



Ångning av jord i smala band

- Preliminär version -

David Hansson & Sven-Erik Svensson



Slutrapport i FoU-projekt 25-1327-03 ” Ångning i smala band för att kontrollera ogräs i radodlade ekologiska grödor”

SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Kompendium 2006:1

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Landscape Management and Horticultural Technology

I denna serie publiceras rapporter från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik vid SLU Alnarp.

This is a publication from the Department of Landscape Management and Horticultural Technology at the Swedish University of Agricultural Sciences in Alnarp.

En lista på publicerade rapporter i serien finns på institutionens hemsida.

The issues in this series of publications are listed at the homepage.

David Hansson, Agronomie doktor, Hortonom. Han har under flera år forskat och bedrivit försöksverksamhet inom områdena ogräsbekämpning i ekologisk odling och integrerad produktion. Han är även verksam inom området ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor med hetvatten, ånga, ättiksyra och mekanisk bekämpning.

Sven-Erik Svensson, Universitetsadjunkt, Civilingenjör. Han har under många år bedrivit försöksverksamhet och undervisning inom området ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor med flamning, borstning, harvning och ättiksyra. Han är även verksam inom områdena ogräsbekämpning i integrerad och ekologisk odling av radodlade grödor.

SLU
P.O. Box 66
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN
Phone: +46 40 415000 (operator)
www.lt.slu.se

Sammanfattning

Under åren 2003 - 2005 genomförde Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik försök med ångning av jord i smala band före sådd av radodlade grödor (ekologiska sockerbeter, morötter och rödlök).

Vid ångbehandlingen värms jorden upp till ca 85°C, för att ge en 90 procentig ogräsbekämpningseffekt. När jorden svalnat kan grödan, t.ex. sockerbeter, lök, morot eller palsternacka, sås i det ”ogräsfria” bandet. Ångbehandlingen ger kulturen ett stort försprång gentemot ogräsen, vilket leder till större konkurrensförmåga än om sådd sker i ej ångad jord. Ångning med tillräckligt höga doser gör det möjligt att radikalt minska det manuella handresningsarbetet och minska behovet av andra termiska eller mekaniska bekämpningsmetoder. Metoden gör det även möjligt med ekologiskt odling av morot, palsternacka och lök m.m. i dubbel- och trippelrad. Fältets produktionsförmåga kan därmed utnyttjas bättre än om odling sker i enkelrader.

Alla försök som utfördes var placerade på sandiga jordar i sydöstra Skåne i närheten av Kåseberga, Löderup. Försöken utfördes med en dieseldriven ångningsutrustning (Regero) från RJ Maskiner, Bjuv. Den upphettade ångan leds ned till nio appliceringsaggregat. Varje aggregat behandlar ett 105 mm brett och 50 mm djupt band. Den totala arbetsbredden är 5,1 m. Mängden ånga per ha och därmed temperaturen i det ångade bandet samt dieseloljeförbrukningen varierades med traktorns körhastighet (från ca 200 till ca 370 m/h).

Resultat från försöken 2003 - 2005 visar att ångmetoden är effektiv mot fröogräs, bl.a. bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby), nattskatta (*Solanum nigrum*, L.), korsört (*Senecio vulgaris*, L.), våtarv (*Stellaria media* L.) och svinmålla (*Chenopodium album*, L.), då jorden värms upp till 85-90°C.

Med Stockholmsgårdens utrustning som bygger på en ånggenerator på ca 700 kW och ett ångat band på 105 mm blir arbetsbehovet vid ångningen ca 8 h/ha. Under dessa förutsättningar uppnås en tillräcklig bekämpningseffekt där 90 % av ogräsen bekämpas. Försöken under 2005 visade att det behövdes ca 82°C i maximumtemperatur mitt i det ångade bandet på 40 mm djup för att reducera antalet ogräs med 90 %. Det motsvaras av en dieselförbrukning på 580 L/ha (eller ca 1500 kg havre/ha om utrustningen konverteras till spannmålseldning). Höjs maximumtemperaturen till 92°C kan antalet ogräs reduceras med 95 %. Det motsvaras av en dieselförbrukning på 690 L/ha (eller ca 1700 kg havre/ha).

Under 2005 utfördes flera tidsstudier för att undersöka handresningsbehovet efter ångning. Ett fält såddes med sockerbeter och flammades strax före grödans uppkomst. Ogräset i raden handhackades bort vid två tillfällen, 6 och 9 veckor efter ångningen. Efter ångningen och en efterföljande flambehandling (strax för sockerbetornas uppkomst) blev det totala handhackningsbehovet i sockerbetorna; 32 h/ha vid ångning med 650 L diesel/ha och 47 h/ha vid 580 L diesel/ha. Det kan jämföras med 132 h handhackning per ha på ej ångade parceller som flambehandlats före grödans uppkomst. När kulturer sås i dubbel- resp. trippelrader måste ångbehandlingen vara kraftigare jämfört med kulturer som sås i enkelrader (t.ex. sockerbeter) för att minska handresningsbehovet till samma nivå. Detta visades i tidsstudier om handresningsbehovet i morot. Studien visade att det är betydligt svårare och mer tidskrävande att rensa bort ogräset i en dubbel- resp. trippelrad jämfört med enkelrad.

Ångningen av jord i smala band i ekosockerbetor år 2004 och 2005 visade sig även ha en positiv effekt på uppkomsten av antalet sockerbetsplantor. Ångbehandlingen påverkade de i jorden levande hoppstjärtarna, vilket resulterade i 150 % bättre plantuppkomst i den ångade jorden år 2004 och 10 % år 2005. Ångning av jord i smala band är en betydligt energisnålare metod än om hela såbädden värms upp med ånga före sådd. Metoden bedöms även vara ett alternativ i konventionell odling där kemisk bekämpning av någon anledning inte kan användas. Ångningsutrustningen som använts i försöken drivs med fossilt bränsle. Det är dock möjligt att konvertera utrustningen till förnyelsebara energikällor som RME och troligen även till bränslekärna såsom havre eller korn.

Innehållsförteckning

INTRODUKTION	1
MATERIAL OCH METOD GEMENSAM FÖR FÖRSÖKSÅREN 2003-2005	3
<i>Statistik bearbetning</i>	3
FÖRSÖKSÅRET 2003	4
MATERIAL OCH METOD	4
<i>Ångning i sockerbetor</i>	4
<i>Temperaturmätning i jord under ångningsförloppet</i>	4
RESULTAT OCH DISKUSSION	5
FÖRSÖKSÅRET 2004	6
MATERIAL OCH METOD	6
<i>Ångning i sockerbetor</i>	6
<i>Orienterande försök med simultan sådd 2004</i>	7
RESULTAT OCH DISKUSSION	9
<i>Ångning i sockerbetor</i>	9
<i>Orienterande försök med simultan sådd 2004</i>	12
FÖRSÖKSÅRET 2005	14
MATERIAL OCH METOD	14
<i>Ångning i sockerbetor</i>	14
<i>Ångning i morot</i>	14
<i>Ångning i rödlök</i>	15
RESULTAT OCH DISKUSSION	15
<i>Ångning i sockerbetor</i>	15
<i>Ångning i morot</i>	17
<i>Ångning i rödlök</i>	18
EKONOMISK BEDÖMNING AV ÅNGMETODEN	18
KONVERTERING AV ÅNGUTRUSTNING TILL FÖRNYELSEBARA ENERGIKÄLLOR	20
AVSLUTANDE DISKUSSION	20
REFERENSER	22
BILAGA 1	24
TEKNISKA MÖJLIGHETER ATT STYRA SÅMASKINEN I DE ÅNGADE BANDEN	24

Introduktion

Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp, genomförde under åren 2003, 2004 och 2005 försök med ångning av jord i smala band före sådd av radodlade ekologiska grödor. Under de två första åren utfördes försök i ekologiska sockerbetor. Det sista året utfördes försök i ekologiska sockerbetor, lök och morot. Försöken har genomförts i samarbete med Stockholmsgården, Löderup och finansierats av Jordbruksverket.

För att lyckas med ekologisk odling är det avgörande att ogräsen effektivt kan bekämpas. För radsådda grönsaker finns det idag teknik som klarar av att bekämpa ogräs som växer mellan raderna, t.ex. med hjälp av en precisionsradhacka. Det saknas dock teknik för effektiv bekämpning av ogräs som växer inne i raderna, även om en ogräsrobot kan vara på gång i sockerbetor och andra radodlade grödor med stora plantavstånd (Åstrand, 2005). De grödor som är mest konkurrensutsatta för ogräs är de direktsådda och långsamtgroende radodlade grödorna som t.ex. morot, palsternacka, rödbeta, lök, purjolök och dill (Jönsson, 2001). Dessa kulturer har ett litet plantavstånd och de sås ofta i dubbel- eller trippelrader. Handhackning och handresning är metoder som man får ta till i ekologisk odling för att bekämpa ogräsen i raden. Det är av stor vikt att detta manuella arbete reduceras i ekologiska kulturer. Kostnaden är mycket hög och det är svårt att få tillräckligt kvalificerad och motiverad arbetskraft till uppgiften. I traditionell ekologisk odling behövs under den första delen av kulturtiden ett flertal effektiva ogräsbehandlings- och bekämpningsmetoder. Ångbehandling med en relativt långvarig ogräsbekämpningseffekt leder till ett minskat väderberoende. För att lyckas med ogräsbekämpning krävs det att de utförs vid rätt tidpunkt, vilket inte är möjligt under svåra väderleksförhållande t.ex. våta regniga vårar (Melander & Jørgensen, 2005). Ångning av jord i smala band innebär att ett färre antal ogräsbekämpningar behöver utföras under säsongen, vilket leder till ett minskat väderberoende ur ogräsbekämpningssynpunkt.

Upprepad radhackning är en metod som ger en mycket effektiv bekämpning av ogräset mellan raderna oberoende av antalet ogräs och vilka ogräsarter som förekommer. Utveckling av radhackor under senare år har också gjort det möjligt att hacka nära raden, med mycket stor precision, men ogräs som växer inne i raden går ej att bekämpa. Ogräsbekämpningen kan alltså inte klaras med enbart radhackning utan den måste kombineras med andra metoder (Gustavsson & Nilsson, 1998). Inte ens om radhackan utrustas med s.k. skrappinnar löses ogräsproblemen inne i raden, eftersom denna teknik endast är användbar i vissa kulturer som ej är känsliga för mekaniska skador när de nått ett visst utvecklingsstadium. Exempel på en gröda där denna teknik fungerar är sockerbetor. Ett annat exempel där detta bör fungera är olika kålväxter.

Det finns dock några olika typer av redskap för mekanisk ogräsbekämpning i raden. Idag tillämpas bl.a. ogräsharvning i växande kulturer och blindharvning d.v.s. ogräsharvning mellan sådd och grödans uppkomst. Harvning har vissa nackdelar, ibland lockar den t.ex. nya ogräs att gro. För att blindharvning ska kunna genomföras med bra resultat krävs det ett jämnt fält och att behandlingen utförs vid rätt tidpunkt (fem och nio dagar efter sådd av sockerbetor beroende på väder) (Gunnarsson, 2000). Med blindharvning i sockerbetsodling är det möjligt att uppnå ogräseffekter på omkring 30 % (Hallefält *et al.*, 1997).

Flamning före grödans uppkomst är ett alternativ till blindharvning. Liksom blindharvning har metoden sina nackdelar. Den ger endast effekt på uppkommet ogräs. Fördelen med flamning är att jorden lämnas orörd och därmed är risken mindre för att locka nya ogräs att gro

(Gunnarsson, 2000). Ogräsborstar arbetar på ca 20 mm djup och har bäst effekt på ogräs i ett tidigt utvecklingsstadium (Fogelberg, 1998).

