



Slutrapport

Electronic Weed Destroyer (EWD) – ny teknik för mekanisk ogräsbekämpning

Projektnummer:

O-16-23-776

Projektperiod:

170101–171231

Huvudsökande:

Lars Andersson, SLU

E-post: lars.andersson@slu.se

Medsökande:

Velemir Ninkovic, SLU

Milos Stankovic, Global Eco Energy Sweden AB

Fredrik Fogelberg, RISE

Monica Andersson Skall, Hushållningssällskapet

Del 1: Utförlig sammanfattning

Traditional mechanical control of weeds demands large energy input, och contributes to increased nutrient leaching from the field. The aim of the project was to test the potential of an equipment (developed by Milos Stankovic, Global Eco Energy Sweden AB) for mechanical weeding based on electrostatic energy. If successful it might be an important part of total control of weeds after harvest as well as selective weeding within-crop and site specific control of certain species. The large potential benefits of the method is an effective non-chemical control of weeds without soil disturbance, i.e. minimal nutrient leaching.

The main questions for the project were:

- Which is the optimal dose, as regards effect and energy consumption, for killing annual weeds at different development stages?
- Which is the optimal dose, as regards effect and energy consumption, for killing perennial weeds?
- What effect does the method have on roots/rhizomes of perennial weeds?

- What is the potential for developing an equipment to be used under field conditions?

The equipment was tested on two annual species, *Tripleurospermum perforatum* and *Avena fatua*, in pots in a glasshouse. Plants were treated at seedling stage at combinations of four voltage levels (5, 10, 15 and 20 kV) and four exposure durations (0,2 s, 0,4 s, 0,6 s and 1,2 s). In addition, plants of the same species were tested at bolting stage at prolonged exposure durations (0,5 s, 1,5 s, 4,5 s, 13,5 s). Perennial weeds were represented by well established but recently cut plants of *Elymus repens*, which were treated with the same combinations as large *T. perforatum* and *A. fatua*. Apart from biomass of all species, we tested the sprouting capacity of buds on *E. repens* rhizomes.

The resulting effect of seedlings of the annual species was very strong, and most plants died even at the shortest exposure duration and lowest voltage level. It might be possible to further reduce exposure duration, which would increase the practical use of the method. Vegetative and reproductive biomass of large *T. perforatum* plants were also significantly reduced, but *A. fatua* was less affected. In general, low voltage levels and long exposure durations reduced biomass more than high and short, respectively. For *E. repens* the only effect was a reduction of biomass, both shoot and rhizom, with increased exposure duration. No effect of treatment was shown on sprouting capacity of buds.

We conclude that the method shows a potential to control weeds with electricity. Especially for annual weeds we have shown that there is enough information to perform detailed field studies with different types of electrodes and utilities. However, we also think it would be well motivated to conduct further studies on possibilities to destroy roots and rhizomes of perennial weeds, possibly by testing placement of electrodes to facilitate the flow through belowground tissue. Reduced access to herbicides, not least if a future ban of glyphosate is realized, and negative environmental effects of soil cultivation call for alternative weed control methods. Electrical control could be one part of the solution.

Del 2: Rapporten (max 10 sidor)

Inledning

Bekämpning av annuella och perenna ogräs är en nyckelfaktor som begränsar både möjligheterna och motivationen till omläggning till ekologiskt lantbruk. Förutom reducering av skördenivå och skörde kvalitet medför ogräsen indirekta negativa miljöeffekter. Traditionell mekanisk kontroll kräver hög energiförbrukning och ökar dessutom näringsläckaget från marken. Syftet med detta projekt var att vidareutveckla och testa en utrustning för mekanisk ogräsbekämpning baserad på elektrostatisk energi. I praktisk odling ser vi möjligheter till både totalbekämpning efter skörd, selektiv bekämpning i radsådda grödor och platspecifik bekämpning av vissa arter. De stora potentiella fördelarna med konceptet är en effektiv ogräskontroll utan användning av herbicider och ingen omrörning i marken, d.v.s. litet näringsläckage.

Frågeställning

I detta projekt ville vi testa effekten av elektrisk bekämpning på såväl annuella som perenna ogräs med hjälp av en patensökt prototyp, konstruerad av Milos Stankovic, Global Eco Energy Sweden AB.

