

## SLUTRAPPORT

### UTVÄRDERING OCH FRAMSTÄLLNING AV HAVRESORTER MED NY FODERKVALITET (projekt nr S0636009)

Alf Ceplitis (Rickard Jonsson)  
Lantmännen SW Seed AB

#### Bakgrund

Havre används idag främst till djurfoder. Dock har dagens havresorter en hög andel svårsmälta ligniner i fröskalet, vilket signifikant minskar den tillgängliga fodervolymen. En relativt ny kanadensisk havresort, AC Assiniboia, har visat sig ha mycket låga ligninhalter i skalet och en betydligt bättre smältbarhet än jämförbara sorter. Sorten lämpar sig dock inte direkt för odling i Sverige, då den under svenska förhållanden blir lång, stråsvag och lågt avkastande. Genom att korsa AC Assiniboia med sorter anpassade till svenska förhållanden kan nya lågligninsorter, med ökat fodervärde, framställas för den svenska marknaden. Det aktuella projektets mål är således att med nya och effektiva förädlingsmetoder utveckla en svensk havresort med förbättrad smältbarhet genom att använda AC Assiniboia som donator av lågligninegenskapen.

#### Material och metoder

##### *Sortmaterial och korsningsförfarande*

Utgångsmaterialet består av den kanadensiska havresorten AC Assiniboia, förädlad vid Agriculture and Agri-Food Canada, Winnipeg, samt de svenska havresorterna SW 00348 och SW Ingeborg, båda förädlade av dåvarande Svalöf Weibull AB. Sorten SW 00348 provades år 2003 i svensk officiell provning, men genomgick ej vidare provning. SW Ingeborg godkändes för intagning på svensk sortlista år 2003.

Två korsningar utfördes under 2003 och 2004 med AC Assiniboia som moder och SW00348 respektive SW Ingeborg som fader. Från korsningen AC Assiniboia × SW 00348 har två avkommor med låg ligninhalt korsats med vardera fyra olika konventionella havresorter, total åtta korsningar. Från de åtta korsningarna har även återkorsningslinjer skapats genom att korsningsavkomma återkorsats med respektive moderlinje. Samma korsningsstrategi har använts för avkomman ur korsningen AC Assiniboia × SW Ingeborg; dock har frösättningen här varit dålig varför inget användbart material erhållits ur denna korsning. En översikt över utförda korsningar med avkommor ur AC Assiniboia × SW 00348 återfinns i tabell 1.

Utöver ovan beskrivna material finns linjer framtagna direkt ur de ursprungliga korsningarna (AC Assiniboia × SW00348 och AC Assiniboia × SW Ingeborg). Dessa linjer har provats i avkastningsförsök under år 2007 och 2008. Ingen av linjerna har uppvisat en tillfredsställande avkastningsnivå och behandlas ej vidare i denna rapport.

Tabell 1. Korsningar utförda med AC Assiniboia och SW 00348 samt härur stammande avkomma.

Korsningsbeteckning	Härstamning
2003579	AC Assiniboia × SW 00348
2006577	SW 02293 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006578	SW 02385 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006579	SW 031107 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006580	SW 031405 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006581	SW 050617 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006582	SW 050709 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006583	SW 050625 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006585	SW 051322 × (AC Assiniboia × SW 00348)
2006590	(SW 02293 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 02293
2006591	(SW 02385 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 02385
2006592	(SW 031107 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 031107
2006593	(SW 031405 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 031405
2006594	(SW 050617 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 050617
2006595	(SW 050709 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 050709
2006596	(SW 050625 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 050625
2006597	(SW 051322 × (AC Assiniboia × SW 00348)) × SW 051322

