

Effektiv kontroll av kvickrot med minskat näringsläckage – en anpassning till Integrerat växtskydd

Helena Aronsson¹⁾, Björn Ringselle²⁾ Lars Andersson²⁾ och Göran Bergkvist²⁾

¹⁾ Institutionen för mark och miljö, SLU ²⁾ Institutionen för växtproduktionsökologi, SLU

Bakgrund och mål

På många jordar är kontroll av fleråriga ogräs, såsom kvickrot (*Elymus repens*), en stor utmaning och man är i hög grad beroende av effektiva åtgärder för att undvika skördebortfall. I och med EU-direktivet för integrerat växtskydd (IPM), som trädde i kraft 2014, ställs nya krav på kombinationer av olika typer av bekämpningsåtgärder för att minska beroendet av kemiska växtskyddsmedel. Det traditionella och helt övervägande alternativet till kemisk bekämpning av kvickrot är upprepad jordbearbetning med någon form av pinn- eller tallrikskultivator följt av plöjning. Metoden bygger på utarmning av kvickroten genom att störa tillväxten så att stamutlöparna, rhizomerna, tvingas att förbruka sin reservnäring och hindras att åter bygga upp den (Håkansson, 1967). Nackdelarna med jordbearbetning som behandling av kvickrot är hög energiförbrukning samt ökad risk för växtnäringsläckage genom att upprepad jordbearbetning avbryter växters kväveupptag och stimulerar kvävefrigörelse i marken (Stenberg et al., 1999).

Det övergripande målet med projektet var att utveckla strategier för kvickrotsbekämpning utan användning av kemiska bekämpningsmedel och med samtidigt begränsat växtnäringsläckage och reducerad energiåtgång. Utöver yttlig jordbearbetning inkluderades kombinationer av ytterligare två olika alternativa bekämpningsmetoder; utarmning av kvickroten genom avslagning under hösten samt utnyttjande av konkurrens med hjälp av insådd mellangröda. Mellangrödan kan i ett sådant system fungera som fånggröda mot kväveläckage genom sin tillväxt och kväveupptag under hösten. Studier bedrevs i 2-åriga fältförsök under 2011-2013 i Uppland, Västmanland, Halland och Skåne. I Halland undersöktes olika behandlingars effekt på kväve- och fosforutlakningen. Projektet utgjorde stommen i ett doktorandarbete för Björn Ringselle, med disputation planerad för våren 2015, där tillskottsmedel för lön och delar av försöken erhöles från SLU.

Material och metoder

Försöksplatser och försöksplaner

En översikt av projektets försöksplatser och försöksplaner uppdelat på tre delprojekt framgår av tabell 1-4. Försöksplatser (tabell 1) valdes ut för att representera olika jordar och klimat. En förutsättning vid val av plats var också riklig förekomst av kvickrot på fältet.

I delprojekt I (tabell 2) undersöktes insådda mellangrödors (fånggrödors) effekt som kvickrotsbekämpare genom konkurrens. Engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L., Birger 10 kg/ha), och rödklöver (*Trifolium pratense* L., Ares 5 kg/ha) studerades i renbestånd och blandning, utan respektive med 1-2 avputsningar under hösten. Alla fånggrödor såddes in på våren i vårsäd. Hypoteserna som testades var att; 1) både mellangröda och putsning minskar mängden kvickrot året efter behandling, och att kvickroten påverkas mer av putsning än vad mellangrödan gör 2) Engelskt rajgräs konkurrerar effektivare än rödklöver, men att en blandning är effektivast och också ger lika bra kväveeffekt på efterföljande gröda som ren klöver.

I delprojekt II (tabell 3) utvärderades effekten på kvickrot av yttlig stubbearbetning 1-2 ggr efter skörd. En huvudhypotes som undersöktes var att en optimal tidpunkt för bearbetning är i direkt samband med skörd (när kvickroten är svag), jämfört med en vecka senare, då kvickroten börjat växa på allvar. I

försöken användes pinnkultivatorer med 10-12 cm arbetsdjup, Väderstad cultus respektive cultus quattro i Uppland och Västmanland, Rögle pinnkultivator och Rongskilde vibro flex i Skåne.

I delprojekt III testades några utvalda behandlingar, byggda på metoderna bearbetning, konkurrens och putsning, i avseende på både effekt på kvickrot och effekt på kväve- och fosforutlakning, tabell 4. I detta delprojekt användes gåsfotskultivator med 7 cm arbetsdjup. För att tillämpa ett system särskilt anpassat för ekologisk odling ingick exempelvis ett led med dubbelt radavstånd för att möjliggöra radhackning mot frögräs under odlingssäsongen. I raden användes mellangröda för konkurrens och funktion som fånggröda (Engelskt rajgräs och klöver). Led med enbart gåsfotskultivering samt fånggröda i kombination med putsning ingick också, och utgjorde paralleller till led i delprojekten I och II. I samtliga delprojekt bekämpades frögräsen kemiskt för att renodla studierna av effekter på just kvickrot.