- Vilken är den optimala respektive mest energieffektiva dosen (mätt i spänning och tid) för att döda ettåriga ogräs i olika utvecklingsstadier?
- Vilken är den optimala/mest energieffektiva dosen för att döda vissa perenna ogräs?
- Vilken effekt har metoden på rötter/rhizomer hos perenna ogräs?
- Vilken potential finns för att utveckla utrustning för fältbruk?

Materiell och metoder

Projektet omfattade två försök, utförda som krukförsök i växthus med dagtemperatur (16 tim) på 18°C och nattemperatur (8 tim) på 10°C. Effekten av elektrisk bekämpning testades i Försök 1 på två annuella arter, baldersbrå och flyghavre, i två utvecklingsstadier, och Försök 2 omfattade en test av effekten på kvickrot.

Försök 1. Dos-responsförsök baldersbrå och flyghavre

Våra hypoteser för detta försök:

- effekten ökar med hög spänningsnivå och lång exponeringstid
- subletal dos minskar biomassan och/eller fröproduktionen
- optimal dos varierar beroende på art
- optimal dos är lägre vid tidiga utvecklingsstadier än sena

Plantor av baldersbrå och flyghavre drogs upp från frö i växthus. För behandling i sent utvecklingsstadium skedde sådden den 3/2, och för behandling i groddplantestadium den 3/3. Plantorna vattnades vid behov med näringslösning. Den elektriska

behandlingen utfördes på i) groddplantor av flyghavre- och baldersbråplantor 20/3, och ii) stora flyghavre- och baldersbråplantor 16/3.

i. Elektrisk behandling av groddplantor

Effekten av elektrisk behandling testades på baldersbrå vid fyra spänningsnivåer (5, 10, 15 och 20 kV) och fyra exponeringstider (0,2 s, 0,4 s, 0,6 s, 1,2 s) med åtta upprepningar. Eftersom effekten på flyghavre var mycket drastisk redan vid de kortaste exponeringstiderna behandlades dessa plantor enbart med de två lägsta spänningsnivåerna och de två kortaste exponeringstiderna.

Vid behandlingen hade baldersbrå 4-6 örtblad och flyghavre befann sig i DC-stadium 13-21.

Vid slutskörd 18-19/4 klipptes levande ovanjordisk biomassa och torkades vid 105°C i 24 timmar innan vägning.

ii. Elektrisk behandling av stora plantor

Effekten av elektrisk behandling testades vid fyra spänningsnivåer (5, 10, 15 och 20 kV), fyra exponeringstider (0,5 s, 1,5 s, 4,5 s, 13,5 s) samt kontroll, med åtta upprepningar. Vid behandlingen var baldersbrå i tidig sträckningsfas och flyghavre befann sig i DC-stadium 32-33 med 7-10 sidoskott.

Vid slutskörd 18-19/4 klipptes, torkades och vägdes ovanjordisk vegetativ och generativ biomassa (vippor respektive blomsamlingar) separat.

Försök 2. Dos-responsförsök kvickrot

Våra hypoteser för detta försök:

- behandling med elektricitet påverkar negativt den ovanjordiska biomassan hos kvickrot
- tillräcklig dos (kombination spänningsnivå x exponeringstid) minskar även vikten hos rhizomen
- skottskjutningsförmågan hos vegetativa knoppar på rhizomernas noder påverkas negativt av elektrisk behandling
- effekten ökar med hög spänningsnivå och lång exponeringstid

Plantor av kvickrot drogs upp i växthus med start 13/9. En rhizombit med längd 7 cm och medelvikt 0,13 g (SE ±0,006) planterades på 5 cm djup i var och en av totalt 256 hinkar. Näring i form av Blomstra tillfördes vid tre tillfällen, motsvarande 23 g N m⁻². Hinkarna var placerade på vagnar som roterades 1 gång per vecka. Plantorna vattnades vid behov. Den 1/11 skördades all ovanjordisk biomassa, torkades och vägdes. Vikten från denna första skörd användes som covariabel i den statistiska analysen.

