



Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Analys av fenologiska egenskaper för kloner av vårtbjörk

Lars-Göran Stener

Arbetsrapport nr 327

1996

**SkogForsk, Glunten, 751 83 UPPSALA
Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00**

Serien Arbetsrapporter dokumenterar långliggande försök, inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie.

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Bakgrund och syfte	1
Material och metoder	2
Studie 1	2
Studie 2	3
Resultat och diskussion	5
Studie 1 – Klontest	5
Studie 2 – Klonarkiv	7
Slutsatser	14
Referenser	14

Bakgrund och syfte

I det norra tempererade klimatområdet regleras trädutväxtens början och avslutning av temperatur och fotoperiodlängd (Håbjörg, 1978a, b). Utväxtrytmen är starkt genetiskt betingad och av stor betydelse för plantans förmåga att överleva och utvecklas på olika lokaler. Ett flertal studier har visat att provenienser som flyttas norrut påbörjar resp. avslutar utväxten senare än lokalt material (Johnsson, 1976). För sydligt förflyttat material gäller det motsatta förhållandet, d.v.s. utväxten påbörjas resp. avslutas tidigare.

Början och slutet av utväxtpperioden är kritisk för det enskilda trädets utveckling. Alltför tidig start eller alltför sen avslutning kan bli ödesdiger för trädet. Det är endast individer som lyckats att anpassa sin utväxtrytm till klimatet ifråga som överlever. Det räcker dock inte med att vara anpassad till ett ”medelklimat” utan trädet måste också kunna klara av extrema situationer. Den klimatiska anpassningen är troligen starkt styrd av sådana extrema förlopp (Koski, Selkäinaho, 1982).

Material som förflyttas alltför kraftigt har en utväxtrytm som inte är anpassad till det lokala klimatet. Sannolikheten för att sådant material skadas av vår- eller höstfroster är stor. Härdigheten, d.v.s. förmågan att klara av låga temperaturer under vinterperioden, påverkas också negativt om träden inte hinner invintra i tid. Klimatskador kan yttra sig som utväxtnedsättningar, kvalitetsdefekter eller som ökad avgång, vilka samtliga leder till mer eller mindre allvarliga ekonomiska konsekvenser.

Vid praktisk skogsträdsförädling är det viktigt att inte bara ha kunskap om utväxtegenskaper för de individer som ingår i en förädlingspopulation utan också om deras fenologiska egenskaper. På basis av sådan information har man möjlighet att selektera och fördela produktions- och kvalitetsmässigt bra material till regioner där det är klimatiskt väl anpassat. Förutsättningarna för selektion är goda, eftersom det finns en stor genetisk variation i såväl produktions-, kvalitets- som i utväxtrytmegenskaper (Wang, Tigerstedt, 1993).

År 1988 startades ett förädlingsprojekt inom SkogForsk med syfte att få fram ett bättre skogsodlingsmaterial av främst vårt-, men även av glasbjörk för hela Sverige. Ca 600 plusträd av vårtbjörk har valts för tänkbar användning i Götaland och Svealand. Dessa träd är utvalda i bestånd och försök i södra Sverige samt i sydfinska fröplantager och försök med såväl finskt som baltiskt ursprung. Dessutom har kontinentalt material erhållits från norra Tyskland och Polen samt Holland och Tjeckoslovakien.

Drygt 40 % av plusträden klonförökades 1988-1990 genom vävnadskulturt teknik. Åren 1990-1991 planterades max 5 individer per klon och försök på 6 olika försökslokaler i södra Sverige. Från de tidigaste anlagda försöken finns resultat med avseende på de olika klonernas utväxt och kvalitet (Stener, 1995). Däremot saknas klonvisa fenologiska uppgifter.

Syftet med denna studie är att skaffa klonvis information om olika grundläggande fenologiska egenskaper för de plusträd av vårtbjörk som valts ut för användning i södra Sverige.

Material och metoder

Studie 1

Observationerna i den första studien baseras på trädvisa mätningar i klontesten S21V9031167 i Hjuleberg (tabellerna 1 och 3). Bland annat mättes totalhöjden under senhösten åren 1990 och 1991. För att få ett visst grepp om klonernas tillväxtavslutning gjordes dessutom den 15/8–1991 en tuschmarkering 5 cm under toppen på 1991 års toppskott på varje träd. Efter tillväxtsäsongens slut mättes avståndet mellan tuschmarkeringen och ändpunkten på toppskottet. Därigenom kunde 1991 års höjdtillväxt före resp. efter detta datum bestämmas.