Kontrollerade laboratorieförsök har gjorts i Danmark för att studera vilken ogräsbekämpningseffekt som ånga i smala band har på ogräs. Metoden visar sig ha en stor utvecklingspotential och den bedöms vara en alternativ metod där kemisk bekämpning inte kan användas. Vid behandlingen med ånga värms jorden upp till ca 70°C i smala band (Melander *et al.*, 2002) och till ett djup av 40-50 mm. Uppvärmning av jorden till detta djup är oftast tillräckligt för att bekämpa de mest förekommande fröogräsen (Melander & Jørgensen, 2005). I fält krävs en jordtemperatur på ca 90°C för att få samma goda ogräseffekt som i laboratorieförsöken (Jørgensen *et al.*, 2003). Körhastigheten är för en enkelradig demonstrationsmodell 2-3 km/h (Christensen, 2003). Det motsvarar en kapacitet på 0,10-0,15 ha/h. Denna typ av ångning av jord i ca 80 mm smala band är en betydligt energisnålare metod, 300-350 L diesel/ha (Kristensen *et al.*, 2002; Melander *et al.*, 2004), än när hela jordbäddar värms upp med ånga till 150-200 mm djup med en dieselförbrukning på ca 2500-3500 L/ha (Anonym, 2000). En italiensk maskin för ångning av hela jordbäddar ned till 200 mm djup har en dieselförbrukning på ca 5000 L/ha och en kapacitet på ca 200 m²/h (Bårberi, pers. medd., 2002; Peruzzi *et al.*, 2002). Italienska försök med samma maskin visar att det är möjligt att minska energianvändningen om man i samband med behandlingen tillsätter CaO eller KOH (Moonen *et al.*, 2002). Regero i Frankrike har utvecklat en ångutrustning för jordbehandling. Vid behandlingen av jorden står maskinen still, därefter kör den fram en bit för att behandla nästa del av fältet (White *et al.*, 2000). Denna typ av utrustning har testats i Norge. Där var dieselförbrukningen ca 5600 L/ha och kapaciteten var ca 130 m²/h (Sjursen *et al.*, 2003).

I Danmark och England är ångning av hela bäddar inte tillåtet i den ekologiska odlingen p.g.a. den höga energianvändningen och att mikroorganismerna dör i en stor del av jorden (Melander & Jørgensen, 2005).

På (Jordbrugsteknik, Forskningscenter), Bygholm i Danmark har man utvecklat en ny typ av ångapplikator tillsammans med en dansk firma (Carl Oluf Madsen Specialmaskiner, Hansted Mølle, Danmark). Denna ångapplikator bedöms kunna minska energianvändningen betydligt vid ångning i smala band jämfört med traditionella applikatorer (Jørgensen pers. medd., 2003). Carl Oluf Madsen har under 2005 i samarbete med en dansk morotsodlare vidareutvecklat utrustningen till en 4-radig modell (Kristensen, pers. medd., 2006).

Material och metod gemensam för försöksåren 2003-2005

Alla försök med ångning av jord i smala band var placerade på sandiga jordar i sydöstra Skåne i närheten av Käseberga, Löderup.

Vid ångbehandlingen värmdes jorden upp till 80-90°C i smala band. När jorden svalnat såddes grödan i det ångade ”ogräsfria” bandet. Försöken utfördes med en ångutrustning som består av ångapplicatorer som har utvecklats och byggts av Stockholmsgården samt en 700 kW dieseldriven ånggenerator från Regero (RJ Maskiner, Bjuv) (Figur 1). Ångutrustningens vattenförbrukning är ca 15 liter per liter diesel. Den upphettade ångan leds ned till nio appliceringsaggregat utvecklade av Stockholmsgården. Varje aggregat behandlar 105-140 mm brett (beroende på inställning) och 50 mm djupt och arbetsbredden är 5,1 meter. För att fördröja avkylningen av jorden efter ångbehandlingen har eftersläpande dukar 1,3 m långa (1 duk för 3 aggregat) fästs på appliceringsaggregaten. Mängden ånga per ha och därmed temperaturen i det ångade bandet samt dieselförbrukningen per ha varierades med traktorns körhastighet. I alla experiment fanns ett kontrollband. I detta led drogs applicatorerna fram i jorden på samma sätt som vid ångbehandlingen men med avstängt ångflöde. Jordprover togs i samband med ångbehandlingen för att bestämma vattenhalten i jorden.



Figur 1. Stockholmsgårdens utrustning för ångning av jord i smala band före sådd av radodlade grödor.

Statistik bearbetning

Försöket delades upp som randomiserade blockförsök med fyra upprepningar. Statistisk bearbetning av resultaten gjordes i första hand med dos-responsanalys (Hansson & Mattsson, 2003). Där det ej var möjligt att anpassa värdena till ett dos-responsförhållande utfördes den statistiska bearbetningen med ANOVA och LSD-metoden (Least Significant Difference).

Lack-of-fit test utfördes i försöket med sockerbeter för att analysera om bekämpningseffekten var olika för de olika ogräsrarterna.

På grund av att observationerna av bågarnattskatta och nattskatta år 2004 ej var normalfördelade analyserades datamaterialet med den icke parametriska testen ”Friedmans test”.

Alla statistiska beräkningar utfördes med statistikprogrammet SPSS.

Försöksåret 2003

Material och metod

Ångning i sockerbetor

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: 1 kontroll, 3 energidoser: 560, 640, 760 L diesel/ha, vilket motsvaras av 20200, 23000, 27400 MJ/ha. Försöket utfördes i ett fält med ekologiskt odlade sockerbetor och det var placerat i två intilliggande sådrag. Varje sådrag var 5,1 m brett och bestod av nio rader. Alla parceller var 13 m långa.

Försöket utfördes den 28/4 på en sandjord fri från jordkokor och med en vattenhalt på ca 5,5 % samt en jordtemperatur på 15-16°C på 40 mm djup. Vid ångningen av fältet var lufttemperaturen 10-12°C, det var soligt och vindhastigheten 6 m/s.

Vid ångbehandlingen värmdes jorden i nio smala band på 140 mm bredd och 50 mm djup. Ogräseffekten studerades vid olika doser av ånga. Mängden ånga per ha och därmed temperaturen i det ångade bandet varierades med traktorns körhastighet från ca 200 till 280 m/h. Några timmar efter behandlingen såddes sockerbetor i det ”ogräsfria” bandet med en vanlig precisionssåmaskin.

Jordtemperaturen mättes med termoelement under ångbehandlingen. Termoelementen (0,5 mm, typ-T bestående av koppar - konstantan) var kopplade till en portabel digital termometer. Termoelementen placerades på ca 40 mm djup mitt i det 140 mm breda ångade bandet. Jordtemperaturen avlästes manuellt från instrumentets display.

Ogräsavläsningen utfördes den 3/6 d.v.s. 36 dagar efter ångningen. Antalet ogräs och ogräsvikten avläses i en ram (0,1 m × 1,25 m) som placerades 2 gånger i varje parcell i såraden.

De mest förekommande ogräsen var korsört (*Senecio vulgaris* L.), bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby), nattskatta (*Solanum nigrum* L.), svinmålla (*Chenopodium album* L.) och åkerbinda (*Fallopia convolvulus* L.).

Temperaturmätning i jord under ångningsförloppet

Temperaturmätningar i jorden utfördes den 19/9 vid ångbehandling med Stockholmsgårdens utrustning. Försöket utfördes på en sandjord fri från jordkokor och med ca 8,7 % vattenhalt och 17-19°C jordtemperatur på ca 40 mm djup. Vid ångningen av fältet var lufttemperaturen 20°C, det var molnigt och vindhastigheten ca 6 m/s.

Vid ångbehandlingen mättes temperaturförändringen och temperaturfördelningen i jorden med 9 termoelement (0,5 mm, typ-T). De grävdes ner i jorden på tre positioner, mitt i bandet och i bandets ytterkanter (± 30 mm från mitten av bandet) och på tre djup (från 30 mm till 105 mm). Därefter ångades jorden i smala band.

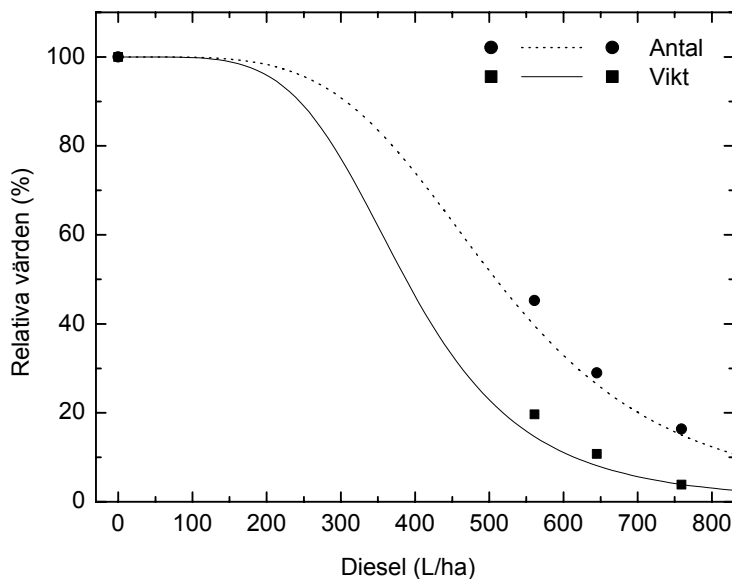
Temperaturmätningar utfördes i 105 mm breda ångade band vid en dieselförbrukning på ca 650 L/ha och i 140 mm breda ångade band vid en dieselförbrukning på ca 290 L/ha.

Resultat och diskussion

För att reducera ogräsvikten med Stockholmsgårdens ångutrustning med 90 % behövdes det ca 610 L diesel/ha (ED90) och för att reducera antalet ogräs med 90 % behövdes det ca 850 L diesel/ha (LD90) (Figur 2). Det motsvarades av en körhastighet på ca 220 m/h vid ED90 resp. ca 180 m/h vid LD90.

Energianvändningen per ångbehandlad ytenhet vid LD90 var $0,342 \text{ L diesel/m}^2 = \text{ca } 3,4 \text{ kWh/m}^2 = \text{ca } 12 \text{ MJ/m}^2$.

Resultaten från 2003 visar att Stockholmsgårdens ångningsutrustning ger en signifikant bekämpningseffekt på korsört och svinmålla. Det var inte möjligt att i detta försök påvisa en signifikant bekämpningseffekt på nattskatta, bågarnattskatta och på åkerbinda.

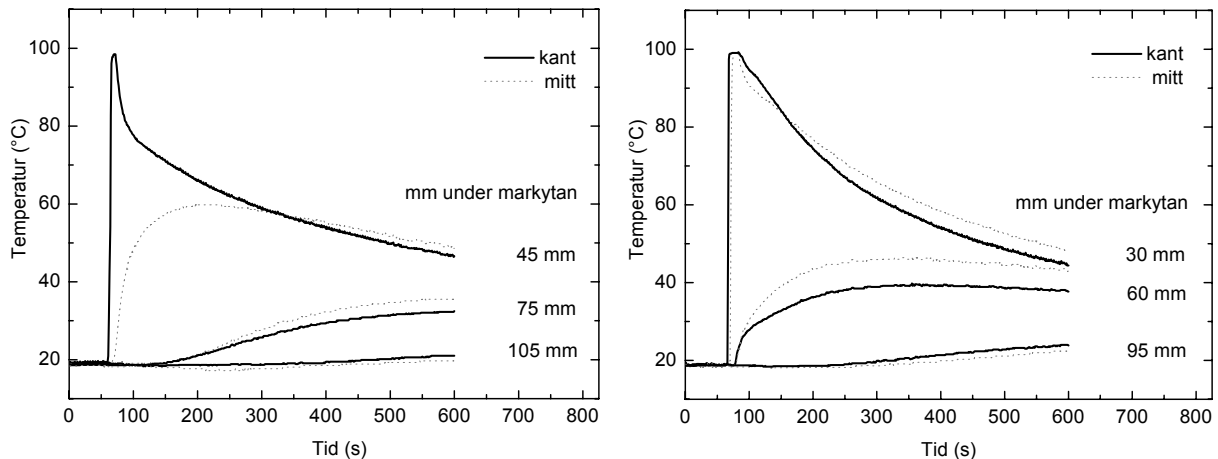


Figur 2. Effekten av ångning av jord i 140 mm band på antalet ogräs och ogräsvikten (relativt 100 för antal = 318 st/m², relativt 100 för vikt = 203 g/m²) 36 dagar efter ångning. Punkterna i diagrammet är ett medeltal av fyra upprepningar.