Behandlingen med elektricitet utfördes 14/11 som ett tvåfaktoriellt försök med obehandlad kontroll, tre spänningsnivåer (5, 15, 20 kV), fyra exponeringstider (0,2 s, 0,5 s, 1,5 s, 4,5 s, 13,5 s) och åtta upprepningar. Vid behandlingen befann sig kvickrotsplantorna i DC-stadium 12, och ovanjordiska biomassan hos 20 st testplantor hade en medelvikt på 0,954 g ts (SE ±0,126).

Slutskörd gjordes 6-8/12 då ovanjordisk biomassa klipptes, torkades och vägdes.

Rhizomer och rötter sköljdes rena från jord innan torkning och vägning. Från varje hink

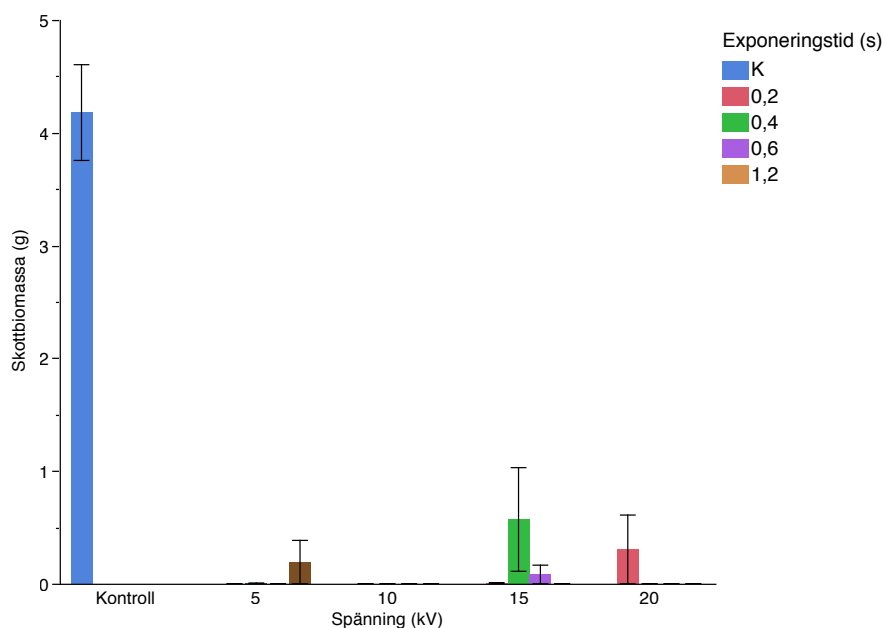
togs rhizomprover för att testa skottskjutningskapaciteten hos vegetativa knoppar; 2x10 st rhizombitar skars av med 1 cm avstånd på ömse sida om en vilande nod. Rhizombitarna lades på fuktat filterpapper i petriskålar som placerades i klimatskåp (22°C i 16 tim, 10°C i 8 tim). Avläsning av skottskjutning skedde 28/12.