Tabell 1.
Data om försökslokalerna.

	Studie 1 – Klontest	Studie 2 – Arkiv
Nr	S21V9031167	
Lokal	Hjuleberg	Ekebo
Län	Halland	Malmöhus
Lat, long, höh	56° 57', 12° 43', 50 m	55° 57', 13° 20', 90 m
Tidigare markanvändn.	Åker	Åker
Vegetationstyp	Bredbladigt gräs	Bredbladigt gräs
Rörligt markvatten	Saknas	Saknas
Fuktighet	Frisk	Frisk
Planteringsår	1990	1993
Revisionsår	Hösten, 1991	Våren och hösten 1994
Försöksdesign	Randomiserat blockförsök	
Parcelltyp	1 × 1	
Antal block	5	
Förband	2 × 2 m	2 × 3 m
Materialets ursprung	Svenskt	Svenskt, finskt, baltiskt, kontinentalt
Trädslag	Vårtbjörk	Vårtbjörk

Genotypvärden skattades för 1991 års hela toppskottslängd och för den längdtillväxt som avsattes efter 15 augusti med hjälp av BLUP-metodik (program OWST-BLUP; Danell, 1988). Skattningen av genetiska parametrar utfördes med LSMLW och MIXMDL (Harvey, 1990). Följande statistiska modell användes:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + k_j + e_{ij} \quad \text{där}$$

Y_{ij} = Observation i block i för klon j

μ = Försökets medelvärde

b_i = Fix effekt av block i

k_j = Slumpmässig effekt av klon j med förväntan 0 och varians σ_k^2

e_{ij} = Residualeffekt för individ ij med förväntan 0 och varians σ_e^2

Den genotypiska heritabiliteten beräknades utifrån erhållna variansskattningar enligt:

$$H^2 = \sigma_k^2 / (\sigma_k^2 + \sigma_e^2)$$

Fenotypiska korrelationer mellan olika egenskaper i olika försök beräknades enligt Pearson (SAS, 1987). Genotypiska korrelationer mellan olika egenskaper i samma försök skattades enligt:

$$r_G = \sigma_{k_1k_2} / (\sigma_{k_1}^2 \sigma_{k_2}^2)^{0.5} \quad \text{där}$$

$\sigma_{k_1k_2}$ = Skattad genotypisk kovarians mellan egenskap 1 och 2

$\sigma_{k_1}^2$ = Skattad genotypisk varians i egenskap 1

$\sigma_{k_2}^2$ = Skattad genotypisk varians i egenskap 2

Studie 2

Observationerna i den andra studien baseras på trädvisa mätningar av vävnadsförökade individer i klonarkivet vid SkogForsks forskningsstation i Ekebo (tabellerna 1 och 3). Klonerna vävnadsförökades 1989–1990, intensivodlades därefter i krukor och planterades slutligen i klonarkiv 1993. Arkivet med detta material utgör en sammanhängande areal på ca 3 300 m². Av varje klon finns max 3 individer. Vid planteringen sattes individer av samma klon direkt efter varandra i plantraden. Kloner med samma ursprung (tabell 2) planterades intill varandra. Vid mätningen var så gott som samtliga individer 3–4 m höga.

Tabell 2.
Plusträdens fördelning på ursprung i studie 2.

Ursprung	Sverige	Finland	Baltikum	Tyskland	Polen	Holland	Alla
Antal kloner	101	60	13	17	24	7	222
Antal individer	287	116	23	32	47	14	519

Trädens tillväxtstart bedömdes våren 1994 utifrån knopparnas utvecklingsstadium på en representativ gren, växande mot söder och på ungefär 50 % av trädhöjden:

0 = Inaktiv.

1 = Något svälld och grön ytterst i toppen.

2 = Bladet kan skönjas.

3 = Bladet har vecklats ut och man kan urskilja bladveckningen.

4 = ”Musöron”.

5 = Fullt utvecklade blad.

För att registreras till en viss klass skulle minst 50 % av knopparna på den bedömda grenen ha nått detta utvecklingsstadium. Registreringen genomfördes varannan dag från den 21/4 fram till det datum då samtliga träd hade nått minst klass 3, vilket inträffade den 27/4.