### Uppfödning och urval

För var och en av korsningarna 2006577 – 2006585 har F2-generationen skördats i bulk och 320 F3-avkommor slumpmässigt valts ut för s.k. single-seed descent (SSD) i växthus under två generationer (F3 och F4). SSD innebär att varje individ i en given generation ger upphov till endast en avkomma i efterföljande generation. Detta förfaringssätt medför att den genetiska variationen i avkomman bibehålles (tekniskt sett eftersom variansen i avkommeantalet är noll, vilket innebär att den effektiva populationsstorleken går mot oändligheten), samtidigt som man kan genomföra en snabb propagering av materialet (3 generationer på ett år). F5-generationen såddes i fält under 2008 som vipprader (dvs. 320 rader per korsning). Agronomiskt undermåliga F5-linjer valdes bort i fält och resterande linjer screenades för ligninhalt med en enkel, kvalitativ metod (se nedan). F5-linjer med låg ligninhalt behölls medan högligninlinjer sållades bort. Av de ursprungliga 2560 F5-linjerna återstod 68 linjer som uppfödades på Nya Zeeland under vintern 2008/2009. Skördat material från Nya Zeeland användes som utsäde för ett preliminärt avkastningsförsök i Svalöv 2009. Försöket lades ut utan replikat med upprepade mätare (sorterna Belinda och SW Kerstin). Samtliga 68 linjer och relevanta mätare analyserades för ligninhalt med en mer avancerad kvantitativ metod (se nedan). 21 linjer med en kombination av hög avkastning och låg ligninhalt, samt i övrigt tillfredsställande odlingsegenskaper, valdes ut för ytterligare avkastningsförsök 2010. Dessa försök lades ut som s.k. balanserade ofullständiga blockförsök (balanced incomplete block) med två replikat på tre lokaler i Sverige (Svalöv i Skåne, Bjertorp i Västergötland och Kölbäck i Östergötland). Slutligen provades fyra av de 21

linjerna även under 2011 i likadant upplagda avkastningsförsök på samma tre lokaler. Frösättningen i återkorsningarna 2006590 – 2006597 var mycket dålig och tillräckligt material för vidare uppförökning och provning kunde ej erhållas.

### *Analys av ligninhalt*

Två metoder användes för analys av ligninhalt: en enkel, kvalitativ metod och en mer avancerad kvantitativ metod. I den förra färgas kärnor (med skal) under två minuter i en 2 % lösning av phloroglucinol i 95 % etanol, varefter kärnorna flyttas till 50 % saltsyra. Phloroglucinolet reagerar med aldehyder i ligninet varvid en rödfärgning inträder. En gradering av ligninhalt kan göras på basis av färgintensitet, men metoden har här endast använts kvalitativt. I den senare metoden kvantifieras lignin gravimetriskt enligt ISO 13906:2008. Provet behandlas först med en kokanda katjonisk detergent som löser upp protein, fett och fiber. Återstoden behandlas sedan med stark svavelsyra som ger en fast rest som tvättas och torkas och vägs ut som lignin.

### **Resultat**

Ligninhalten (% torrsubstans, ts) i de 68 linjer som ingick i de preliminära avkastningsförsöken 2009 varierade från 0,9 % till 2,3 %, vilket är mellan 30 % och 77 % av medelvärdet av ligninhalten i mätarsorten Belinda (3,0 % lignin ts; bild 1). Det fanns en viss, dock ej statistiskt signifikant, skillnad mellan de olika korsningarna (tabell 2), som framförallt hänförde sig till enstaka linjer med något högre ligninhalt i vissa korsningar (tabell 2)

