TIII, Sent = TIV.

Är fälten helt rena från ogräs (vilket sällan är fallet) finns det alltså enligt dessa tolv försök ingen anledning att radrensa. Den tidigare omtalade luckringseffekten av radrensning har alltså uteblivit i dessa försök. Resultaten säger dock inte att radrensning inte skulle kunna vara positiv i de fall då kraftig skorpbildning eller dålig struktur råder.

Under försökens gång har en rad parametrar samlats in kring exempelvis tillväxt, skador på plantor och plantantal. Förklaringen till skördeförlusterna vid radrensning tycks i första hand kunna härledas till förstörda blad med försämrade blästäckning som följd. Detta gäller främst vid de senare behandlingarna. Plantantalet minskar också något och man tappar omkring ett par tusen plantor per hektar. I dessa försök, där planttätheten legat kring 95 tusen plantor, är det föga troligt att plantförlusten resulterat i någon skördeförlust. Undantaget är möjligen de fall då stenstopp eller annat leder till att flera plantor i rad körs upp. Det är däremot högst troligt, även om det inte är kvantifierat, att rötter skadats vid bearbetningen vilket då också bidrar till skördeförlost.

Liksom i studien som behandlade ogräseffekten hade radrensning i denna delstudie ingen effekt på kvalitetsparametrarna. Plantantalet påverkas i begränsad omfattning av både radrensningstid och avstånd till raden (tabell 3).

**Tabell 3.** Effekt av radrensningstid och avstånd till raden och hastighet på plantantal, kvalitetsparametrar och skördeparametrar. Genomsnitt av 24 försök över tre år. Tidigt = TII, Medel = TIII, Sent = TIV

Behandling	Plantantal (1000/ha)	K+Na	blåtal	Renhet (%)	Sockershalt (%)	Skörd Ton/ha	Polsocker (ton/ha)
Kontroll	101,2	3,3	12,8	89,9	17,8	95,9	17,1
Radrensningstid							
Tidigt	98,1	3,3	13,7	90,2	17,7	95,3	16,9
Medel	100,4	3,3	12,9	90,0	17,9	94,5	16,9
Sent	101,4	3,3	13,3	90,3	17,9	93,7	16,7
Alla tidpunkter	95,4	3,3	13,2	89,8	17,7	92,8	16,4
Avstånd							
6 cm	101,7	3,3	13,2	90,1	17,8	94,1	16,7
4 cm	100,4	3,3	13,0	89,7	17,8	94,2	16,8
2 cm	95,1	3,3	13,5	90,4	17,8	93,9	16,7
Hastighet							
6 km/h	98,8	3,3	13,2	90,0	17,8	93,9	16,7
12 km/h	98,8	3,3	13,4	90,1	17,8	94,2	16,8



## Praktisk utvärdering

### GPS-RTK

I det stora hela fungerade styrningen av traktor och redskap via GPS-RTK tillfredsställande. Det relativt låga plantbortfallet vid 12 km/h vittnar om systemets precision. Vid ett par tillfällen fick man dock inte tillräckligt bra signal och fick övergå till kamerastyrning. Ibland upplevdes systemet lite segt och det kunde ta lite tid innan man fick kontakt. Det kunde också ta lite tid innan systemet hittade rätt i raden efter vändning vid vändtegen. Det är viktigt att vara medveten om att GPS-RTK-systemet strävar efter att så noggrant som möjligt hålla traktor och redskapet på en fastställd linje i ett koordinatsystem. Avvikelse från linjen vid ett första körtillfälle (sådden) registreras inte av systemet utan vid nästa körning (radrensningen) försöker systemet åter hålla sig på linjen.

### Kamerastyrning

I den praktiska provningen kördes enbart med kamerastyrning. Odlarna gav generellt kamerastyrningen gott betyg. GPS-RTK-styrning på traktorn och kamerastyrning på radrensaren upplevdes som en bra kombination. Dock kräver kameran betor med minst 4–6 örtblad för att ”se raden”. Inom detta område går teknikutvecklingen dock fort framåt och idag finns kameror på marknaden som klarar att identifiera raden tidigare. Fönstret för körning med kamera stängs då betorna helt ”täcker raderna”. Kameran varnar för både för små och för stora betor. Odlarna kände sig bekväma med maskinen vid körning i upp 8–9 km/h. Båda styrsystemen klarade körning i hastigheter upp till 12 km/h. Styrning med GPS-RTK eller kamera upplevdes som likvärdiga vad gäller noggrannhet.