I bearbetningen har klass 3 använts som kriterium på tidpunkten för tillväxtens början. I de fall träden ”hoppat över” en klass mellan två intilliggande registreringstillfällen, exempelvis från klass 2 den 21/4 till klass 4 den 23/4,

korrigerades datumet till dagen emellan de båda registreringarna. I exemplet motsvarar detta den 22/4.

Antalet dagar med medeltemperatur över 5 °C var få före 1/3. Dessa fåtaliga dagar antogs ha liten effekt på knopparnas aktivitet, varför 1/3 användes som startdatum vid beräkning av temperatursumma. Denna definierades som ackumulerat antal dygnsgrader $\geq 5^\circ$ fr.o.m. 1/3 och beräknades för varje träd t.o.m. det datum då trädet hade uppnått klass 3.

Den följande hösten registrerades tillväxtavslutningen var 3:e dag under perioden 30/9–18/10. Därvid bedömdes andelen löv som var gula/bruna eller redan fällda i förhållande till bedömd total bladmassa. Vid bearbetningen sattes tidpunkten för tillväxtens avslutning till det datum när 100 % av bladmassan var gul/brun eller avfallen. I slutet av registreringsperioden (16/10–17/10) sjönk dock temperaturen drastiskt till ett par minusgrader. Efter detta datum förändrades inte utseendet på bladen nämnvärt, vilket medförde att registreringen upphörde den 18/10. För de kloner vars tillväxt inte var helt avslutad enligt definitionen ovan, sattes datumet för tillväxtavslutningen med hjälp av extrapolering utifrån tidigare registreringar. Viss interpolering har också skett mellan registreringstillfällena.

Vegetationsperiodens längd beräknades som antalet dagar mellan tillväxtens början och slut enligt definitionerna ovan. Förkortningar och förklaringar av de egenskaper som använts i analysen redovisas i tabell 3.

Trots att individerna i klonarkivet inte är slumpmässigt fördelade beräknades BLUP-skattade genotypvärden med PROC MIXED (SAS, 1992) och genetiska parametrar skattades med LSMLW och MIXMDL (Harvey, 1990). Mot bakgrund av arkivets design kan miljövariationen ge upphov till systematiska fel. Några systematiska trender har dock inte observerats för någon egenskap i arkivet, t.ex. att den södra halvans kloner startat och avslutat tillväxten tidigare än kloner i övriga delar. Eftersom arkivet inte är anlagt med syfte att beräkna parametrar och genotypvärden bör resultaten från studie 2 generellt tolkas med viss försiktighet.

Vid analysen användes en ”nested modell” som baseras på klonens identitet resp. ursprung (svenskt, finskt, baltiskt, kontinentalt).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + F_{ij} + e_{ijk} \text{ där}$$

Y_{ijk} = Observation för individ ijk

μ = Försökets medelvärde

A_i = Fix effekt av materialgrupp (ursprung) i

F_{ij} = Slumpmässig effekt av klon j tillhörande grupp i

e_{ijk} = Residualeffekt för individ ijk

Heritabilitet och korrelationer har beräknats på samma sätt som i studie 1.

Tabell 3.
Egenskaper som mätts eller bedömts för varje träd i studie 1 och 2.

Egenskap	Förkortning	Lokal	Förklaring
Höjd	H91	Klontest	Totalhöjd hösten 1991 (cm).
Höjdtillväxt	Htx91	Klontest	1991 års höjdtillväxt (cm). Beräknad som differensen mellan 1991 och 1990 års totalhöjder.
Hösttillväxt	Längd-höst	Klontest	Toppskottets längdtillväxt efter 15/8–1991 (cm)
	Längd%-höst	Klontest	(Längd-höst) x 100/Htx91 (%)
Tillväxtstart	Dagnr-vår	Klonarkiv	Antalet dagar från 1994 års början till tidpunkten då 50 % av knopparna på en representativ gren på trädet bedömdes ha utvecklade blad där bladveckningen börjat synas (klass 3).
Tillväxtstart	Tsum5	Klonarkiv	Temperatursumma. Ackumulerat antal dygnsgrader $\geq 5^\circ$ fr.o.m. 1/3–1994 t.o.m. det datum då trädet nådde klass 3.
Tillväxtavslutning	Dagnr-höst	Klonarkiv	Antalet dagar från 1994 års början till tidpunkten då 100 % av trädets bladmassa var gul/brun eller fälld.
Vegetationsperiod	Veg.period	Klonarkiv	(Dagnr-höst) - (Dagnr-vår)

Resultat och diskussion

Studie 1 – Klontest

Signifikanta skillnader mellan kloner erhöles för samtliga 4 observerade egenskaper ($P < 0,0001$). I tabell 4 presenteras statistiska och genetiska uppgifter för försöket i Hjuleberg.