Resultat och diskussion

Försök 1. Dos-responsförsök baldersbrå och flyghavre

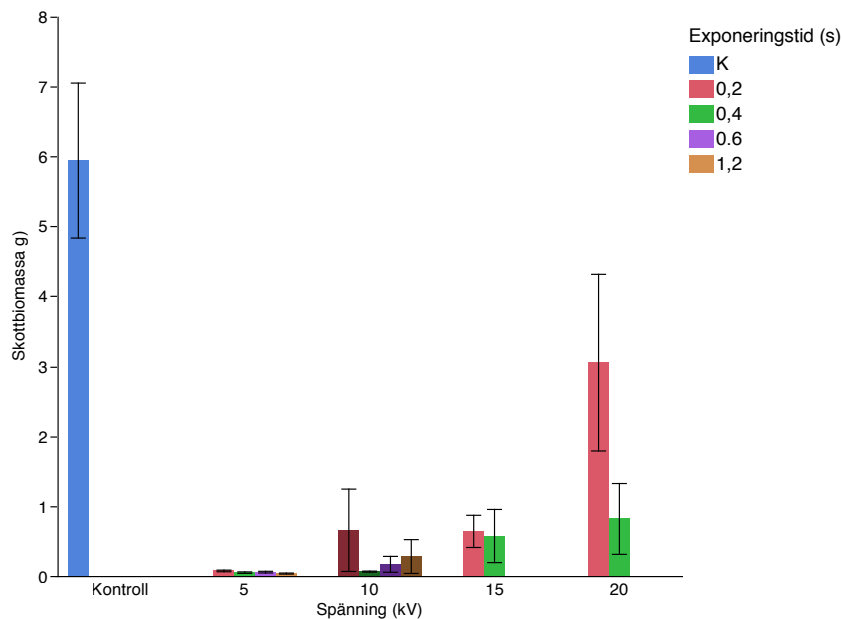
i. Elektrisk behandling av groddplantor

Alla behandlingskombinationer av spänningsnivå och exponeringstid hade mycket kraftig effekt på biomassan på groddplantor av baldersbrå, mätt 1 månad efter behandling (Figur 1). En stor del av plantorna dog kort efter behandlingen, speciellt vid de låga spänningsnivåerna. Samtliga behandlingar var signifikant skilda från kontrollen ($p < 0,0001$), men det var ingen skillnad mellan olika exponeringstider eller spänningsnivåer ($p = 0,3651$).



Figur 1. Effekt av elektrisk behandling på skottbiomassa (\pm SE) av groddplantor av baldersbrå.

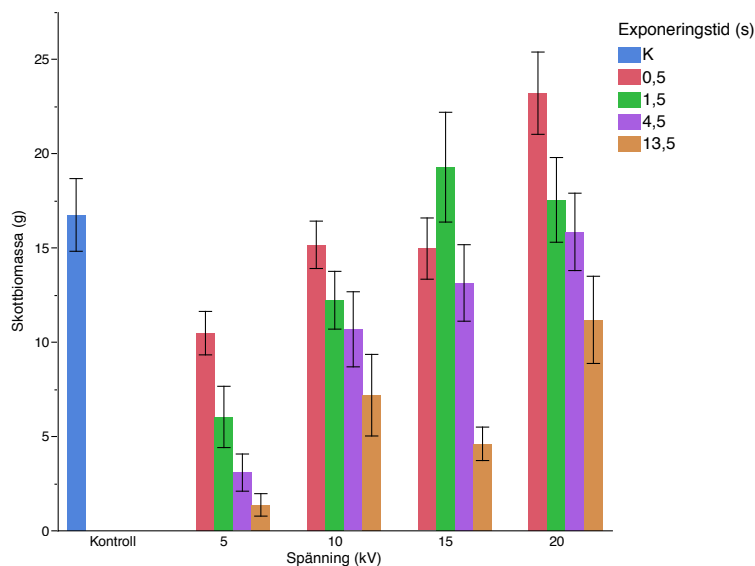
Groddplantorna av flyghavre vek sig omedelbart efter behandling med elektricitet, och brändes i vissa fall av. Obehandlade plantor hade större skottbiomassa än de som behandlats med 5 och 10 V, oavsett exponeringstid (Figur 2). Däremot skilde de sig inte från behandling med 15 och 20 kV. Effekten ökade med minskad spänningsnivå ($p = 0,0052$) i en analys med enbart exponeringstiderna 0,2 och 0,4 s.



Figur 2. Effekt av elektrisk behandling på skottbiomassa (\pm SE) av groddplantor av flyghavre. Exponeringstiderna 0,6 och 1,2 s testades ej vid 15 och 20 kV.

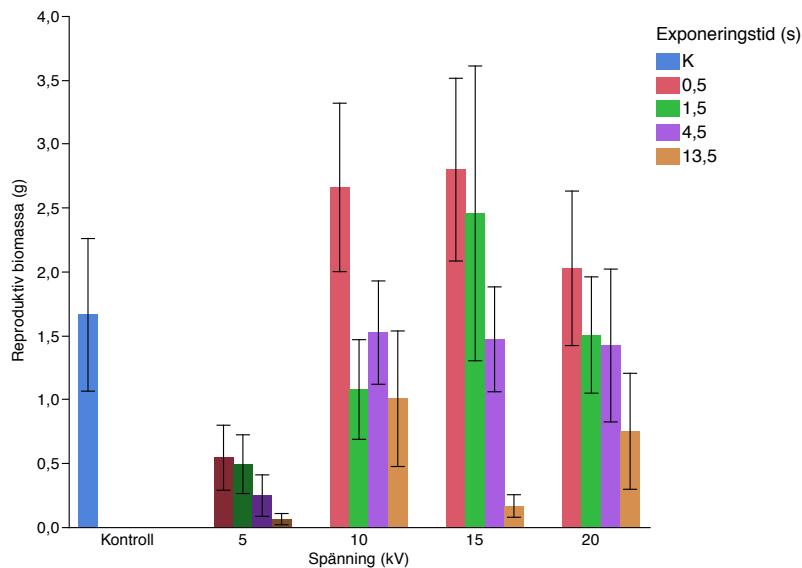
ii. *Elektrisk behandling av stora plantor*