Metoden visar sig ha en stor potential genom att radikalt minska det dyra manuella ogrärensningssarbetet i ekologisk odling. Ångbehandlingen vid en diesel förbrukning på ca 640 L/ha gjorde det möjligt att minska antalet timmar för handhackning från ca 110 h/ha till ca 60 h/ha (Lars Larsson pers. medd., 2003). Ångbehandlingen gav grödan ett försprång gentemot ogräsen, vilket gav grödan en större konkurrensförmåga jämfört med om sådden utfördes i ej ångad jord.

Temperaturmätningar som utfördes vid ångbehandlingen (diesel förbrukning ca 650 L/ha) av jorden i ett 105 mm brett band visar på en ojämn temperaturfördelning tvärs det ångade bandet. Temperaturen i jorden på 40-50 mm djup uppnådde ej 70°C. Temperaturen var dock jämnare fördelad i de ytligare delarna av det ångade bandet (30 mm) (diesel förbrukning ca 650 L/ha) (Figur 3). Temperaturfördelningen var generellt mer ojämnt fördelad vid ångning i 140 mm breda band jämfört med ångning i 105 mm breda band.

På djupare delar av det ångade bandet blev temperaturen som lägst mitt i bandet, d.v.s. på den del av bandet där grödan sås och där problemen med att bekämpa ogräs är som störst. En otillräckligt ångbehandling leder till att ogräsen endast dödas i de ytligare delarna av jorden. Frön som har förmåga att gro från djupare delar av jorden kommer med en viss fördröjning att gro och växa upp genom det ångade jordlagret.



Figur 3. Jordtemperaturen i kanterna och i mitten av det ångade bandet på olika djup. Ett band på 105 mm behandlades vid en dieselförbrukning på ca 650 L/ha. (Temperaturmätningarna påbörjades strax före ångutrustningen passerade termoelementen).

Med Stockholmsgårdens utrustning som bygger på en ånggenerator på ca 700 kW blev arbetsbehovet för ångbehandlingen år 2003 ca 11 h/ha för att uppnå en tillräcklig bekämpningseffekt där högst 10 % av ogräsen överlever ångningen.

Försöksåret 2004

Material och metod

Ångning i sockerbetor

Vid ångbehandlingen värmdes jorden upp av 9 appliceringsaggregat som vardera behandlade 105 mm brett och 50 mm djupt. Den totala arbetsbredden var 5,1 m. Mängden ånga per ha och därmed temperaturen i det ångade bandet samt dieselförbrukningen per ha varierades med traktorns körhastighet från ca 200 till ca 370 m/h (det motsvarar en kapacitet på 0,10-0,19 ha/h).

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: 1 kontroll, 3 energidoser (390, 520, 720 L diesel/ha). Försöket utfördes i ett fält med ekologiskt odlade sockerbetor och det var placerat i två intilliggande sådrag. Varje sådrag var 5,1 m brett och bestod av nio sårader. De behandlade parcellerna var 15 m långa och kontrolleret var 5 m långt.

Vid ångningen av fältet den 27/4 var lufttemperaturen 7-10°C, det var molnigt med några regnstänk och vindhastigheten mer än 3 m/s. Vattenhalten i jorden var 6,3 % (standardavvikelse (SD) = 0,09) och jordtemperaturen var 10,7°C på 40 mm djup.

Jordtemperaturen mättes med termoelement för att studera temperaturens inverkan på bekämpningsresultatet. Varje temperaturmätning påbörjades genom att sticka ned termoelement strax efter att aggregatet inklusive den eftersläpade duken hade passerat en given punkt i det ångade bandet (d.v.s. ca 30 s efter det att ångbehandlingen hade påbörjats vid energidos 390 L diesel/ha, ca 45 s vid 520 L diesel/ha och ca 60 s vid 720 L diesel/ha). Termoelementen (0,5 mm, typ-T) var kopplade till en AAC-logger (Intab Interface-Teknik AB, Sverige) som registrerade jordtemperaturen en gång per sekund. De nio termoelementen placerades på tre positioner, mitt i bandet och i bandets ytterkanter (± 35 mm från mitten av bandet) och på tre djup (20, 40 och 60 mm).

Fältet såddes den 29/4 med 8 antal frön per löpmeter (lpm). Ogräsavläsningen utfördes den 28/5 d.v.s. 31 dagar efter ångningen. Antalet ogräs avlästes i en ram (0,1 m × 1,25 m) som placerades 2 gånger i varje parcell i såraden.

De mest förekommande ogräsen var svinmålla (*Chenopodium album*, L.), nattskatta (*Solanum nigrum*, L.) och bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby) och våtarv (*Stellaria media* L.).

Effekten av flamning med en bandflammarer (0,24 m brett band) på ej ångade ytor studerades i ett intilliggande försök (på samma sockerbetsfält) med 4 upprepningar. Fältet såddes samtidigt som försöket med ångning av jord i smala band och flammades 7/5 d.v.s. strax före grödans uppkomst. Gasolförbrukningen var 33 kg/ha.

Orienterande försök med simultan sådd 2004

Följande studier har utförts för att studera möjligheten till simultan sådd i samband med ångning:

- Kulturväxters värmetålighet vid ångning av hela bäddar
- Temperaturmätningar i det ångade bandet

Ångning av hela bäddar

På Hvilans Naturbruksgymnasium vid Åkarp utfördes ett orienterande försök med ångning av hela bäddar med en 775 kW dieseldriven ångutrustning från Regero. Vid behandlingen av jorden står maskinen still och därefter körs den fram en bit för att behandla nästa del av fältet. Utrustningen bestod av 3 ångapplicatorer som var 1 m breda och 4 m långa (Figur 4). Med denna utrustning testades ogräsbekämpningseffekten på naturligt förekommande ogräs och olika kulturväxtfröns värmetålighet. På så sätt utvärderades vilka kulturväxter som har potential att användas vid simultan ångning och sådd.

De mest förekommande ogräsen var åkerveronika (*Veronica agrestis* L.), svinmålla (*Chenopodium album* L.), åkerpilört (*Polygonum persicaria* L.) och rödplister (*Lamium purpureum* L.).

I försöket studerades 4 fröslag: lök (*Allium cepa*, sort: Hyskin F1), majs (*Zea mays*, sort Seneca Horizon F1), pelleterade palsternacksfrön (*Pastinaca sativa*, sort White Gem) och nakna palsternacksfrön (*P. sativa*, sort Gladiator). Strax före ångbehandlingen lades fröna i tunna tygpåsar och (i alla parceller) i ett av blocken placerades påsarna i jorden på 30 mm djup.

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: 1 kontroll, 4 energidoser per ångbehandlad ytenhet (1800, 4600, 6400, 8200 L diesel/ha). Mängden ånga samt dieselförbrukningen per ha varierades genom att bäddarna ångades under olika låg tid (120, 300, 420, 540 s).



Figur 4. Utrustning från Regero (Frankrike) för ångning av jord i bäddar.

Försöket utfördes på en något mullhaltig (2-3 %) lerig sandjord (5-15 %) och det var placerat i 5 st 1 m breda bäddar. Varje block var 20 m långt och de behandlade försöksleden var 4 m långa och det obehandlade kontrollerdet var 2 m.

Vid ångningen av fältet den 16/4 var lufttemperaturen 17-21°C, det var soligt och vindhastigheten <3 m/s. Vattenhalten i jorden var 10,3 % (standardavvikelse (SD) = 1,77). Jordtemperaturen var före behandlingen: 22,2°C (20 mm djup), 19,5°C (50 mm djup), 18,5°C (80 mm djup).

Jordtemperaturen mättes med termoelement för att studera temperaturens inverkan på bekämpningsresultatet. Termoelementen (0,5 mm, typ-T) var kopplade till en AAC-logger (Intab Interface-Teknik AB, Sverige) som registrerade jordtemperaturen en gång per sekund. De nio termoelementen placerades på 3 djup: 20, 50 och 80 mm.

Tygpåsarna med frön grävdes upp när jorden hade svalnat. De förvarades i ett kylskåp till dess att fröna såddes. Den 20/4 såddes ca 50 frön per fröslag i odlingslådor (0,4 m × 0,6 m) med såjord. De placerades i ett ljust utrymme som hade en temperatur på ca 19°C. Antalet plantor avlästes 10/5.

Ogräsavläsningen på de naturligt förekommande ogräsen utfördes den 24/5 d.v.s. 38 dagar efter ångningen. Antalet ogräs avläses i en ram (0,1 m × 1,25 m) som placerades 2 gånger i varje parcell.

Resultat och diskussion

Ångning i sockerbetor

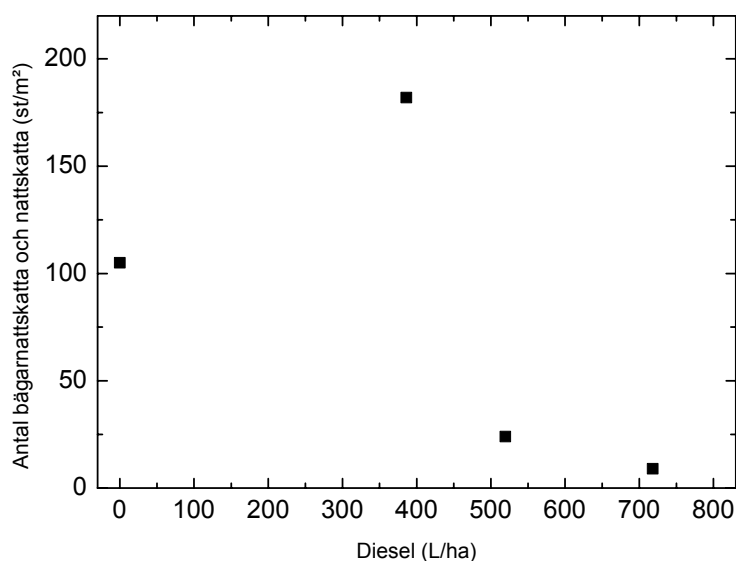
För att reducera antalet ogräs med 90 % behövdes det ca 570 L diesel/ha (Tabell 1), med Stockholmsgårdens ångningsutrustning, d.v.s. 33 % lägre dieselförbrukning per ha jämfört med 2003. Det motsvarades av en körhastighet på ca 250 m/h. Den lägre dieselförbrukningen per ha beror framför allt på att den ångade bandbredden minskades med 25 %.

Energianvändningen per ångbehandlad ytenhet vid LD90 var $0,307 \text{ L diesel/m}^2 = \text{ca } 3,1 \text{ kWh/m}^2 = 11 \text{ MJ/m}^2$. Energianvändningen per behandlad ytenhet (vid LD90) var 10 % lägre jämfört med 2003.