Tabell 1. Översikt av försöksplatser (inklusive långtidsmedelvärden för temperatur och nederbörd) där olika försöksplaner lades ut 2011 och 2012. Dessa beskrivs detaljerat i tabell 2-4

Försöksplats	Plats	Temp °C	Nederbörd mm/år	Jordart	Försöksplan
Skea	Östra Skåne	6,5	753	Mulljord	I och II
Krusenberg	Uppland	5,5	527	Lättlera	I och II
Ekhaga	Uppland	5,5	527	Mellanlera	I
Orresta	Västmanland	6,2	607	Mellanlera	II
Lilla Böslid	Halland	7,2	803	Mojord	III

Tabell 2. Försöksplan för delprojekt I med mellangröda i kombination med och utan putsningsbehandlingar (split-plot design; putsning i storruta och mellangröda småruta Försök 1: vår 2011-skörd 2012 och försök 2 vår 2012- skörd 2013)

Led	Insådd	Putsningsbehandlingar höst		
		1 (utan)	2 (1 putsning)	Putsning 3 (2 putsningar)
A1-A3	-	-	Vid skörd	Vid skörd + 20 dgr efter skörd
B1-B3	Gräs	-	Vid skörd	Vid skörd + 20 dgr efter skörd
C1-C3	Rödklöver	-	Vid skörd	Vid skörd + 20 dgr efter skörd
D1-D3	Gräs/klöver	-	Vid skörd	Vid skörd + 20 dgr efter skörd

Tabell 3. Försöksplan för delprojekt II, med olika bearbetningsbehandlingar(4 replikat). Försök 1: vår 2011-skörd 2012 och försök 2: vår 2012- skörd 2013

Led	Antal bearbetningar	Tidpunkt för bearbetning		
		Skördedagen	5 dagar efter skörd	20 dagar efter skörd
A	0			
B	1	X		
C	1			X
D	2		X	X
E	2	X		X

Tabell 4. Försöksplan för delprojekt III i utlakningsförsöket vid Lilla Böslid (3 replikat). Försök 1vår 2011-vår 2013 och försök 2 vår 2012- vår 2014

Led	Insådd	Behandlingar hösten 2011 och 2012	
		Putsning	Stubbearbetning
Kontroll	-	-	-
2 disk	-	-	Tallriksharv (15cm) vid skörd + efter 20 dgr
1 gåsfot	-	-	Gåsfot (7cm) vid skörd
2 gåsfot	-	-	Gåsfot vid skörd + efter 20 dgr
2 hack fg	Klöver/gräs (24 cm radavst)	-	Gåsfot radhackning vår+vid skörd+efter 20 dgr
2 puts fg	Klöver/gräs	Vid skörd + efter 20 dgr	-



Figur 1. Ram för kvickrotsgradering(t.v.), rhizomprov uttagna med golfhåltagare (t.h)

Mätningar

Två-åriga försök lades ut våren 2011 och våren 2012. Försöken i delprojekt I och II lades ut enligt split-plot design med 4 upprepningar. Försöket i delprojekt tre var ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar. Behandlingarna skedde under hösten det första året och följdes upp under hösten och under efterföljande grödsäsong, då effekten på den efterföljande grödans skörd studerades och en slutgradering av kvickrot gjordes efter skörd. För bestämning av behandlingarnas inverkan på mängden kvickrot användes tre metoder; dels en gradering vid flera tidpunkter, dels uttagning av jordproppar för vägning av rhizom samt klippning av ovanjordisk biomassa i samband med skörd. Graderingen innebar att 10 platser av varje ruta karaktäriserades med avseende på kvickrotsförekomst på skalan 0-3, beroende på i hur många delar av en gaffelformad provtagningsram som kvickrotskott kunde identifieras (figur 1). För bestämning av mängden rhizom användes golfhåltagare med diametern 10,5 cm. I varje parcell togs 5-8 proppar till 21 cm djup, varefter rhizom tvättades fram för torkning och vägning. Den ovanjordiska biomassan provtogs samtidigt på en yta av 0,25 m², där separering av kvickrot, mellangröda och övriga ogräs gjordes. I delprojekt I och III togs jordprover för bestämning av mineralkväve 3 gånger under hösten (0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm) för att uppskatta de olika behandlingarnas inverkan på kväveansamling i marken och utlakningsrisk. Delprojekt III utfördes i ett utlakningsförsök på hushållningssällskapets gård Lilla Böslid i Halland. Fältet är specialkonstruerat för utlakningsmätningar genom att varje försöksruta (16 x 20 m) har ett separat dräneringssystem kopplat till en mätstation med kontinuerlig vattenföringsmätning och automatisk uttagning av flödesproportionella prover för bestämning av totalkväve och totalfosfor. De två försöken utfördes på olika delar av fältet (18 rutor vardera).