Effekten på stora baldersbråplantor ökade med minskad spänningsnivå och ökade också med längre exponeringstid ($p < 0,0001$ i båda fallen). Plantor som behandlats med 5 V i 4,5 eller 13,5 s producerade mindre vegetativ ovanjordisk biomassa än kontrollen ($p \leq 0,0007$) och flertalet av de andra behandlingskombinationerna (Figur 3).



Figur 3. Effekt av elektrisk behandling på skottbiomassa (g/planta \pm SE) av stora baldersbråplantor.

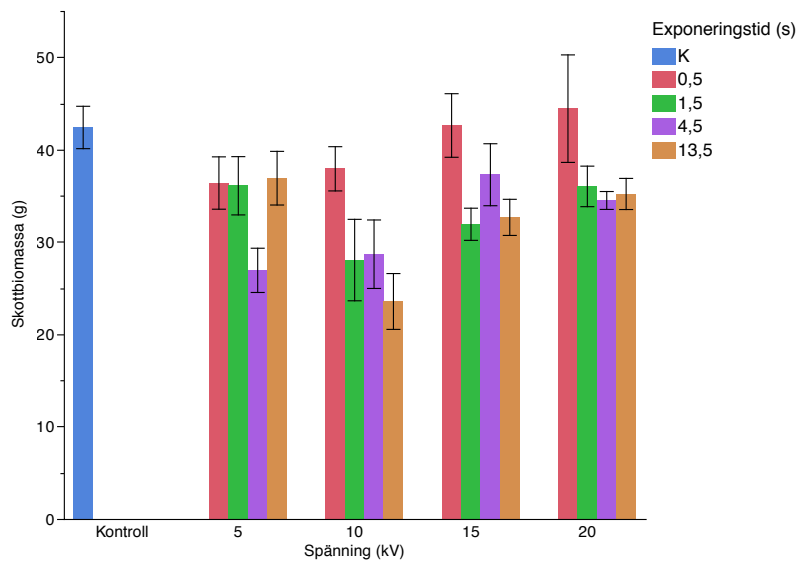
Effekten på den reproduktiva biomassan var snarlik, med ökad effekt vid minskande spänning ($p \leq 0,0005$) och med längre exponeringstid ($p < 0,0001$). Kontrollen var inte sign skild från andra behandlingar, men lägsta spänning i kombination med längsta exponeringstiden (5V respektive 13,5 s) gav lägre biomassa än behandling kort tid vid övriga spänningsnivåer (Figur 4).



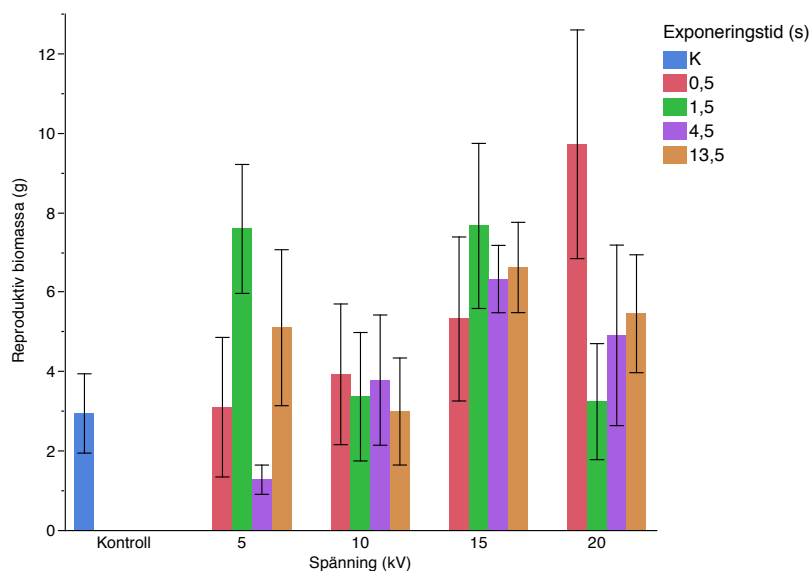
Figur 4. Effekt av elektrisk behandling på reproduktiv biomassa (g/planta \pm SE) av stora baldersbråplantor.