Tabell 1. Dieselförbrukning vid 90 % reduktion av antalet ogräs (LD90) med ett 95 % konfidensintervall (konf.int.), 31 dagar efter ångning av jord i smala band

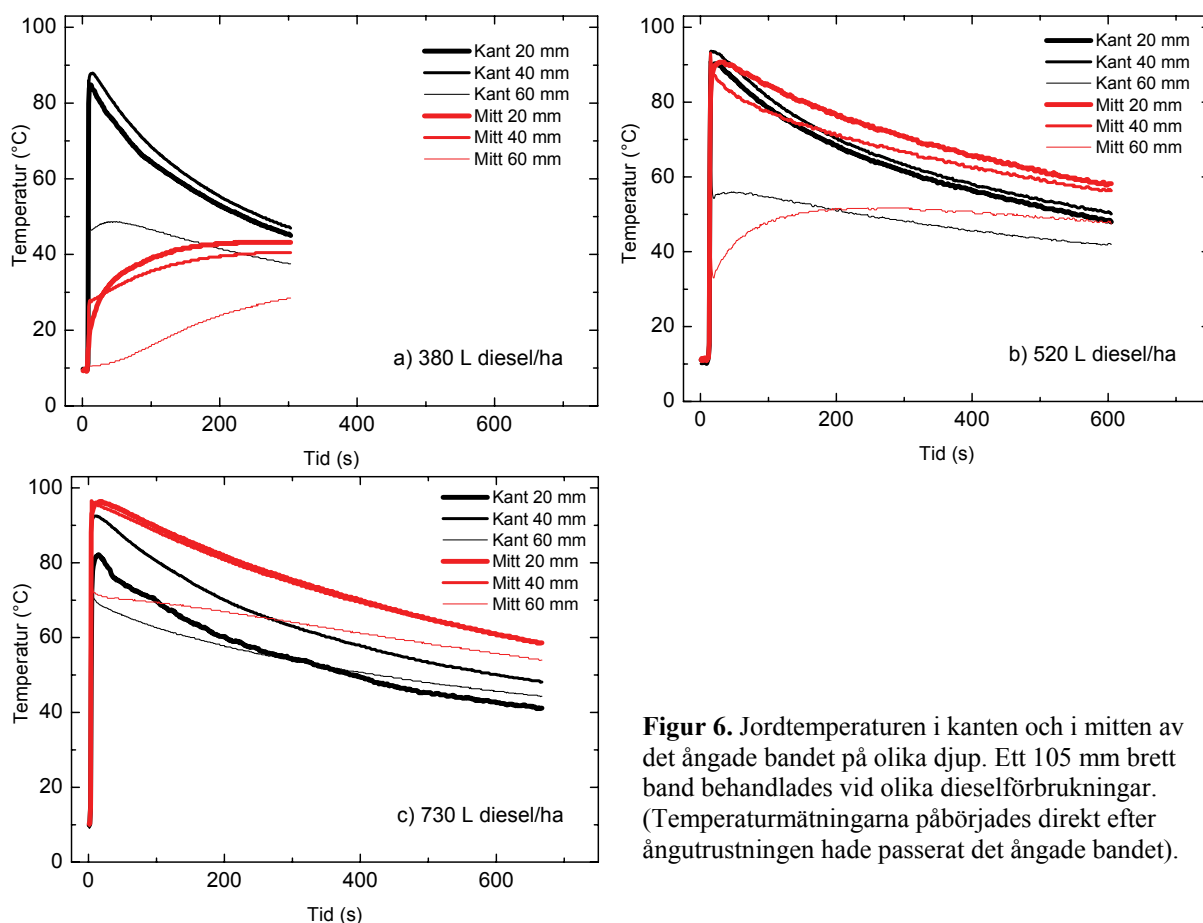
Dieselförbrukning	
LD90 (L/ha)	95% konf.int. vid LD90 (L/ha)
570	500-640

Resultaten från 2004 visar att Stockholmsgårdens ångningsutrustning ger en signifikant och säker bekämpningseffekt på alla studerade ogräs d.v.s. svinmålla, nattskatta, bägnattskatta och våtarv. I detta års försök var det möjligt att bekämpa de båda arterna nattskatta om ångdosen var tillräckligt stor, vilket ej var möjligt under 2003 p.g.a. otillräcklig temperatur i mitten av det ångade bandet. I försöket visade det sig att nattskattor kan induceras till att gro om jorden inte värms upp tillräckligt mycket (Figur 5). Vid den energidos (380 L/ha) som inducerade de båda arterna av nattskatta till att gro var temperaturen ca 40°C mitt i det ångade bandet på 20-40 mm djup (Figur 6a). Detta resultat stämmer väl överens med vad Melander & Jørgensen (2005) kunde registrera i försök med ångning av jord. Tillväxten av engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.) och lomme (*Capsella bursa-pastoris* L.) jämfört med den obehandlade kontrollen gynnades av att jorden värmdes upp till ca 40°C under några minuter. Detta dos-respons-förhållande beskrivs av Brain & Cousens (1989). Även om temperaturen i hela jordvolymen i det ångade bandet är ogräsdödande kommer det alltid att finnas temperaturzoner som inducerar frön till att gro. Detta problem kan hanteras om de ångade banden är tillräckligt djupa och breda.



Figur 5. Effekten av ångning av jord i smala band på antalet ogräs bägnattskatta och nattskatta 31 dagar efter behandlingen. Punkterna i diagrammet är ett medeltal av fyra upprepningar.

Noggranna temperaturmätningar som utfördes 2004 visade att temperaturfördelningen tvärs det ångade bandet var jämnare fördelad och högre jämfört med 2003. Detta beror på att det ångade bandets bredd minskats från 140 mm till 105 mm.



Figur 6. Jordtemperaturen i kanten och i mitten av det ångade bandet på olika djup. Ett 105 mm brett band behandlades vid olika dieselförbrukningar. (Temperaturmätningarna påbörjades direkt efter ångutrustningen hade passerat det ångade bandet).

Vid ångning med de två högsta ångdoserna uppmättes de högsta temperaturerna (90-95°C) mitt i det ångade bandet på 20 mm. Vid den högsta ångdosen uppnåddes även denna temperatur mitt i det ångade bandet på 40 mm djup (Figur 6b och 6c). Denna höga temperatur är en förutsättning för att få en god bekämpningseffekt i den del av jorden där kulturväxtfröna placeras vid sådden och där ogräsen ställer till störst problem. Generellt var temperaturen jämnare fördelad och temperatursumman högre (°C × tid) vid höga ångdoser jämfört med låga, vilket gav en bättre och jämnare bekämpningseffekt. Vid allt högre temperaturer blir andelen av den ogräsdödande energin (temperaturen i jorden över en viss temperatur, 55-60°C) större i förhållande till den totalt tillförda energin (Hansson, 2002). Det medför bl.a. att all den energi, som används för att värma upp jorden till den ogräsdödande temperaturen, är helt bortkastad om jorden inte värms upp till högre temperaturer. Vidare kan behandlingen t.o.m. inducera vissa ogräs till att gro om temperaturen inte blivit tillräckligt hög.

Även om vi under 2004-års försök uppnådde maximumtemperaturer på 75-90°C, beroende på djupet i det ångade bandet, så var det några ogräsfrön som överlevde behandlingen. Dessa frön har förmodligen grott på ett större djup än som ångades. Detta resultat stämmer väl överens med danska laborieförsök och fältförsök. Labbförsöken visar att ogräsfrön dör vid ångning om temperaturer på 70-75°C uppnås i jorden. Enligt fältförsök krävs en jordtemperatur på ca 90°C, för att uppnå minst 70-75°C inuti eventuella jordklumpar. (Jørgensen *et al.*, 2003).

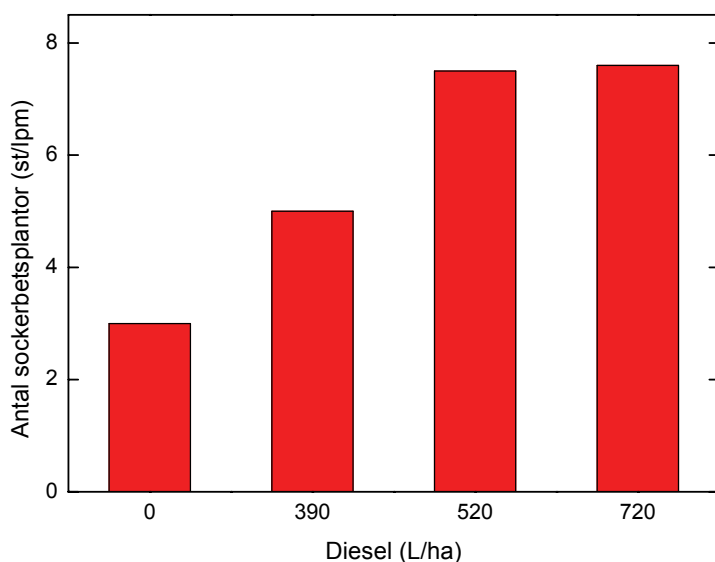
Ångbehandling vid en dieselförbrukning på 520 L/ha (inklusive en bandflamning 33 kg/ha före grödans uppkomst) minskade antalet timmar för handhackning på Stockholmsgårdens odling av eko-sockerbetor från ca 110 h/ha till ca 40 h/ha (Lars Larsson, pers medd., 2004). Cirka 6 veckor efter ångbehandlingen, i mitten av juni, handhackades fältet med eko-sockerbetor som ångats den 27 april. Detta visar att en ångbehandling har en relativt lång varaktighet mot ogräsen.

I ett annat försök (några meter från försöket med ångning av jord i smala band) visade det sig att den flamning som utfördes före grödans uppkomst minskade antalet ogräs med ca 2 % på ej ångade kontroller d.v.s. behandlingen hade ingen signifikant verkan p.g.a. att få ogräs var uppe vid flamningen. Efter två falska såvbäddar inklusive en flamning före uppkomst minskade dock antalet ogräs med 29 % jämfört med den obehandlade kontrollen. Det innebär att flamning i kombination med flaska såvbäddar eller fördröjd sådd (d.v.s. åtgärder som lockar ogräsen till att gro) har mätbar bekämpningseffekt i ofullständigt ångade band. Vid kraftigare ångbehandling förväntas flamning före grödans uppkomst inte ge någon större bekämpningseffekt. Flamning strax före uppkomst kan dock vara motiverad genom att behandlingen bekämpar det ogräs som etablerar sig alldeles utanför det ångade bandet.

Med Stockholmsgårdens utrustning som bygger på en ånggenerator på ca 700 kW och ett ångat band på 105 mm blir arbetsbehovet vid ångningen ca 8 h/ha. Under dessa förutsättningar uppnås en tillräcklig bekämpningseffekt där 90 % av antalet ogräs bekämpas.

Ångningen i eko-sockerbetor under 2004 visade sig ha en positiv effekt på uppkomsten av antalet plantor. Det såddes 8 frö per meter. På de delar av fältet som ej ångades var plantuppkomsten ca 3 plantor per meter, men där det ångades var plantantalet 7,5 plantor per meter (Figur 7).

Orsaken till den bättre plantuppkomsten studerades i ekosockerbetor 2005.



Figur 7. Effekten på antalet uppkomna sockerbetsplantor vid ångning av jord i smala band före sådd. Värdet på antalet uppkomna sockerbetsplantor per löpmeter (lpm) är ett medeltal av fyra upprepningar.

Orienterande försök med simultan sådd 2004

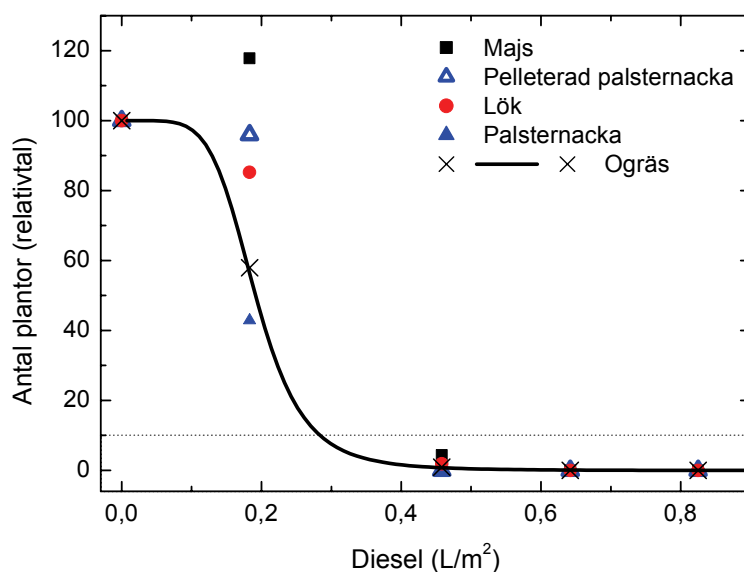
Ångning av jord i bäddar - Hvilan

I ett orienterande försök med ångning av hela bäddar studerades bl.a. olika kulturväxtfröns värmeförmåga. På så sätt utvärderades vilka kulturväxter som har potential att användas vid simultan ångning och sådd. Resultatet (Figur 8) visar att av de fyra fröslag som studerades så rangordnades fröna ur värmeförmåga enligt följande: majs var det mest värmeförmåga fröslaget, följt av pelleterade palsternacksfrön och lök som var ungefär lika värmeförmåga samt nakna palsternacksfrön som var minst värmeförmåga. Det var för få observationer i dosintervall 0,1-0,4 L diesel/m² för att beräkna LD90-värden för de olika kulturväxterna. Resultatet visar på att frönas värmeförmåga påverkas av den biomassa alt. pelleteringsmassa (coating) som skall värmas upp.