Statistisk bearbetning

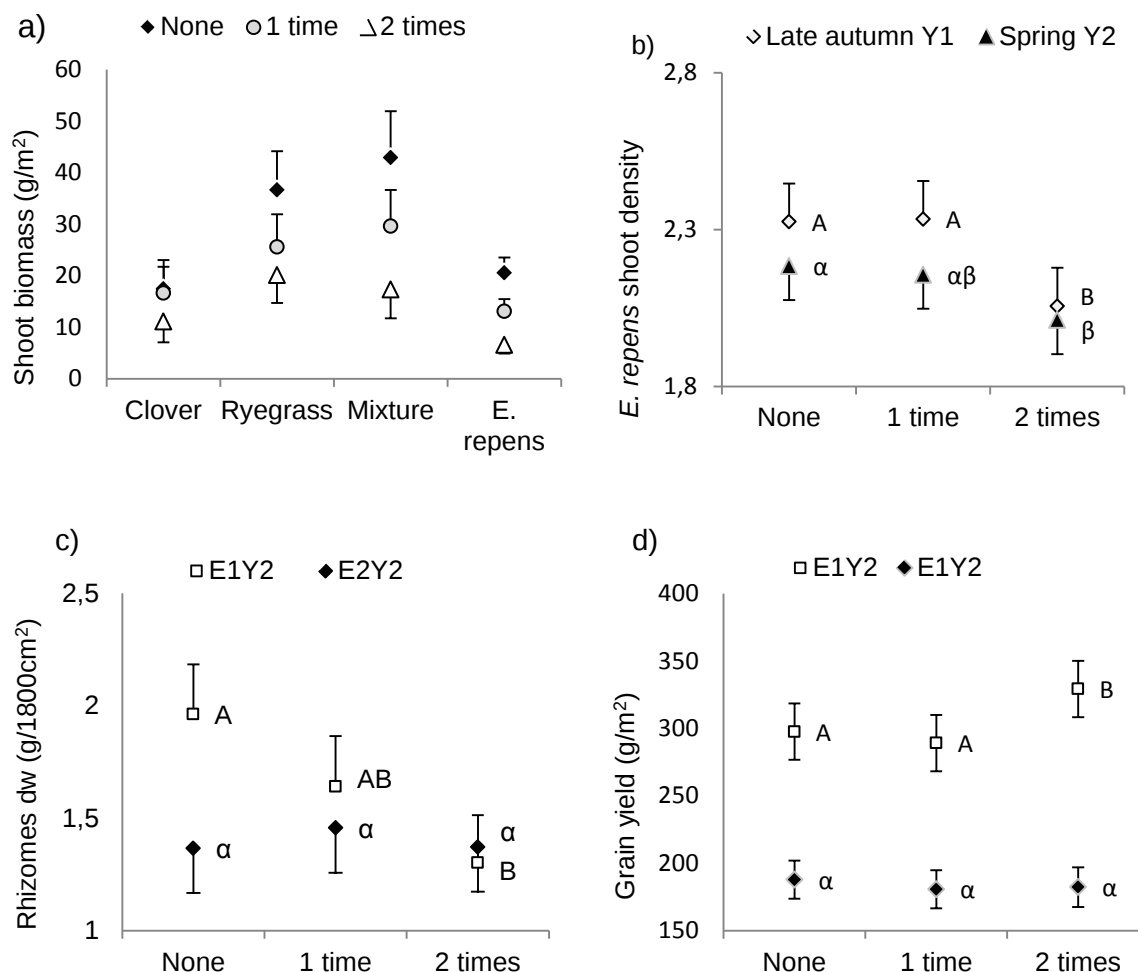
Alla resultat utvärderades statistiskt med hjälp av olika varianter av ANOVA och regressionsanalys. P-värdet 0,05 användes som signifikansnivå.

Resultat och diskussion

Delprojekt I: Insådd fånggröda i kombination med putsning

Försöken med putsning och insådda fånggrödor för konkurrens med kvickrot utfördes vid Skea utanför Hässleholm i östra Skåne (mulljord) samt vid Ekhaga försöksgård (mellanlera) och Krusenbergs (lättilera) utanför Uppsala. De två försöksåren skiljde sig åt, vilket visar på den praktiska svårigheten att anpassa behandlingar efter väderförutsättningar och kvickrotens livscykel. Under det andra försöksåret var hösten blöt och kall, vilket ledde till att såväl skörd, putsning och plöjning senarelades och samtidigt också att kvickrotens utveckling generellt försämrades. Under båda åren observerades behandlingseffekter på skottdensiteten av kvickrot under hösten med behandling, men det var endast i det första försöket som effekten av behandlingar kvarstod efter skörd av den efterföljande grödan, i form av minskad mängd rhizom. Den behandling som gav upphov till signifikant minskad mängd kvickrotsrhizom och ökad skörd hos den efterföljande grödan var upprepad putsning, figur 2 (en putsning gav endast effekt under första hösten), där mängden kvickrotsrhizom var 35% lägre än i

kontrolledet. Putsningen minskade mängden kvickrotsbiomassa och hade uppenbarligen också en utarmningseffekt.