Behandlingseffekten på stora flyghavreplantor var mindre markant än på baldersbrå, och kontrollen skilde sig inte från övriga behandlingar. Analysen visade på en svag ökad effekt på skottbiomassa med minskad spänningsnivå ($p=0,0392$), men enda signifikanta skillnaden hittades mellan kombinationerna 5V/4,5 s och 20V/0,5s (Figur 5).

Analysen av effekten på den reproduktiva biomassan (flyghavrens vippor) visade på stor variation, och kunde inte påvisa några skillnader mellan behandlingarna (Figur 6).



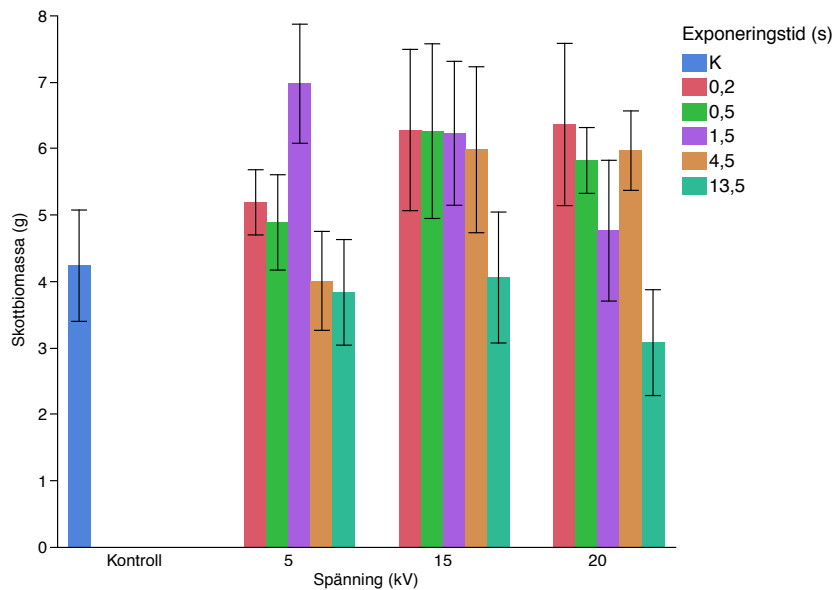
Figur 5. Effekt av elektrisk behandling på skottbiomassa (g/planta ± SE) av stora flyghavreplantor.



Figur 6. Effekt av elektrisk behandling på reproduktiv biomassa (g/planta ± SE) av stora flyghavreplantor.