Om simultan ångning och sådd skall vara möjligt måste ångmetoden vara selektiv d.v.s. ogräset dödas utan att kulturväxten påverkas. En selektiv ogräsbekämpningsmetod kännetecknas av att LD90-värdet för kulturväxten är högt och LD90-värdet för ogräset är lågt.

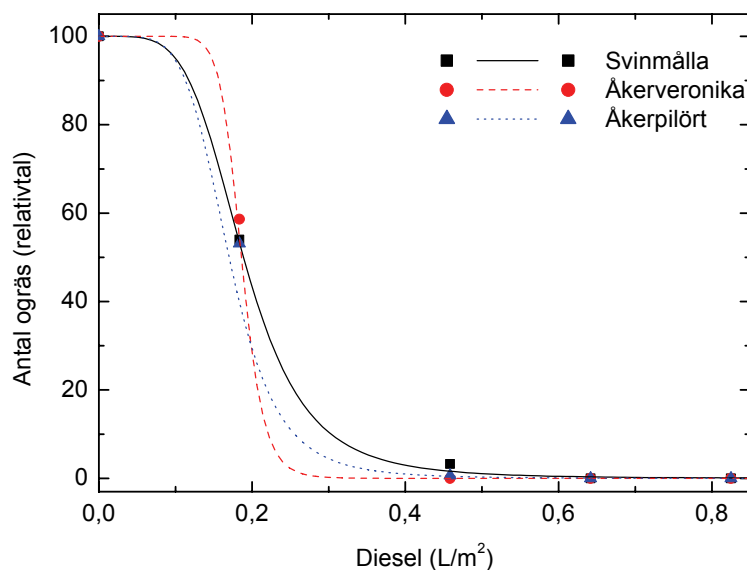
Vid en dieselförbrukning på 0,18 L/m² ser det ut som att det var lättare att bekämpa ogräset än lök, pelleterad palsternacka och majs. Det kan bero på att dessa fröslag var större än ogräsens frö och att de hade lägre vattenhalt. Ett fröslags känslighet mot ångbehandling är även beroende av dess vatteninnehåll. Robbins och Petsch (1932) visade att majs- och vetefröns tålighet mot höga temperaturer ökar vid allt lägre vatteninnehåll i fröet. Ogräsfrön som har tagit upp vatten ökar däremot sin känslighet för ångbehandlingen. Vid ångning med simultan sådd kan det alltså vara möjligt att uppnå en situation (viss temperatur) där ogräsfrön dör medan de sådda fröna överlever. Melander och Jørgensen (2005) visade att frön med låg vattenhalt (engelskt rajgräs och raps) påverkades mindre av höga temperaturer jämfört med naturligt förekommande ogräsfrön med högre vattenhalt.

För att reducera antalet ogräs med 90 % var energianvändningen per ångbehandlad ytenhet vid LD90 0,284 L diesel/m² = ca 2,8 kWh/m² = 10 MJ/m². Energianvändningen (vid LD90) per behandlad ytenhet var 7 % lägre jämfört med ångning av jord i smala band 2004. Detta kan tyda på att avkylningseffekten vid ångning av hela bäddar är mindre jämfört med ångning av jord i smala band. Olika faktorer som ogräsflora, jordart, vattenhalt kan även ha påverkat skillnaden i energianvändning.



Figur 8. Olika kulturväxters värmeförmåga och ogräsbekämpningseffekten vid bäddångning med olika energidoser. Punkterna i diagrammet är överlevnaden på ca 50 sådda frön. Relativt 100 för de naturligt förekommande ogräsen = 184 st/m². Punkterna för ogräsen i diagrammet är ett medeltal av fyra upprepningar.

Åkerveronika, åkerpilört och svinmålla var ungefär lika lätta att bekämpa (LD90 var 0,2-0,3 L diesel/m²). Det var ej möjligt att observera signifikanta skillnader i bekämpningseffekt mellan de olika ogräsarterna (Figur 9).



Figur 9. Effekten av bäddångning på antalet ogräs 38 dagar efter ångning. Relativtal 100 är för svinmålla = 32,5 st/m², åkerveronika 23,2 st/m² och åkerpilört 70,5 st/m². Punkterna i diagrammet är ett medeltal av fyra upprepningar.

Ångning av jord i smala band - Stockholmsgården

På Stockholmsgården utfördes temperaturmätningar i jorden i det ångade smala bandet. Resultatet från temperaturmätningarna visar att det vid LD90 dos av ånga (som ger 90 % reduktion av antalet ogräs) dröjer ca 6 minuter till dess att temperaturen i det ångade bandet sjunker under 70°C (motsvarande tid för 60°C är ca 8,5 minuter), d.v.s. till en temperatur som under en relativt kort exponeringstid ej dödar kulturväxtens frö. På 6 minuters tid kommer Stockholmsgårdens utrustning att förflytta sig ca 25 m och på 8,5 min förflyttar sig utrustningen 35 m. Det innebär att avståndet mellan ångapplikatorn och såmaskinen måste vara minst 25 m. Slutsatsen i dagsläget rörande simultan sådd blir att den inte kan genomföras i praktiken p.g.a. att avståndet blir för stort mellan ångapplikator och såmaskin. För att i framtiden kunna tillämpa simultan sådd vid ångning krävs att fröna förses med ett värmeisolerande skydd (pelletering, coating) och/eller att jorden ångas i smalare band. Om jorden ångas i ännu smalare band (<105 mm) kommer jorden troligtvis att avkylas snabbare, vilket ökar möjligheten för simultan ångning och sådd.

Eftersom simultan ångning och sådd ej kan genomföras i dagsläget kan man med hjälp av automatisk styrning få såmaskinen att med god precision hitta det smala ångade bandet. Utvecklingen av detta teknikområde sker för närvarande snabbt. På AgroMek i Danmark och Royal Show i England under 2004 visades utrustning som fanns på marknaden både i Danmark och i England.

För mer information se bilaga 1 ”Tekniska möjligheter att styra såmaskinen i de ångade banden”.

Försöksåret 2005

Material och metod

Vid ångbehandlingen värmdes jorden upp till 80-90°C. Varje appliceringsaggregat behandlar 105 mm brett och 50 mm djupt band och den totala arbetsbredden var 5,1 m. Mängden ånga per ha och därmed temperaturen i det ångade bandet samt dieselförbrukningen per ha varierades med traktorns körhastighet från ca 210 till ca 370 m/h (det motsvarar en kapacitet på 0,11-0,19 ha/h).

Ångning i sockerbetor

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: 1 kontroll, 3 energidoser (390, 500, 650 L diesel/ha). Försöket utfördes i ett fält med ekologiskt odlade sockerbetor och det var placerat i två intilliggande sådrag. Varje sådrag var 5,1 m brett och bestod av nio sårader. Alla parceller var 20 m långa. Fältet harvades 30/3 för att jämna till fältet.

Vid ångningen av fältet den 18/4 var lufttemperaturen 9-10°C, det var soligt och vindhastigheten 8-11 m/s (15 m/s i vindbyarna). Vattenhalten i jorden var 3,2 % (SD = 0,67) och jordtemperaturen var 13,7°C på 40 mm djup.

Jordtemperaturen mättes med termoelement för att studera temperaturens inverkan på bekämpningsresultatet. Termoelementen (0,5 mm, typ-T) var kopplade till en AAC-logger (Intab Interface-Teknik AB, Sverige) som registrerade jordtemperaturen en gång per sekund. De nio termoelementen placerades på tre positioner, mitt i bandet och i bandets ytterkanter (± 35 mm från mitten av bandet) och på tre djup (20, 40 och 60 mm).

Fältet såddes 20/4 och flammades med en bandflammare (0,24 m brett band) 30/4 d.v.s. strax före grödans uppkomst. Gasolförbrukningen var 33 kg/ha. Ogräsavläsningen utfördes den 26/5 d.v.s. 38 dagar efter ångningen. Antalet ogräs avläses i en ram (0,1 m \times 1,25 m) som placerades 3 gånger i varje parcell i såraden. Ogräset i raden handhackades bort vid två tillfällen 1/6 och 21/6. Ogräset mellan raderna bekämpades vid behov med en radhacka.

De mest förekommande ogräsen var svinmålla (*Chenopodium album*, L.), åkerbinda (*Polygonum convolvulus* L.), nattskatta (*Solanum nigrum*, L.) och bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby) och våtarv (*Stellaria media* L.).

Ångning i morot

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: kontroll, 3 energidoser (390, 480, 680 L diesel/ha). Försöket utfördes i ett fält med morötter och det var placerat i ett sådrag (med nio band med morot) som var 5,1 m brett. Bandet med morötter var sått i en trippelrad. Alla parceller var 15,5 m långa.

Vid ångningen av fältet den 11/5 var lufttemperaturen 14°C, det var soligt och vindhastigheten 4 m/s. Vattenhalten i jorden var 3,6 % (SD = 1,61) och jordtemperaturen var 23,1°C på 40 mm djup.

Jordtemperaturen mättes med termoelement för att studera temperaturens inverkan på bekämpningsresultatet. Termoelementen (0,5 mm, typ-K bestående av NiCr – NiAl) var kopplade till en portabel digital termometer (typ DVM1322, Velleman components Gavere,

Belgien, IEC584 standard). Termoelementen placerades på 40 mm djup mitt i det 105 mm breda ångade bandet. Jordtemperaturen avlästes manuellt från instrumentets display.

Fältet såddes 12/5. Ogräsavläsningen utfördes 22/6 d.v.s. 41 dagar efter ångningen. Antalet ogräs avläses i en ram (0,1 m × 1,25 m) som placerades 2 gånger i varje parcell i såraden.

De mest förekommande ogräsen var svinmålla (*Chenopodium album*, L.), nattskatta (*Solanum nigrum*, L.) och bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby).

Ogräset mellan raderna bekämpades vid behov med en radhacka. Manuell handhackning mellan raderna utfördes 21/6. Ogräset i raden handrensades endast en gång fördelat på två tillfällen d.v.s. 29/6-30/6 och 7/7-8/7.

Ångning i rödlök

Försöket bestod av 4 block med 4 försöksled: 1 kontroll, 3 energidoser (390, 540, 670 L diesel/ha). Försöket utfördes i ett fält med rödlök. Det var placerat i ett sådrag (med nio band med lök) som var 5,1 m brett. Bandet med lök var sått i en dubbelrad. Alla parceller var 20 m långa.

Dagen före ångningen (12/4) utfördes en djupkultivering med en Megadan. Vid ångningen av fältet var lufttemperaturen 8°C, det var molnigt och vindhastigheten 11 m/s. Vattenhalten i jorden var 12,4 % (SD = 3,48) och jordtemperaturen var 10-12°C på 40 mm djup.

Vid behandlingen fastnade den fuktiga jorden i aggregatet vid upprepade tillfällen. Det medförde att jorden på en del platser av försöksytan ej kunde ångbehandlas på ett optimalt sätt. Korrekt ångbehandlade ytor noterades dock vid behandlingen. Fältet såddes 13/4 några timmar efter ångningen. Ogräsavläsningen utfördes 1/6 d.v.s. 49 dagar efter ångningen. Ogräset mellan raderna bekämpades vid behov med en radhacka. Antalet ogräs avläses i en ram (0,1 m × 1,25 m) som placerades 2 gånger i varje parcell i såraden (på de delar som hade ångats på ett tillfredsställande sätt).

De mest förekommande ogräsen var nattskatta (*Solanum nigrum*, L.) och bägarnattskatta (*Solanum physalifolium*, Rusby).