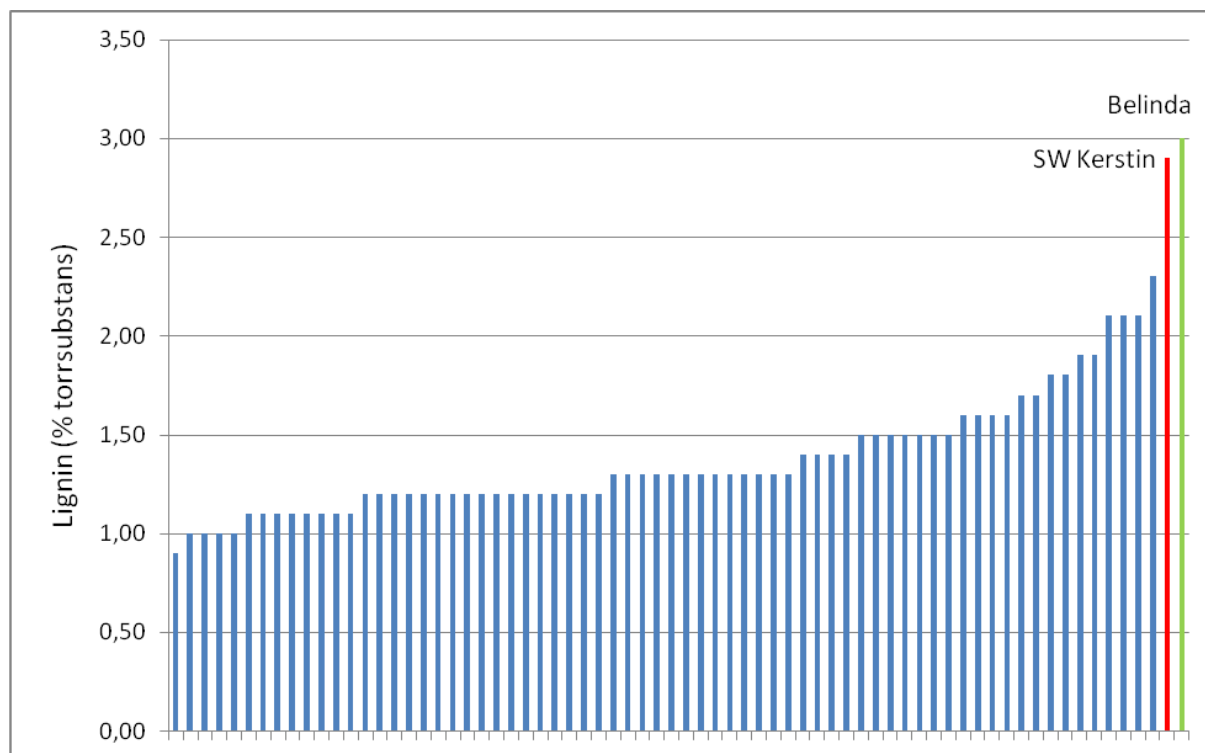


Bild 1. Ligninhalt (% torrsubstans) i 68 linjer ordnade efter stigande halt, samt två jämförelsesorter: SW Kerstin och Belinda. Data från 2009.

Tabell 2. Sammanfattande statistik över ligninhalten i åtta olika korsningar. Data från år 2009, Std.av. = standardavvikelse.

Korsning	Antal linjer	Medel	Min	Max	Std.av.
2006577	9	1,3	1,0	1,6	0,20
2006578	6	1,3	1,1	1,5	0,16
2006579	5	1,2	1,1	1,3	0,07
2006580	9	1,6	1,2	2,1	0,32
2006582	13	1,6	1,2	2,1	0,32
2006583	14	1,3	0,9	2,3	0,32
2006584	1	1,0	1,0	1,0	-
2006585	11	1,3	1,0	1,8	0,27

Avkastningsnivån för de 68 linjerna var mycket varierande, från 5019 till 6981 kg/ha, vilket motsvarar mellan 81 % och 113 % av den genomsnittliga avkastningen hos mätarsorten Belinda i samma försök. Det fanns ingen signifikant korrelation mellan ligninhalten och avkastning ( $r^2 = 8,8 \cdot 10^{-5}$ ). De 21 linjer som provades i utvidgade avkastningsförsök 2010 avkastade mellan 4356 och 6164 kg/ha estimerat som ett medelvärde över tre lokaler, vilket motsvarar mellan 84 % och 119 % av den genomsnittliga avkastningen hos Belinda. Skillnaderna i avkastning mellan lokaler var stundtals höga. Bland de linjer som provades ett tredje år, 2011, utmärkte sig en linje, härstammande ur korsning 2006580 och betecknad SW 101108, som särskilt intressant. En sammanfattning av denna linjes avkastnings-, odlings-, samt kvalitetsegenskaper från år 2011 finns i tabell 3 och 4. Ligninhalten i SW 101108 är 1,2 %, vilket är ca 40 % av halten i Belinda.

Tabell 3. Avkastning hos lågligninlinjen SW 101108 jämfört med mätarsorten Belinda.