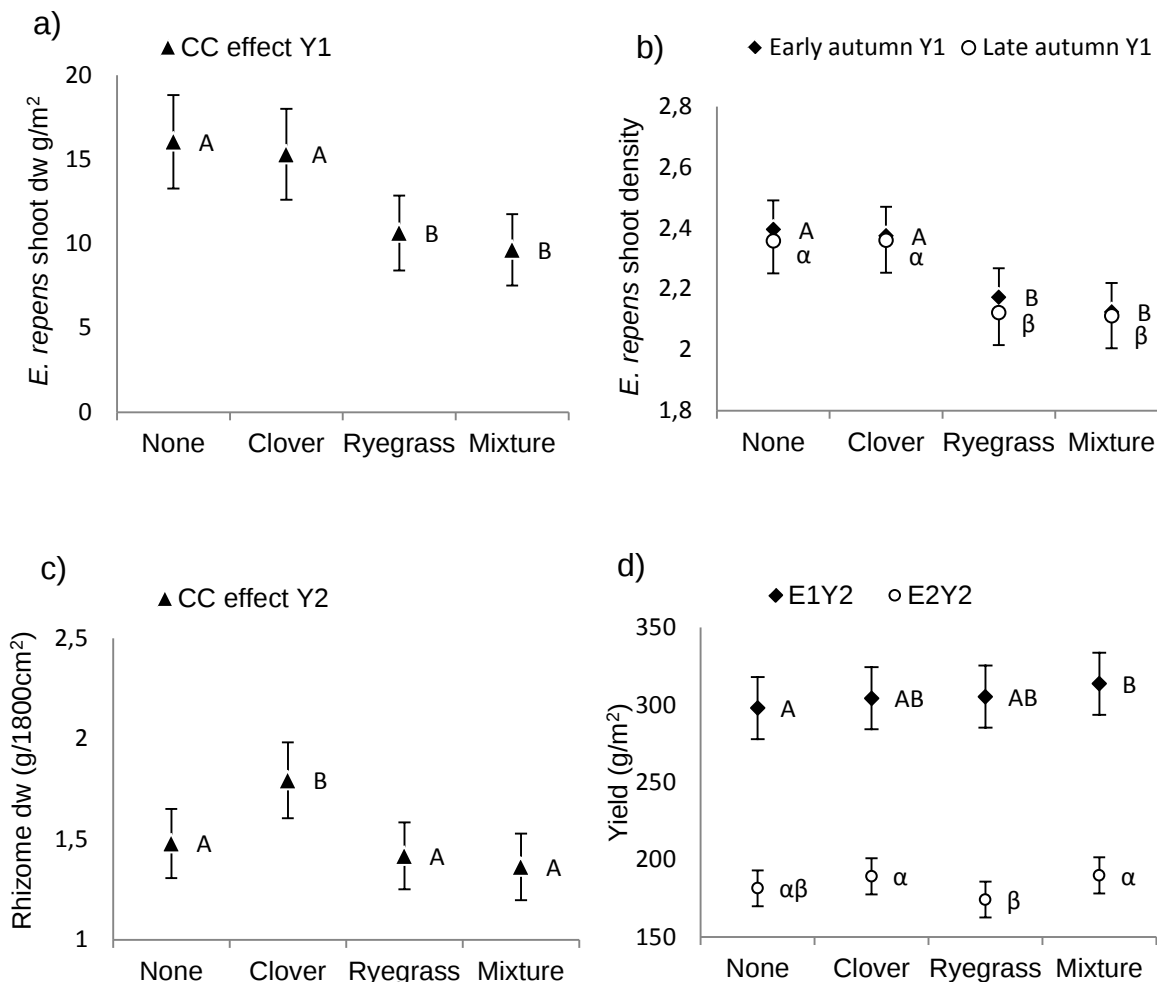


Figur 2. Effekten av att putsa en eller två gånger på a) skottbiomassa av fånggrödor och kvickrot på senhösten b) kvickrotens skottdensitet c) rhizombiomassa vid efterföljande skörd d) stråsädesskörd. 95% konfidensintervall anges och signifikanta skillnader anges med olika bokstäver (Tukey HSD test, $\alpha=0.05$). Y1=hösten med behandling, Y2=efterverkansåret, E1 och E2= de två på varandra följande försöken på de olika platserna (start 2011 och 2012).

Som insådda fånggrödor användes engelskt rajgräs och rödklöver i renbestånd eller blandning. Med tanke på de två grödornas egenskaper var tanken att ge utrymme för två olika konkurrensmekanismer, ensamma samt i kombination, varav det senare förväntades ge bäst effekt. Klövern, som är en kvävefixerare, förväntades främst utöva ljuskonkurrens gentemot kvickroten, medan gräset förväntades konkurrera främst vad gällde tillgången på kväve. Av klövern förväntades också en positiv kväveefterverkan genom ökad skörd hos den efterföljande korngrödan. Emellertid blev fånggrödornas tillväxt relativt liten under försöksåren, och därför blev förhållandena för studierna inte optimala, även om det avspeglar osäkerheten man alltid står inför vad gäller groning och etablering av fånggrödor.

Insådd fånggröda av rajgräs och klöver-rajgräsblandning hade båda negativ effekt på kvickrotens skottbildning under hösten, figur 3. Fånggrödans biomassaproduktion var liten i försöken, men en viss konkurrens med kvickroten kunde alltså avläsas, även om den inte kvarstod året efter. Tidigare studier har visat att det behövs en fånggrödebimassa av minst 100 g/m² för att få en tydligt nedtryckande effekt på kvickroten (Cussans, 1972; Bergkvist *et al.*, 2010). I detta fall var den endast 30-60 g/m². Den rena klöverfånggrödan konkurrerade däremot inte alls med kvickroten, och kunde inte hindra

uppförökning av kvickrot. Mätningar av den efterföljande skörden visade att klöverfånggrödan samt klöver-gräsblandningen hade en positiv inverkan på skörden, som ökade med 3-5%. Därmed kunde det konstateras att en gräsfånggröda med inblandning av klöver är en potentiellt möjlig metod för att trycka ned kvickrot och samtidigt ha en positiv efterverkansseffekt på skörden. Artblandningen gav också en något säkrare biomassaproduktion i försöken. Resultaten visar däremot att ren klöverfånggröda inte kan rekommenderas för konkurrens med kvickrot. I försöken syntes en synergieffekt av fånggröda och putsning, och kvickroten hämmades mer av avslagning än vad fånggrödan gjorde.