Resultat och diskussion

Ångning i sockerbetor

Ogräseffekten i försöket är en kombination av ångning av jord i smala band och flanning strax före grödans uppkomst.

I försöket behövdes det 580 L diesel/ha för att reducera antalet ogräs med 90 % (LD90) (Tabell 2). Detta resulterade i en maximumtemperatur på ca 82°C på 40 mm djup, mitt i det ångade bandet (Tabell 2). Höjs temperaturen till 92°C kan antalet ogräs reduceras med 95 %. Dieselförbrukningen blir då ca 690 L/ha (LD95).

Tabell 2. Dieselförbrukning (LD) och maximumtemperatur (ET) (på 40 mm djup) som ger 90 % och 95 % reduktion av antalet ogräs med ett 95 % konfidensintervall (konf.int.). Avläsningen utfördes 38 dagar efter ångning av jord i smala band

Dieselförbrukning		Maximumtemperatur	
LD90 (95% konf.int.) (L/ha)	LD95 (95% konf.int.) (L/ha)	ET90 (95% konf.int.) (°C)	ET95 (95% konf.int.) (°C)
580 (540-630)	630 (530-730)	82 (77-86)	92 (84-99)

Svinmålla, våtarv, nattskatta och bägarnattskatta var ungefär lika lätta att bekämpa, d.v.s. det var ej möjligt att observera signifikanta skillnader i bekämpningseffekt mellan de olika ogräsarterna (Tabell 3).

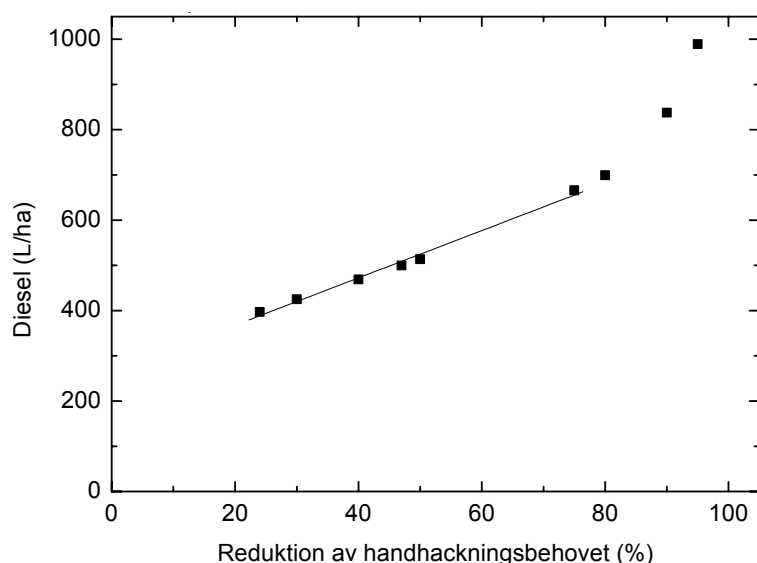
Tabell 3. Maximumtemperatur (på 40 mm djup) vid 90 % reduktion av antalet ogräs (ET90) med ett 95 % konfidensintervall (konf.int.). Avläsningen utfördes 38 dagar efter ångning av jord i smala band

	Maximumtemperatur	
	ET90 (°C)	95% konf.int. vid ET90 (°C)
Nattskatta och bägarnattskatta	85	75-95
Våtarv	80	73-87
Svinmålla	79	76-81

Ogräset i raden handhackades bort vid två tillfällen, 6 och 9 veckor efter ångningen. Efter ångningen och en efterföljande flambehandling (strax för sockerbetornas uppkomst) blev det totala handhackningsbehovet i sockerbetorna; 32 h/ha vid ångning med 650 L diesel/ha och 47 h/ha vid 580 L diesel/ha. Det kan jämföras med 132 h handhackning per ha på ej ångade parceller som flambehandlats före grödans uppkomst.

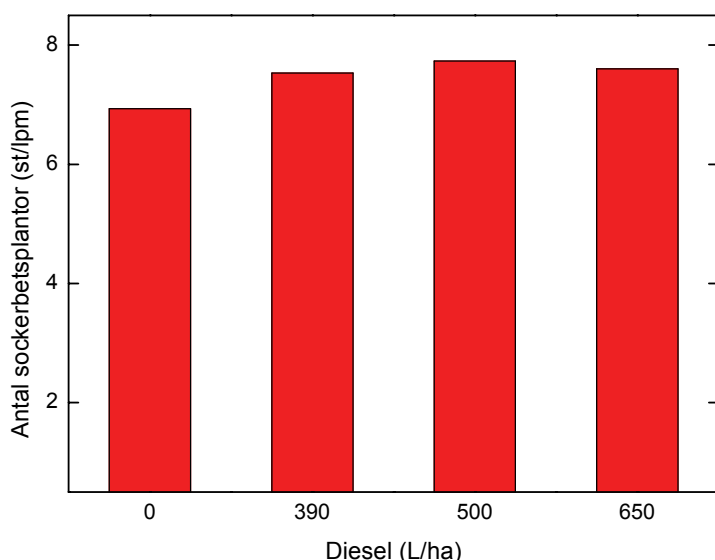
Hade fältet ej flammats skulle det totala handhackningsbehovet blivit något högre, i framför allt kontrollerdet och i ledet med den lägsta dosen. I leden med de två högre ångdoserna fanns det vid tillfället för flammningen en lägre förekomst av ogräs, vilket resulterar i att flammningen inte ger någon nämnvärd ogräsbekämpningseffekt.

Inom det observerade dos-intervallet (390-650 L/ha) finns det ett linjärt samband mellan handhackningsbehovet och dieselförbrukningen (Figur 10). Vid ångning med högre doser än de observerade (> 700 L/ha) antas att dieselförbrukning ökar exponentiellt för en given reduktion av handhackningsbehovet.



Figur 10. Relationen mellan dieselförbrukning och den procentuella reduktionen av handhackningsbehovet i ekosockerbetor.

Ångningen av jord i smala band i ekosockerbetor visade sig ha en signifikant positiv effekt på uppkomsten av antalet sockerbetsplantor (Figur 11). Ångbehandlingen påverkade de i jorden levande hoppstjärtarna (Hans Larsson pers. medd., 2005), vilket resulterade i 9-12 % bättre plantuppkomst i den ångade jorden. Det var dock ingen signifikant skillnad mellan de ångade leden (Figur 14).



Figur 11. Effekten på antalet uppkomna sockerbetsplantor vid ångning av jord i smala band före sådd. Värdet på antalet uppkomna sockerbetsplantor per löpmeter (lpm) är ett medeltal av fyra upprepningar.

Ångning i morot

I försöket behövdes det 590 L diesel/ha för att reducera antalet ogräs med 90 % (Tabell 3). Det resulterade i en maximumtemperatur på ca 91°C på 40 mm djup mitt i det ångade bandet (Tabell 4).

Tabell 4. Dieselförbrukning (LD) och maximumtemperatur (ET) (på 40 mm djup) som ger 90 % reduktion av antalet ogräs med ett 95 % konfidensintervall (konf.int.). Avläsningen utfördes 41 dagar efter ångning av jord i smala band

Dieselförbrukning	Maximumtemperatur
LD90 (95% konf.int.)	ET90 (95% konf.int.)
(L/ha)	(°C)
590 (480-710)	91 (79-100)

Det totala handhackningsbehovet för handresningen som utfördes 49 dagar efter ångningen var; ca 70 h/ha vid hög dos, 160 h/ha vid normal dos, 205 h/ha vid låg dos och 236 h/ha i den obehandlade kontrollen. Det höga handhackningsbehovet beror delvis på att det var svårt att rensa bort ogräset mellan morötterna som växte i trippelrader (i ett 100 mm brett band). Det var ofta helt omöjligt att bort ogräset med handhackan. Ogräset fick därför tas bort för hand. Ytterligare bidragande orsaker till det höga handrensningens behovet var att grödan etablerade sig långsamt p.g.a. den kalla och torra våren samt att morötterna såddes på upphöjda bäddar som snabbt torkade ut. Med risken för att skada de dåligt etablerade morötterna fick handrensningens arbetet utföras senare än vad som var optimalt. Det medförde ogräsen etablerade sig kraftigt. Bevattning hade gynnat grödans etablering, men ökat risken för skorpbildning.

Vid den handresning som utfördes 57 dagar efter ångningen behövdes ca 600 h/ha vid hög dos, 780 h/ha (normal dos), 900 h/ha (låg dos) och 1500 h/ha (kontroll). Vid detta tillfälle rensades ogräset bort för hand. Det var nämligen ej möjligt att ta bort ogräsen genom handhackning. Försöket visade med stor tydlighet vikten av att ej vänta för länge med handresningen. När handresningen senarelades med 8 dagar ökade tiden för handresning med 760 % (från 70 till 600 h) vid hög dos (680 L/ha).

När kulturer sås i dubbel- resp. trippelrader måste ångbehandlingen vara kraftigare jämfört med kulturer som sås i enkelrader (t.ex. sockerbetor) för att minska handresningsbehovet till samma nivå. Detta visades i tidsstudier om handresningsbehovet i morot. Studien visade att det är betydligt svårare och mer tidskrävande att rensa bort ogräset i en dubbel- resp. trippelrad jämfört med enkelrad.

För att minska det totala behovet av handrensning i dubbel- och trippelrader, så skall den påbörjas så tidigt som möjligt utan att kulturen skadas. Ångning av jord i smala band före sådd av grödor i dubbel- och trippelrader bör utföras i något bredare band och med något högre maximumtemperatur jämfört med ångning före sådd av grödor i enkelrader (t.ex. sockerbetor).

Ångning i rödlök

Vid 670 liter diesel/ha kunde mängden ogräs reduceras med ca 86 %. I försöket uppskattas dieselförbrukningen till 820 L/ha för att minska antalet ogräs med 90 %. Det är ca 40 % högre dieselförbrukning jämfört med försöket i sockerbetor 2005. Den höga dieselförbrukningen kan bero på den höga vattenhalten i marken (12,3 %) vid ångbehandlingen och att jorden var relativt kall vid behandlingen. En bidragande orsak till det höga LD90-värdet kan även vara den relativt sent utförda ogräsavläsningen (49 dagar efter ångbehandlingen).