Lokal	Sort	Avkastning <sup>1</sup>		
		2009	2010	2011
Svalöv	SW 101108	102	102	110
Bjertorp	SW 101108		104	101
Kölbäck	SW 101108		103	98
Medel	SW 101108	102	103	102

<sup>1</sup> Relativt Belinda

Tabell 4. Odlings- och kvalitetsegenskaper hos lågligninlinjen SW 101108 jämfört med mätarsorten Belinda. Data från år 2011; Hlv = hektolitervikt

Lokal	Sort	Mognad (dagar) <sup>1</sup>	Strållängd (cm)	Stråstyrka (%)	Hlv (kg)	Kärnhalt (%)
Svalöv	SW 101108	+1	95	80	57,1	71,9
	Belinda	0	100	75	56,2	70,6
Bjertorp	SW 101108	+2	90	90	56,9	71,8
	Belinda	0	100	80	56,6	69,6
Kölbäck	SW 101108	+3	100	80	55,9	66,4
	Belinda	0	105	80	54,0	62,5
Medel	SW 101108	+2	95	83	56,6	70,0
	Belinda	0	102	78	55,6	67,6

<sup>1</sup> Relativt Belinda

### Diskussion

Introgression av egenskaper med enkel nedärvning, som tex. sjukdomsresistens, eller, som i detta fall, låg ligninhalt, från exotiskt till anpassat material, sker ofta med dålig precision, även i noggrant planerade återkorsningsprogram, med följderna att oönskade gener och egenskaper överförs från den ej anpassade genkällan till slutprodukten. Icke desto mindre har detta projekt visat att det är möjligt att framställa en väl anpassad sort med en ny egenskap introducerad från exotiskt material utan återkorsningar. Det skall dock påpekas att eftersom återkorsningarna i detta fall misslyckades, finns ingen direkt jämförelse mellan de båda förfaringssätten, men faktum kvarstår att den erhållna slutprodukten, sorten SW 101108, har bättre, eller minst lika goda, avkastnings-, odlings- och kvalitetsegenskaper jämfört med Belinda, som är mätarsort i svensk officiell sortprovning. SW 101108 har uppvisat högre avkastning än Belinda i sex av sju avkastningsförsök (tabell 3 och 4). Dessutom har SW 101108 kortare strå, bättre stråstyrka, högre hektolitervikt och högre kärnhalt än Belinda. Det viktigaste framsteget är dock den låga ligninhalten, som är endast 40 % av halten i Belinda. Med tanke på att Belinda är den viktigaste foderhavresorten i Sverige (och Norge) är detta en stor framgång. Kombinationen av förbättrade odlingsegenskaper och mer än halverad ligninhalt gör att SW 101108 är en klar kandidat till officiell provning i Sverige och, efter vidare provning, möjligen andra nordiska länder.

Det finns åtminstone två viktiga skäl till projektets tillfredställande resultat, trots de misslyckade återkorsningarna: För det första tycks det inte – åtminstone inte i det använda materialet – finnas någon negativ korrelation mellan avkastning och ligninhalt, vilket innebär att ligninhalten och avkastningen kan manipuleras oberoende av varandra. En sänkning av ligninhalten behöver med andra ord inte innebära en samtidig sänkning av avkastningen. För det andra har kombinationen av SSD och tillgången till en snabb och enkel metod för screening av ligninhalt möjliggjort ett effektivt och fokuserat urval.

**Publikationer**

Inga publikationer föreligger f.n.

**Avslutande kommentar**

Som tidigare meddelats har den ursprunglige huvudsökanden i projektet, fil. dr Rickard Jonsson, under år 2007 slutat sin tjänst som havreförädlare på dåvarande Svalöv Weibull AB. Ny havreförädlare och därmed ny ansvarig för föreliggande projekt, har fr.o.m. den 14 augusti 2007 varit fil. dr Alf Ceplitis. På grund av detta byte av projektansvarig har arbetet i projektet i viss mån försenats. Dessutom har frösättningsproblem i återkorsningar samt ökade kostnader för laboratorieanalyser föranlett flera ändringar av den ursprungliga forskningsplanen. Information om detta har givits i tidigare lägesrapporter. Trots dessa avvikelser från arbetsplanen har projektet varit synnerligen framgångsrikt så till vida att en högavkastande, odlingsvärd havresort, anpassad till svenska odlingsförhållanden, och med kraftigt reducerad ligninhalt, har utvecklats och nu är färdig att provas för intagning på den svenska sortlistan för framtida marknadsintroduktion. Detta hade ej varit möjligt utan projektfinansiering från SLF.

Svalöv 29 september 2011

Alf Ceplitis