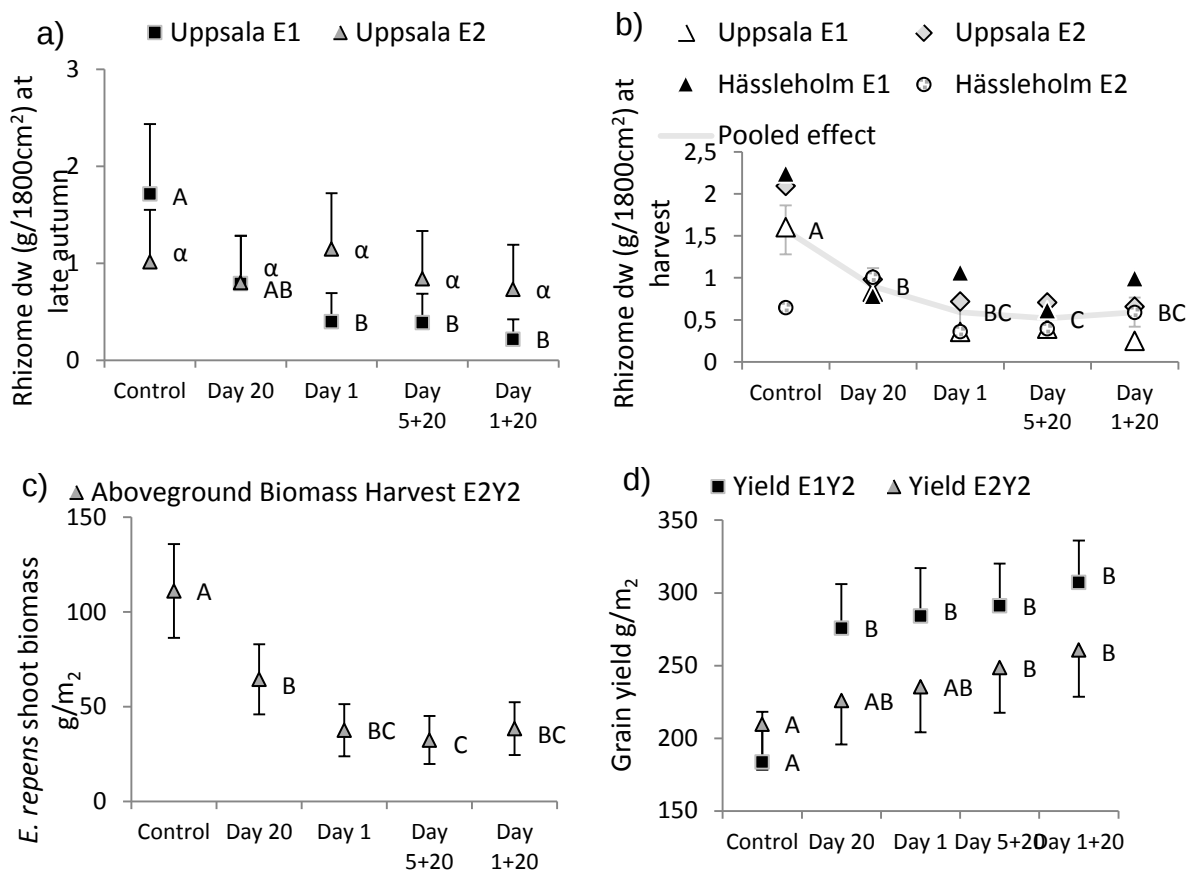


Figur 3. Effekten av de tre olika fånggrödebehandlingarna på a) kvickrotens ovanjordiska biomassa på senhösten b) kvickrotens skottdensitet c) rhizombiomassa vid efterföljande skörd e) stråsädesskörd. 95% konfidensintervall anges och signifikanta skillnader anges med olika bokstäver (Tukey HSD test, $\alpha=0.05$). Y1=hösten med behandling, Y2=efterverkansåret, E1 och E2= de två på varandra följande försöken på de olika platserna (start 2011 och 2012).

Delprojekt II: Tidsoptimerad stubbearbetning

Försöken med stubbearbetningsbehandlingar (pinnkultivator) lades ut under två år i Skåne (Skea), Uppland (Krusenberg) och Västmanland (Orresta). På grund av bland annat dåliga väderförhållanden avbröts verksamheten i Västmanland varvid två försöksplatser kvarstod. Viktiga frågeställningar gällde kvickrotseffekten av en enstaka, men tidsoptimerad stubbearbetning (direkt efter skörd när kvickroten är som svagast), jämfört med en upprepade stubbearbetning under hösten, och vikten av att i så fall utföra den första stubbearbetningen direkt vid skörd.

Resultaten visade att stubbearbetning är ett effektivt redskap för kvickrotsbekämpning (alla behandlingsled minskade mängden kvickrotsrhizom) men också att tidpunkten har betydelse. Vidare framgick det att upprepade behandling inte nödvändigtvis ger bättre effekt än en enstaka bearbetning i samband med skörd. Snarare verkar det vara så att utarmningen av kvickrot, som är målet med den upprepade bearbetningen, inte alltid kan åstadkommas, vilket gör det onödigt med en upprepning då den inte alltid får någon större effekt. Av figur 4 framgår att för effekten på kvickrotsmängden efter skörd av den efterföljande grödan hade en stubbearbetning vid skörd på dessa båda försöksplatser lika bra effekt som upprepade stubbearbetning. Vid upprepade stubbearbetning hade det vidare ingen avgörande betydelse om den första bearbetningen utfördes precis vid skörd eller efter en vecka, figur 4. Då en enstaka stubbearbetning gjordes först 20 dagar efter skörd var däremot effekten osäkrare.