Ekonomisk bedömning av ångmetoden

Kostnaden för ångning av jord i smala band beror på flera olika faktorer som energianvändningen, energikostnad och kostnad för arbetskraften etc. Figur 12 nedan underlättar beräkningarna. I den redovisas den totala kostnaden per hektar för ångning d.v.s. den fasta kostnaden och den rörliga kostnaden. Beräkningarna som ligger till grund för figur 20 bygger på följande antaganden:

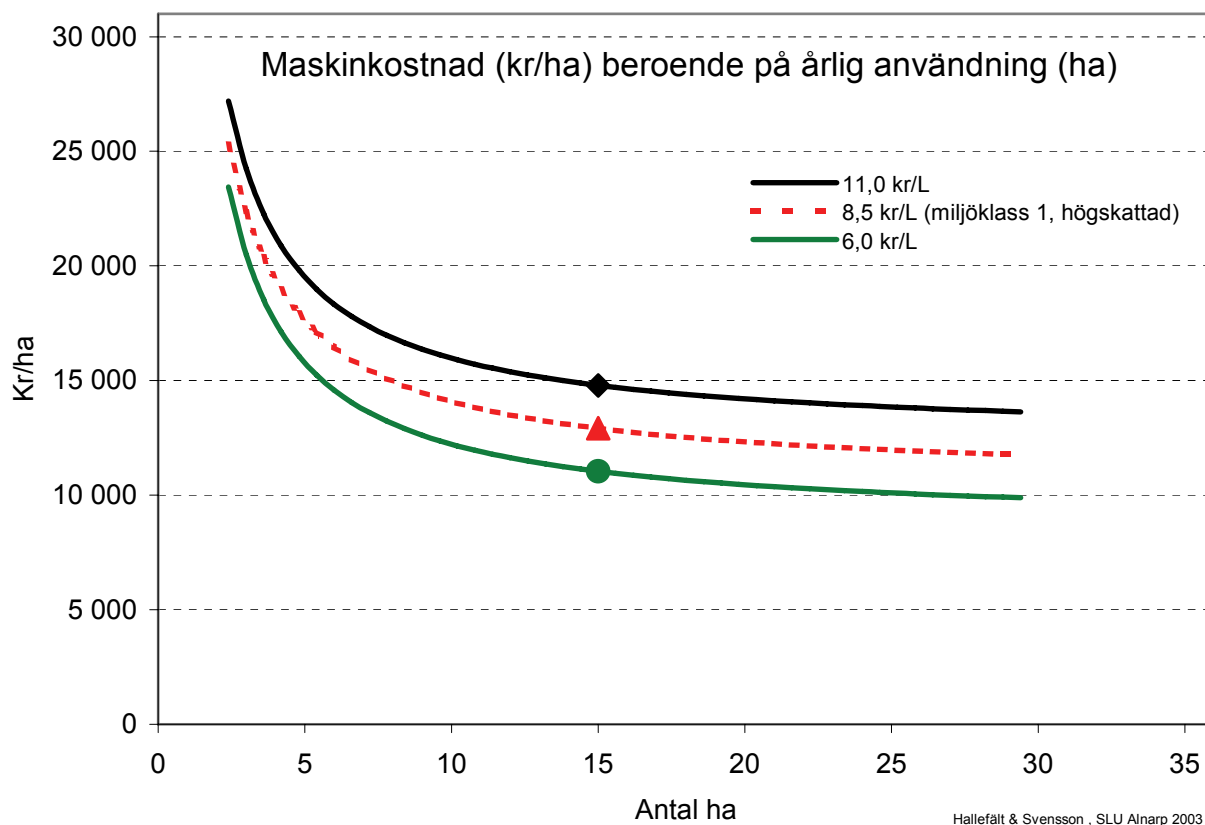
- Utrustningens återanskaffningsvärde (inköpspriset för en ny maskin) 350 000 kr.
- Kapacitet 0,1 ha/h.
- Kostnad för förare och traktor 330 kr/ha.
- Redskapets underhållskostnad är 70 kr/ha.
- Realränta 5 %.
- Restvärde efter 15 år är 10 % av inköpspriset.
- Förvaringskostnad 3750 kr/år.
- Försäkringskostnad 0,30 % av återanskaffningsvärdet.
- Arbetsteknisk verkningsgrad (andel av arbetstiden som redskapet är i arbetsläge) är 90 %.

Kostnaden för att handhacka i sockerbetor var 22 300 kr/ha på ej ångade ytor. Kostnaden för handhackning på delar av fältet som ångades med normal dos (500 L diesel/ha) var 11 800 kr/ha och för hög dos (650 L diesel/ha) var kostnaden 5 500 kr/ha.

Under förutsättning att utrustningen används på 15 ha per år är kostnaden för ångning lönsam. Vid hög dos (650 L diesel/ha) är ångningen lönsam, upp till ett dieselpris på 13,7 kr/L,

jämfört med ej ångade fält. Vid en årlig användning på 10 ha är ångning blir det lönsamt upp till ett något lägre dieselpris (12,1 kr/L).

Ångmetodens lönsamhet i den enskilda odlingen kan öka ju mer utrustningen används. Det kan t.ex. uppnås genom att den används i flera kulturer, allt ifrån sådd lök till sent sådda morötter.



Figur 12. Fasta och rörliga kostnader som funktion av odlingsareal och dieselpris.

En kraftfullare ångbehandling, 650 L diesel/ha jmf. 500 L diesel/ha, leder till att handhackningsbehovet kan reduceras med 37 h/ha och att de totala kostnaderna för ogräsbekämpningen då reduceras med ca 4300 kr/ha om dieselpriset är 6 kr/L. Är dieselpriset 8,5 kr/L reduceras kostnaden för en kraftfullare ångbehandling med ca 3900 kr/ha. Samma resultat erhålls om ångningen utförs på 10 alternativt på 15 ha/år.

Kostnaden kan teoretiskt minskas till ca 2100 kr/ha om kapaciteten ökas med 25 % genom att endast ångbehandla ett 80 mm brett band i stället för 105 mm, d.v.s. bandbredden minskas med 24 %. Denna minskade bandbred borde ge >24 % minskad diesel förbrukning (se försöket med sockerbetar 2004). I beräkningen antas att LD90-värde blir 25 % lägre, den årliga användning = 15 ha och dieselpris = 8,5 kr/L.

Konvertering av ångutrustning till förnyelsebara energikällor

Ångmetoden kräver idag fossilt bränsle. Det är dock möjligt att konvertera ångutrustningen till förnyelsebara energikällor (Mattsson pers. medd., 2005).

Ett sätt att öka ångningsmetodens ekologiska hållbarhet är att driva ånggeneratoren med förnyelsebara bränslen såsom rapsolja, rapsdiesel (RME), havrekärna eller halmpellets. Av dessa bränsleslag är rapsdiesel och rapsolja lättast att använda i dieseldrivna ångningsutrustningar. RME leder troligen till lägst konverteringsbehov hos utrustningen. Drift med rapsolja kräver förmodligen att den förvärms innan den förbränns i ånggeneratorns oljebrännare samt att pumpar, packningar, filter, etc. byts så de klarar av rapsoljan.

En ånggenerator med t ex 700 kW effekt kräver cirka 175 kg (cirka 300 L) havrekärnor per timme. För 6 timmars arbete krävs ett bränsleförråd på 2 m³. Leveranspris på t ex havre är 0,80-1,00 kr/kg vilket motsvarar 0,20-0,25 kr/kWh och cirka 2-2,50 kr/L diesel. Med spannmålskärnor som bränsle måste dock brännaren bytas ut i ånggeneratoren och ånggeneratoren behöver eventuellt modifieras.

Tabell 5. Mängd av olika bränslen för att erhålla 36 MJ d.v.s. 10 kWh

Diesel (L)	RME (L)	Havre (kg)	Halm (kg)
1,00	1,05-1,10	2,46	2,50

En energimängd som motsvarar 650 L diesel kan odlas på 0,3-0,4 ha för att producera havrespannmål och ca 0,25 ha höstvetete för att producera halm.

Energikostnaden per ha för ångning av jord i smala band med en energidos motsvarande 650 L diesel/ha d.v.s. 6500 kWh/ha är;

- 5500 kr för diesel (dieselpriis på 8,5 kr/L),
- 3900 kr för diesel (dieselpriis på 6,0 kr/L),
- 1440 kr för havre (0,9 kr/kg).

Avslutande diskussion

Ångning med tillräckligt höga doser gör det möjligt att radikalt minska det manuella handresningsarbetet och minska behovet av andra termiska eller mekaniska bekämpningsmetoder. Metoden gör det även möjligt med ekologisk odling av morot, palsternacka och lök m.m. i dubbel- och trippelrad. Fältets produktionsförmåga kan därmed utnyttjas bättre än om odling sker i enkelrader.

I försöken har det visat sig att det är möjligt att bekämpa fröogräs men ej rotoogräs som växer i det ångade bandet (105 mm brett × 50 mm djupt). Frön som har tillräckligt med energi så att de kan växa från större djup har möjlighet att växa upp i det ångade bandet. Det innebär att dessa frön kommer att gro relativt sent på säsongen. Grödan har då en betydligt större konkurrensförmåga jämfört med ogräsen och dess tolerans för olika bearbetningar är större än ogräsens. Det gör det möjligt bekämpa ogräsen utan att grödan skadas.

Försöken med Stockholmsgården utrustning har enbart utförts på sandjordar. Därför saknas uppgifter på hur utrustningen fungerar på andra jordar. Erfarenheter från försöken tyder på att

utrustningen fungerar bäst om den är relativt fri ifrån stenar och jordklumpar som kan fastna i ångaggregatet. Detta problem bör dock kunna åtgärdas med en viss modifiering av utrustningen. Enligt Melander *et. al.* (2004) är ångmetoden effektivare i sandjordar jämfört med lerjordar. Det beror främst på att ångan fördelar sig bättre i sandjordar medan den har svårt att tränga in i aggregaten på lerjordar. Ångans ogräsbekämpningseffekt, vid en viss maximumtemperatur i jorden, ökade vid ökad vattenhalt i jorden (Melander *et. al.*, 2004). Energianvändningen bör dock ha ökat vid allt högre vattenhalter.

Danska laborieförsök visar att frön från de ogräsarter som studerades dör vid ångning om en temperatur på 70-75°C uppnås i jorden. Enligt andra danska försök krävs en jordtemperatur på ca 90°C ute i fält, för att uppnå minst 70-75°C inuti eventuella jordklumpar. (Jørgensen *et al.*, 2003). Skillnaden i ogräsdödande maximumtemperatur mellan laborieförsök och fältförsök kan även bero på att avkylningshastigheten är olika stor. I detta sammanhang kan det vara intressant att även studera temperatursumman (tid × °C) för att undersöka vilken parameter, maximumtemperatur eller temperatursumma, som bäst förklarar skillnaden i bekämpningseffekt mellan fält- och laborieförsök.

Ångutrustningens kapacitet kan teoretiskt höjas med nuvarande ånggenerator under förutsättning att det ångade bandet kan göras smalare. Utrustningens kapacitet kan troligen ökas om en ännu jämnare temperaturfördelning uppnås i det ångade bandet genom att vidareutveckla Stockholmsgårdens ångapplikator. Kapaciteten kan givetvis också höjas om en ånggenerator med högre effekt än 700 kW används. Erfarenheter från Danmark 2004 visar att en annan typ av applikator för ångning av jord i smala band kräver en lägre energiinsats för att kontrollera ogräset (Kristensen, pers. medd., 2004).

I det ångade bandet dör det mesta av jordens mikroliv. I försöken med ekologiskt odlade sockerbeter resulterade ångningen i en bättre plantuppkomst av sockerbeter. Det beror på att en del skadegörare (hoppstjärtar) bekämpades som påverkar plantuppkomsten. Försök från Norge med ångning av hela bäddar visar bl.a. på att behandlingen minskar problem med klumprotssjuka på sallatskål (Sjursen *et.al.*, 2003). Det innebär bl.a. lägre utsädeskostnader och jämnare plantuppkomst, högre skördar m.m. Ångning av jord i smala band leder även till minskad enzymaktivitet, lägre antal svampsporer och ett lägre antal av ammoniumoxiderande bakterier som omvandlar ammonium-kväve till nitrat-kväve (Elsgaard *et.al.*, 2003; Elsgaard *et.al.*, 2004). Denna lägre aktivitet av de ammoniumoxiderande bakterierna leder till att halten av ammonium-kväve ökar i jorden. Denna form av kväve lakas inte så lätt ur jorden som nitrat-kväve gör. Försök visar att den hämmade enzymaktiviteten kvarstår upptill 90 dagar (Elsgaard *et.al.*, 2003; Elsgaard *et.al.*, 2004).

Den del av jorden som påverkas av ångningen är dock relativt liten i förhållande till hela jordvolymen. Om ångningen sker i ett 105 mm brett och 50 mm djupt band med ett radavstånd på ca 0,5 m blir den ångade volymen ca 7 % av markens totala jordvolym (beräknat på 0,15 m plogdjup). När jorden markbereds inför för nästa säsong kommer jorden att blandas om så att det troligtvis inte är möjligt att observera ångningens effekt på mikrolivet.

Mot bakgrund av egna studier och litteraturstudier bedöms ångning av jord i smala band vara av stor vikt och dessutom lönsam i ekologisk odling. Metoden kan även vara ett alternativ i konventionell odling där kemisk bekämpning av någon anledning inte kan användas. I långsiktigt hållbar odling är det dock viktigt att utrustningen konverteras till alternativa biobränslen.