### Diskussion och framtidsutsikter

Till dags dato finns det alltså inget system som för en försvarbar kostnad i praktisk storskala kan klara ogräsen utan hjälp på kemisk väg. Resultatet visar att man utan svårigheter kan klara ogräsen i radmellanrummet, men att ogräsen som står i raden fortfarande inte kan bekämpas tillfredsställande. Utrymmet som vi kallar ”i raden” har dock med den nya GPS-RTK/Kamerastyrningen minskat betydligt, dvs. ytan som man ”måste” bekämpa kemiskt börjar bli förhållandevis liten. Tankarna styrs då naturligt över till bandsprutning. Även om teknikutvecklingen ständigt går framåt när det gäller bandsprutning så tror vi att det krävs ytterligare framsteg som ökar kapaciteten och precisionen innan man får ett stort genomslag för den kombinerade bandsprutnings- och radrensningstrategin. När det gäller bandsprutning krävs högre kapacitet och bättre precision. Helst skulle den befintliga sprutan kunna användas som grund, då ytterligare specialutrustning kommer att bli allt för dyrt för den enskilde lantbrukaren.

Nordic Beet Research (NBR) fortsätter studierna kring radrensning för att vidareutveckla konceptet med kupning. Institutet har även projekt som belyser risken för ökad smutshalt vid radrensning samt nygroningen av ogräs.

## Slutsatser

- Enbart radrensning (utan hjälp av kemi) kan inte kontrollera ogräs i sockerbetor på en tillfredställande nivå
- Radrensning klarar att bekämpa ogräs mellan raderna men ej tillfredställande i raden
- Kupning ger ca 30–40% bättre effekt på ogräs som står i raden vilket inte är tillräckligt
- Radrensning med inställningen 2 cm från betraden gav bäst ogräseffekt och högst skörd i kemiskt obehandlade led
- Radrensning med inställningen 2 cm från betraden gav störst plantbortfall
- Under ogräsfria förhållanden riskerar radrensning att sänka skörden. Ju oftare man kör, ju senare man kör och ju närmare raden man kör desto större blir skadorna
- Hastigheten har marginell betydelse för både ogräseffekt och betskador
- GPS-RTK-styrning fungerar överlag väl. Vissa problem med signalen kan förekomma lokalt
- Kamerastyrning fungerar väl men begränsningar finns för när systemet kan användas (betplantan bör ha uppnått en viss storlek och får inte vara för stor).

## Förslag på praktisk implementering av resultaten

Den första frågan man som lantbrukare måste ställa sig är: Brukar det i mina fält finnas ogräs kvar efter den kemiska behandlingen? Om inte, undvik radrensning. Om svaret på frågan är ja, vilket det nog i det flesta fall är, bör radrensning tillämpas. Med tanke på att man, utifrån dessa resultat, minskar skördepotentialen med omkring tre ton betor per hektar vid en avslutande radrensning kan man kanske ifrågasätta en allt för sen körning. Möjligen passar radrensningen bättre in tidigare i programmet, kanske en eller två veckor efter TII. Det är då av yttersta vikt att man fått god effekt av första behandlingen samt att intervallet mellan TI och TII inte överstiger 7–10 dagar. Storleksskillnaden mellan ogräsen och betan ska vara så stor att man kan hölja ogräsen utan att hölja betorna allt för mycket. Kupning kan med fördel tillämpas och avståndet till raden bör vara omkring 4 cm (dvs. 8 cm brett). En eventuell positiv luckringseffekt borde i detta läge vara minst lika gynnsam som vid en senare körning, samtidigt som skadorna på betplantan torde minska. Intervallet mellan TII och TIII kan därefter ökas något. I många fall borde denna strategi vara tillräcklig, men möjlighet för en fjärde behandling finns. Vid ogynnsamt väder ersätter en bredsprutning radrensningen och intervallet mellan TII och TIII minskas (se principskiss).