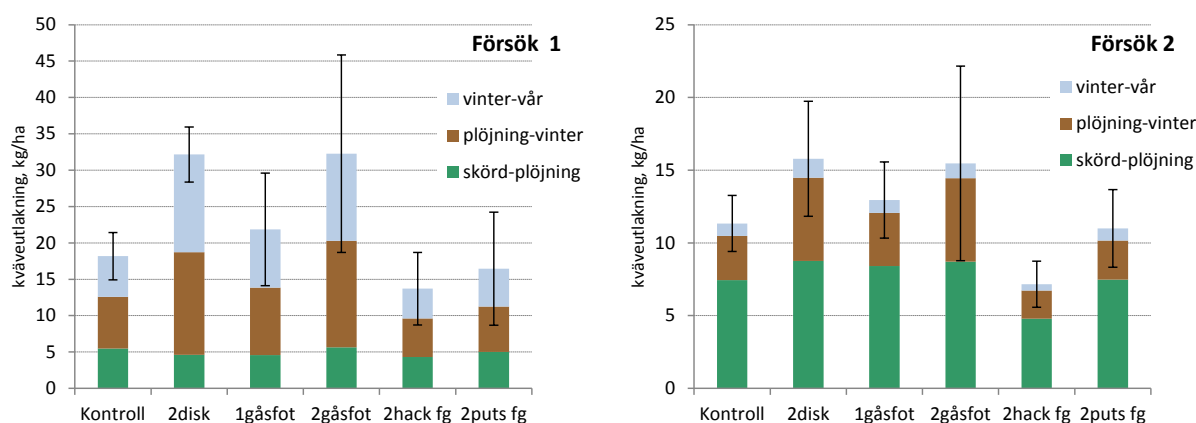
Figur 4. Effekten av de tre olika stubbearbetningsbehandlingarna på a) mängden rhizom sent på hösten år 1 b) mängden rhizom efter skörd år 2 c) kvickrotens skottdensitet vid skörd år 2 d) efterföljande stråsädesskörd. 95% konfidensintervall anges och signifikanta skillnader anges med olika bokstäver (Tukey HSD test, $\alpha=0.05$). Y1=hösten med behandling, Y2=efterverkansåret, E1 och E2= de två på varandra följande försöken på de olika platserna (start 2011 och 2012).

Delprojekt III: Utlakningsförsök med olika kombinationsbehandlingar

I utlakningsförsöket i Halland (Lilla Böslid) undersöktes enstaka och upprepade stubbearbetning med gåsfotskultivator (parallell till led i delprojekt II), gåsfotskultivator i kombination med fånggröda samt fånggröda med putsning (parallell till led i delprojekt I). Som kontroll användes, förutom ingen behandling, tallrikskultivator (2 ggr).

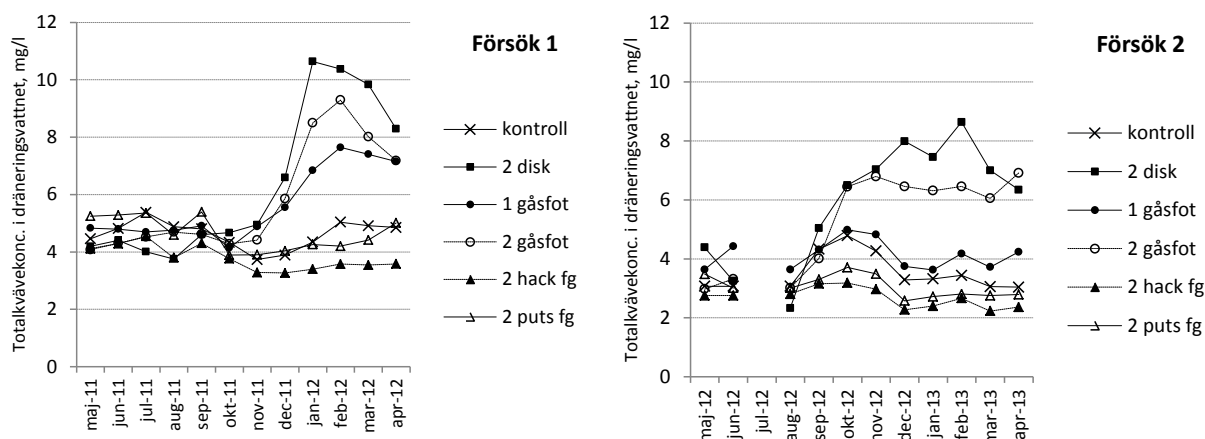
I utlakningsförsöket bekräftades delvis resultaten från delprojekt I och II. Fånggröda i kombination med putsning minskade signifikant kvickrotens skottdensitet under hösten (visas ej) och tendens fanns till minskad mängd kvickrotsrhizom efterföljande år, men skillnaden var ej signifikant (visas ej). Också fånggröda i kombination med gåsfotskultivering mellan raderna minskade skottdensiteten och samma sak gällde bearbetning med gåsfotskultivator utan fånggröda.

De två försöksåren uppvisade olika nederbörds- och avrinningsförhållanden. Det första försöket (2011-2012) hade kraftigare avrinning under perioden skörd till efterföljande vår än det andra (2012-2013); 400 mm jämfört med 280 mm, men ledskillnaderna var signifikanta och följde samma mönster de båda åren. Det framgick tydligt att bearbetning med tallrikskultivator eller gåsfotskultivator (utan fånggröda i raden) kraftigt ökade både mängden mineralkväve i marken (visas ej) och utlakningen av kväve, figur 5, där två körningar gav större effekt än en. En insådd fånggröda i kombination med gåsfotskultivering mellan raderna eller med upprepad putsning gav däremot stabilt och signifikant lägre koncentrationer av kväve i dräneringsvattnet (figur 6) och inte större utlakning än kontrollerat utan behandling. Fånggrödevegetationen var kraftigare än i delprojekt I och uppgick till mellan 80-100 g/m², vilket representerar en något svag-medelkraftig fånggröda för området (Hessel Tjell et al., 1999). Att utlakningen i fånggrödeleden inte var påtagligt lägre än i kontrollerat utan fånggröda berodde troligen på att fånggrödans effekt delvis förtogs av att materialet putsades av respektive den upprepade stubbearbetningen mellan raderna.