Referenser

- ANONYM (2000) Damp mod ukrudt og svampe. *Grøne Fag* **11**, 10-11.
- BÀRBERI P (2002) Personlig information. Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italy.
- BRAIN P & COUSENS R (1989) An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. *Weed Research*, **29** (2), 93-96.
- CHRISTENSEN D H (2003) Nye muligheder infor ukrudtsbekæmpelse i række kulturer. *Frugt & grønt* **2**, 76.
- ELSGAARD L, ELMHOLT S & JØRGENSEN M H (2003) Effekter af sribedampning på kvælstof og enzymer i økologisk markjord. *Forskningsnytt* (4), 6-8.
- ELSGAARD L, ELMHOLT S & JØRGENSEN M H (2004) Damp påvirker jordens mikroliv. *Frugt & grønt* **3** (3), 114-115.
- FOGELBERG F (1998) Physical Weed Control - Intra-row Brush Weeding and Photocontrol in Carrots (*Daucus carota* L.). Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, S-230 53 Alnarp. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 108.
- Gustafsson G & Nilsson I (1998) Växtskadegörare och ogräs - Förebyggande åtgärder och icke-kemisk ogräsbekämpning. Resurshållande konventionellt jordbruk. Jordbruksverket (SJV), Jönköping.
- Gunnarsson A (2000) Ekologisk odling av sockerbetor Jordbruksverket (SJV), Jönköping.
- Hallefält F, Ascard J, Kudsk T & Olsson R (1998) Ogräsbekämpning i sockerbetor 1997. Institutionsmeddelande 03 - Institutionen för lantbruksteknik Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Hansson D (2002) Hot Water Weed Control on Hard Surface Areas. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, S-230 53 Alnarp. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 323. ISSN 1401-6249.
- HANSSON D & MATTSSON J E (2003) Effect of air temperature, rain and drought on hot water weed control. *Weed Research* **43** (4), 245-251.
- JØRGENSEN M H (2003) Personlig information. Bygholm, Dep. of Agricultural Engineering, Danmark..
- JÖNSSON B (2001) Trädgårdsnäringens växtskyddsförhållanden. Jordbruksverket, Jönköping, Rapport 2001:7A.
- JØRGENSEN M H, KRISTENSEN E F & KRISTENSEN J K (2003) Termisk båndbehandling til ukrudtsbekæmpelse i planterækken. Status 2003. pp. 1-5. Afd. for Jordbrugsforskning, Forskningscenter Bygholm, Bygholm, Danmark.
- KRISTENSEN J K, KRISTENSEN E F & JØRGENSEN M H (2002) Termisk ukrudtsbekæmpelse. *Gartner tidene* **20**, 10-11.
- KRISTENSEN J K (2004, 2006) Personlig information. Jordbrugsteknik, Forskningscenter Bygholm, Horsens, Danmark.
- LARSON L (2003) Personligt meddelande. Stockholmsgården, Löderup.
- LARSON H (2005) Personligt meddelande. Institutionen för växtvetenskap, SLU Alnarp.
- MATTSSON J E (2005) Personligt meddelande. Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp.
- MELANDER B, HEISEL T & JØRGENSEN M H (2002) Band-steaming for intra-row weed control. 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control. Pisa, Italy, 11-13 March 2002 5: 216-219.
- MELANDER B, ELSGAARD L & JØRGENSEN M H (2004a) Band-steaming reduces laborious hand-weeding in vegetables. Danish Research Centre for Organic Farming. DARCOFenews (3), 1-4.

- MELANDER B & JØRGENSEN M H (2005) Soil steaming to reduce intrarow weed seedling emergence. *Weed Research*, **45** (3), 202-211.
- MOONEN A C, BARBERI P, RAFFAELLI M, MAINARDI M, PERUZZI A & MAZZONCINI M. (2002) Soil steaming with an innovative machine – effects on the weed seedbank. 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control. Pisa, Italy, 11-13 March 2002 5:230-236.
- PERUZZI A, RAFFAELLI M, GINANNI M & MAINARDI M (2002) Development of innovative machines for soil disinfection by means of steam and substances in exothermic reaction. 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control. Pisa, Italy, 11-13 March 2002, Pisa, Italy.
- ROBBINS W J, & PETSCH K F (1932) Moisture content and high temperature in relation to the germination of corn and wheat grains. *Botanical Gazette* **93**, 85-92.
- SJURSEN H, HERMANSEN A, NÆRSTAD R, NORDSKOG B & NETLAND J (2003) Produktivitetsøkning i frilandsgrovnnsaker basert på miljøvennlig, termisk bekjemping av ugras og soppsjukdommer. Sluttrapport om damping mot ugras og plantesjukdommer ved salatdyrking 2001-03. *Plante forsk. Norsk institutt for planteforskning. Plantervernet*. Ås, Norge.
- WHITE G, BOND B, & PINEL M (2000) Steaming ahead. Sterilisation. *Grower August*, 19-20.
- ÅSTRAND B (2005) Vision Based Perception for Mechatronic Weed Control. Dissertation. Chalmers University of Technology, Department of Computer Science and Engineering. Gothenburg, Sweden.

Bilaga 1.

Tekniska möjligheter att styra såmaskinen i de ångade banden

av Johan Nilsson Inst. för landskaps- och trädgårdsteknik, Alnarp, SLU.

Inledning och syfte

Under sommaren 2004 har försök med ångning i smala band innan sådd av sockerbetor genomförts på Stockholmsgården i Löderup. Försöken visar att det i praktiken inte är möjligt att så i samband med ångning. Med hänsyn till den körhastighet som används vid ångningen, krävs det minst 25 meter mellan ångaggregat och såmaskin för att såbädden ska hinna svalna tillräckligt och därmed undvika skador på betfröna. Detta medför att sådd måste utföras i en separat överfart. För att dra nytta av den ogräseffekt som uppnås, krävs det att såmaskinens förare kan hålla såbillarna i de ångade banden utan att blanda in obehandlad jord.

För att minska kravet på precision och samtidigt öka hastigheten vid sådd kan banden göras bredare. En ökad bandbredd innebär dock en ökad energiåtgång och lägre kapacitet vid ångningen, något som redan lyfts fram som två betydande nackdelar för ångning som bekämpningsmetod. Genom att öka sidostyrningens precision vid sådd, kan det ångade bandets bredd minskas.

Syftet med denna text är att redogöra för några olika tekniska system som kan hjälpa föraren att med precision styra såmaskinen rätt i de ångade banden.

System för styrning av redskap i radsådda grödor

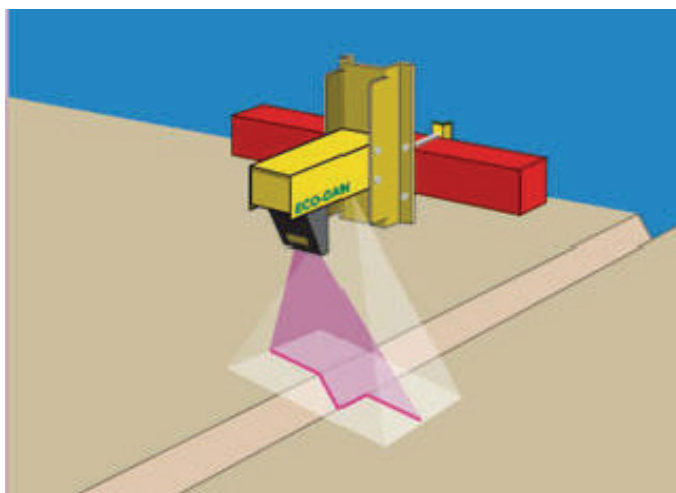
Ett fast styrhjul som följer en rits i marken är ett system som traditionellt används vid bandsprutning. Såmaskinen är då utrustad med en harvpinne som skapar ritsen. På bandsprutan sitter ett hjul med hög styrribba fast monterat i ramen. Genom att styrhjulet placeras i ritsen hålls sprutan kvar i rätt läge. En förutsättning är dock att bandsprutan kan röra sig fritt i sidled i förhållande till traktorn, d.v.s. att traktorns lyftarmar inte är låsta. Ska systemet användas vid ångning utrustas ångaggregatet med harvpinnen som skapar ritsen, och styrhjulet monteras på såmaskinen. Eftersom hela kraften som krävs för redskapets sidoflyttning ska gå genom styrhjulet och ritsen, fungerar detta styrsystem sämre på lös och/eller stening jord där hjulet lätt kan hoppa ur ritsen.

Systemet ovan kan förbättras genom att **hjulet endast tar upp signaler som skickas till ett hydrauliskt styrsystem**, som i sin tur styr redskapet i sidled. Ett sådant system bygger på att traktorns lyftarmar är låsta och att redskapet styrs med **hydraulisk sidoförskjutning av redskapets bäraxel** eller med hjälp av **el- eller hydraulreglerade styrsivor** i kombination med fria lyftarmar (Figur 1). Även om kraften på hjulet är mindre finns det fortfarande risk för att hjulet hoppar ur ritsen om spåret inte är tillräckligt fast. Exempel på systemet är JT-styrningen från Moteska som använder styrsivor reglerade med ett elektriskt ställdon och kostar ca 25 000 – 30 000 kr (Göransson, pers. medd., 2005). Enligt Göransson medger styrsivor högre precision än sidoförskjutning av bäraxeln. Anledningen är att istället för att flytta redskapet, gör den sidoförskjutande bäraxeln i kombination med de mjuka traktordäcken att traktorn gungas i sidled.



Figur 1. Olika system för att styra redskapet i sidled: Hydraulisk sidoförskjutning av redskapets bäraxel (t. v.) och styrskivor som kan styras med hjälp av hydraul- eller elcylinder (t. h.) (ECO-DAN, www).

Det finns också system som beröringsfritt kan läsa av spår i marken, t.ex. från en rits. Med hjälp av **laserljus och videokamera** registreras spåret digitalt och redskapets läge jämförs med spårets (Figur 2). Automatiskt skickas sedan signaler om sidoförflyttning till ett elektriskt eller hydrauliskt styrsystem enligt ovan. I försök vid Dansk Jordbrugsforskning har systemet vid körning i raps, med en körhastighet på 5 km/h, styrt radrensaren efter raden med en standardavvikelse på 14 mm, vilket medger en minsta bandbredd på ca 70 mm (Søgaard *et al.*, 2002). Tillverkaren ECO-DAN har dock lagt ner tillverkningen då systemet ansågs bli för dyrt för lantbrukaren (i storleksordningen 90 000 kr för ett komplett styrsystem) (Skjødt, pers. medd., 2005).



Figur 2. Principskiss för ECO-DAN:s laserkamera som kan läsa av spår i marken (ECO-DAN, www).

Signaler om redskapets position kan även fås genom **GPS**. För styrning av redskap för radsådda grödor krävs centimeternoggrannhet, vilket gör endast RTK-GPS aktuellt (Trimble, www). GPS-signalerna kan användas för att reglera sidoförskjutning av bäraxel, styrskivor eller traktorns styrning (s.k. autopilot). GPS-systemet är betydligt dyrare än andra system (autopilot med RTK-GPS kostar 300 – 400 000 kr (Emgardsson, 2004)), men gör det möjligt att hitta raderna även om ritsen förstörts av regn eller vid radrensning. Detta är dock ingen betydande fördel vid den tänkta användningen, eftersom sådd sker nästan direkt efter ångning.

Referenser

ECO-DAN. ECO-DAN Advanced Tool Control. ECO-DAN A/S. 2004-01-25.

<http://www.eco-dan.com>

EMGARDSSON P (2004) Kör med armarna i kors. *Lantmannen* 10/2004.

SØGAARD H T, JØRGENSEN M H & NIELSEN P S (2002) Præcision ved automatisk styrning af radrensere. *Grøn Viden*, Markbrug nr. 268. DJF, Danmark.

TRIMBLE (2005) GPS for Precision Agriculture. Trimble. 2005-02-01.

http://www.trimble.com/ag_gps.html

Personliga meddelanden

GÖRANSSON, CLAES (2005) Moteska. Vellinge.

SKJØDT, PETER (2005) Service Manager, ECO-DAN A/S. Kvistgaard, Danmark.

SLU
P.O. Box 66
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN
Phone: +46 40 415000 (operator)
www.lt.slu.se