Försök 2. Dos-responsförsök med kvickrot

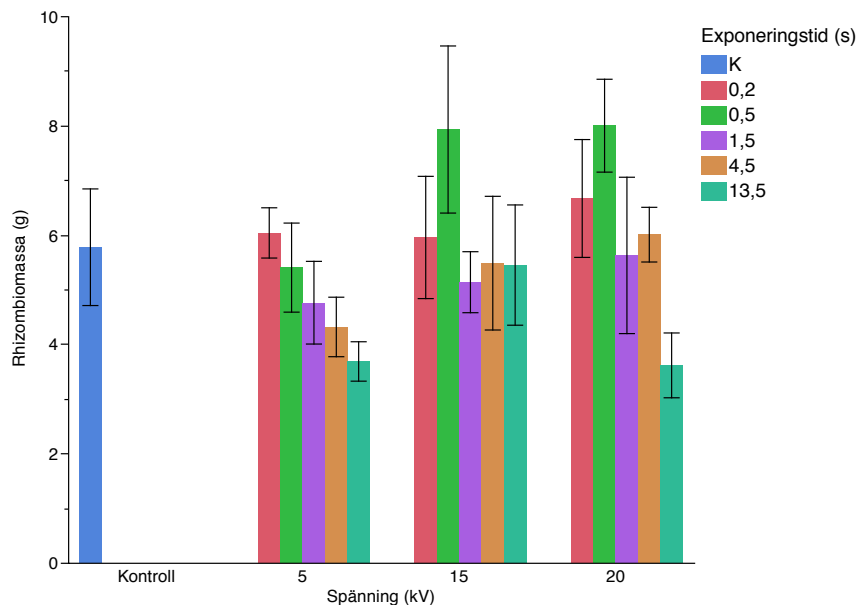
Skottbiomassan påverkades inte av olika spänningsnivåer, men däremot ökade effekten vid längre exponeringstider ($p=0,0197$); 13,5 s hade bättre effekt än 0,5 och 1,5 s. Parvisa jämförelser visade inte på någon skillnad mellan olika behandlingskombinationer (Figur 7).



Figur 7. Effekt av elektrisk behandling på skottbiomassa (g/kruka \pm SE) av kvickrot.

För rhizombiomassan var resultatet snarlikt. Effekten ökade med exponeringstiden ($p=0,0036$); 13,5 s hade bättre effekt än 0,5 s (Figur 8).

Vad gäller skottskjutningsförmågan hos isolerade knoppar från rhizomernas noder fanns det inga påvisbara effekter av vare sig spänningsnivå eller exponeringstid, och ingen behandlingskombination skilde sig från obehandlade plantor.



Figur 8. Effekt av elektrisk behandling på rhizombiomassa (g/kruka \pm SE) av kvickrot.

Slutsatser

Effekten på annuella ogräs i tidiga utvecklingsstadier är mycket kraftig, och flertalet plantor dog även vid kortaste exponeringstiden (0,2 s) och lägsta spänningen (5 kV). Troligen är det möjligt att ytterligare minska exponeringstiden vilket skulle skapa större möjligheter för praktisk tillämpning. Även stora plantor av baldersbrå blev tydligt påverkade. Behandling med låg spänning gav bättre bekämpningseffekt än hög spänning, troligen beroende på att strömstyrkan minskar när spänningen höjs. För kvickroten var effekten mindre, även om vissa av behandlingskombinationerna minskade framförallt rhizomtillväxten. Inte heller visade behandlingen någon effekt på skottskjutningsförmågan hos rhizomens underjordiska knoppar. Det är möjligt att en mer optimal placering av elektroderna (rätt placering av spänningsskillnaden) kan underlätta flödesvägen genom rot/rhizom och därmed öka effekten ytterligare. Ett pilotförsök med åkertistel, där en behandling med 20 kV i 10 s dödade roten effektivt, indikerar en sådan potential.

Nytta för näringen och rekommendationer

Detta ettåriga projekt har visat att det finns en potential i den använda tekniken att bekämpa åkerogräs med elektricitet. Det gäller framförallt annuella ogräs där vi har visat att det finns underlag för att göra mer fältmässiga studier med olika typer av elektroder och redskapsbärare. Arbetsgruppen anser dock att det finns stor anledning att närmare studera möjligheten att förstöra rötter och rhizomer hos perenna ogräs. En fortsättningsansökan skickades in till SLF:s utlysning 2018 med denna inriktning. Minskad tillgång till herbicider, inte minst genom ett eventuellt förbud mot användning av glyfosat, och negativa miljöeffekter av bearbetande bekämpning medför att det finns ett stort behov av alternativa bekämpningsmetoder. Eventuellt kan elektrisk bekämpning vara en del av lösningen.

Del 3: Resultatförmedling

Vetenskapliga publiceringar	Planerad vetenskaplig publicering under 2018/19: "Killing weeds with electricity – potential for an alternative non-chemical method"
Övriga publiceringar	Planerat faktablad
Övrigt	Kommande posterpresentation på Nationella Växtskyddskonferensen 14-15 november 2018: "Elektrisk bekämpning av ogräs – alternativ icke-kemisk metod"