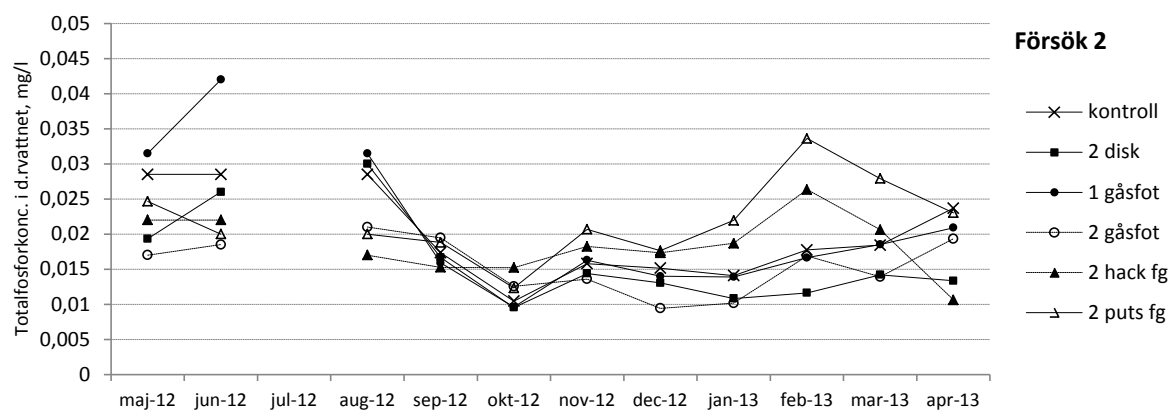


Figur 5. Utlakning av totalkväve (kg/ha) från skörd och över vintern indelat i tre perioder. I figuren anges standardavvikelsen för hela perioden.

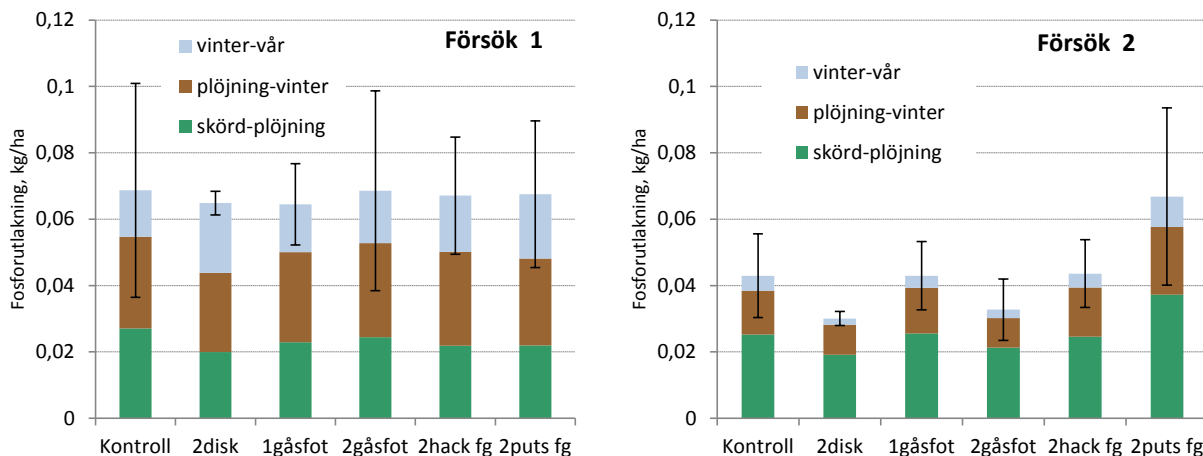
När det gällde fosforutlakningen visade det sig att just putsning av fånggrödematerialet verkade ha en betydelse för utlakningsrisken. Under det första försöksåret var fosforutlakningen mycket likartad och liten i de olika försöksleden, och den var liten även år 2, men visade då betydligt större variation. Koncentrationerna var under ett par av vintermånaderna högre i leden med fånggröda (figur 7), och totalutlakningen under perioden från skörd till nästa vår var störst i ledet med fånggröda som putsats vid två tillfällen, figur 8. Att dött växtmaterial som lämnas på markytan kan släppa löst fosfor som förs till dräneringsvattnet har tidigare visats, särskilt i samband med sönderfrysning (Bechmann et al., 2005). Stubbearbetning visade ingen tendens till att öka fosforutlakningen, och leden med upprepad bearbetningen hade istället tendenser till minst utlakning (statistisk utvärdering ej ännu slutförd). Liknande tendens, med mindre fosforutlakning då jorden bearbetas har även framkommit i andra studier (Aronsson et al., 2014).



Figur 6. Månadsmedelkoncentrationer av totalkväve (mg/l) i dräneringsvattnet i de två försöken, 2011-2012 respektive 2012-2013.



Figur 7. Månadsmedelkoncentrationer av totalfosfor i dräneringsvattnet i det andra försöket



Figur 8. Utläkning av totalfosfor (kg/ha) från skörd och över vintern indelat i tre perioder. I figuren anges standardavvikelsen för hela perioden.

Slutsatser

Stubbearbetning följt av plöjning är, som tidigare känt, effektivt för kontroll av kvickrot, men resultaten visar att en enstaka tidsoptimerad ytlig bearbetning med pinnkultivator, dvs direkt vid skörd kan vara lika effektiv som upprepad stubbearbetning. En rekommendation kan därmed vara att avvakta

med en ytterligare bearbetning utifrån hur kvickroten utvecklas under hösten. En enstaka stubbearbetning gav upphov till lägre kväveutlakning än två, men fosforutlakningen påverkades inte av stubbearbetning över huvud taget jämfört med orörd eller fånggrödebevuxen mark under hösten.

Resultaten visade att fånggröda i kombination med upprepad putsning dämpar uppförökningen av kvickrot, men att en påtaglig effekt förutsätter att fånggrödan är kraftig och att den innehåller ett gräs som konkurrerar om kvävet. Blandning av rödklöver med engelskt rajgräs ger dessutom en positiv efterverkansseffekt. Fånggrödan har samtidigt en god effekt mot kväveutlakning, och kunde i försöken kombineras med upprepad radhackning mellan raderna, utan att påtagligt minska fånggrödans läckagedämpande förmåga. Fånggröda med två putsningar under hösten fungerade bra vad gällde kväveläckage, men att lämna växtmaterial på markytan ökar risken för fosforläckage, vilket visade sig ett av åren.

Överlag var effekterna på kvickrotsförekomsten små av putsning och fånggröda, vilket delvis berodde på att fånggrödorna var relativt svagväxande i försöken. Slutsatsen är att odlingssystem med fånggrödor, putsning och begränsad bearbetning har en potential att bidra till kvickrotskontroll och kan bli betydelsefulla delar i utveckling av odlingssystem med integrerad bekämpning av kvickrot.

Publikationer och övrig resultatförmedling

Björn Ringselles doktorsavhandling kommer att innehålla tre vetenskapliga uppsatser som baseras på projektet, vilka föreligger i manuskriptform. Resultaten har presenterats vid både nationella och internationella konferenser och workshops, och har också använts inom undervisning av agronomstudenter, inom Greppa näringen och vid studiebesök, se tabellen nedan. Björn har också handlett två examensarbeten inom mastersutbildningar på SLU, med koppling till projektet. Referensgruppen har haft återkommande kontakt per telefon och har träffats vid utlakningsförsöket i Halland vid ett tillfälle.

Tabell 5. Resultatförmedling inom projektet

Typ av aktivitet	Tidpunkt	Beskrivning
Presentation	April 2012	Jordbruksverket FOU-dag i Mjölby
Visning	Maj 2012	Studiebesök för Jordbruksverkets exkursion för ekorådgivare
Visning	Sept 2012	Kombinerat möte med fältforsks ämnesgrupp Vatten och projektets referensgrupp
Poster, konferens	Okt 2012	Linnean Centre Conference - Plant Science for Future Needs, Sweden
Poster, konferens	Juni 2013	16th European Weed Research Society (EWRS) Symposium, Turkey
Poster, konferens	Aug 2013	NJF seminar 461 - Organic farming systems as a driver for change, Denmark
Föredrag, konferens	Jan 2014	NJF seminar 471 - Recent advances in IWM of perennial and annual weeds, with a special emphasis on the role of crop-weed interactions, Sweden
Föredrag, konferens	Mars 2014	10th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Sweden
Vetenskaplig uppsats	Manuskript	Ringselle, B. et al. Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to reduce <i>Elymus repens</i> autumn growth.
Vetenskaplig uppsats	Manuskript	Ringselle, B. et al. Single and repeated stubble cultivation to reduce <i>Elymus repens</i> autumn growth
Vetenskaplig uppsats	Manuskript	Ringselle et al. N leaching in cropping systems with soil tillage strategies combined with cover crops for control of couch grass
Mastersarbete med koppling till projektet	2012-2013	Yesudasan Jacob: Effect of Ryegrass and Red clover on Morphology and Biomass allocation in Couch grass (published) Inés Prieto Ruiz: pågående

Referenser

- Aronsson, H., Liu, J., Ekre, E., Torstensson, G. and Salomon, E. 2014. Effects of pig and dairy slurry application on N and P leaching from crop rotations with spring cereals and forage leys. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 98: 281-293
- Bechmann, ME, Kleinman, PJA, Sharpley, AN & Saporito, LS. 2005. Freeze-thaw effects on phosphorus loss in run-off from manures and catch-cropped soils. *Journal of Environmental Quality*, 34, 2301–2309.
- Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M & Weih, M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppress *Elytrigia repens*. *Weed Research* 50, 447-455.
- Cussans, GW. 1972. A study on the growth of *Agropyron repens* (L) Beauv. During and after the growth of spring barley as influenced by the presence of undersown crops. *Proceedings of the 11th British Weed Control Conference*, 689-697.
- Hessel Tjell, K., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Stenberg, M. och Rydberg, T. 1999. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning i handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmojord i södra Halland, perioden 1990-1998. *Ekohydrologi* 50. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Håkansson, S. 1967. Experiements with *Agropyron repens* (L) Beauv. IV. Response to burial and defoliation with repeated intervals. *Annals of the Agricultural College of Sweden* 35, 61-78.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res*, 50:115-125.