Tabell 4.
Statistiska och genetiska data. Klontest S21V9031167 i Hjuleberg.

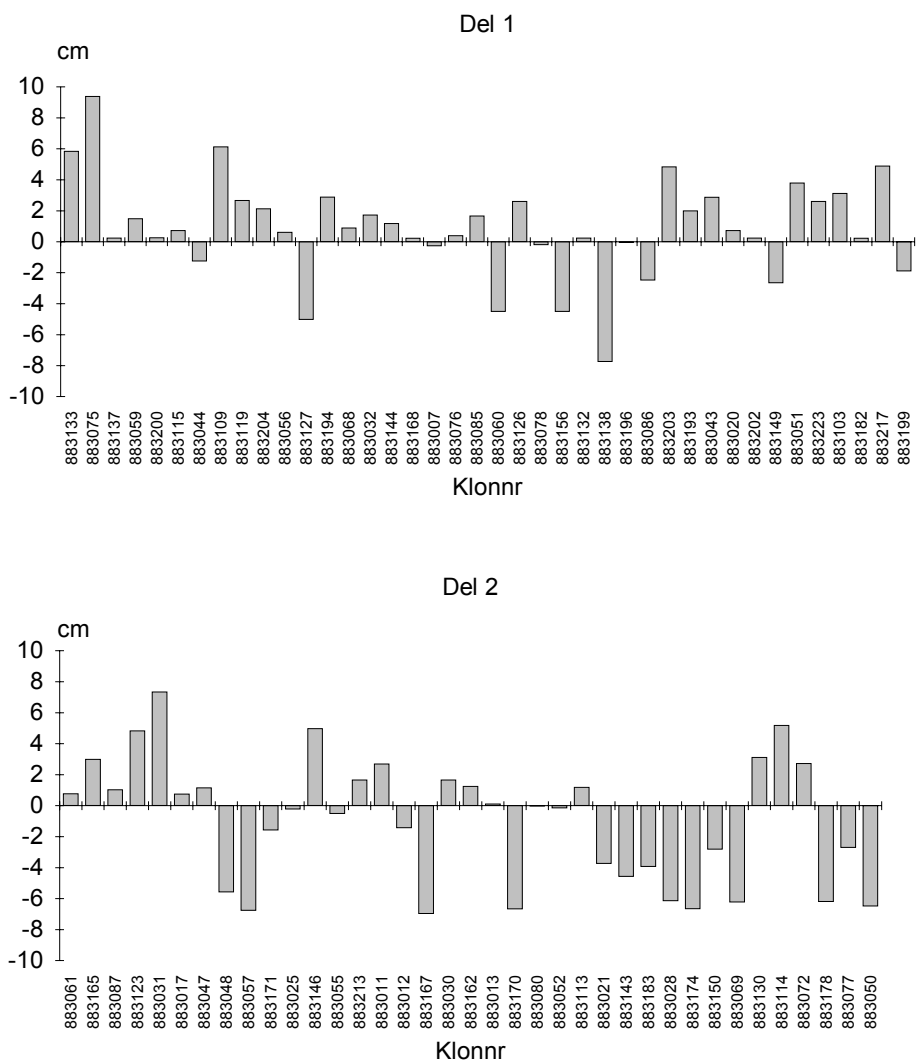
	H91	Htx91	Längd-höst	Längd%-höst
Medelvärde	226 cm	79 cm	11,7 cm	14,7 %
Standardavvikelse	32,0 cm	21,5 cm	7,0 cm	8,8 %
Antal obs.	301	301	301	301
Antal kloner	77	77	77	77
H²	0,56	0,17	0,40	0,41
Cv_G	0,10	0,11	0,38	0,38

Plantorna var visserligen stora vid planteringen (nästan 1,2 m) men sett utifrån 1991 års totalhöjd och höjdtillväxt måste utvecklingen i försöket ändå betecknas som mycket god. Försöket var m.a.o. väl etablerat inför mätningen av hösttillväxten. I genomsnitt avsattes inte mindre än 15 % av 1991 års tillväxt efter 15 augusti. Det skall påpekas att sensommaren 1991 var ”normal”, d.v.s. den skiljde sig inte nämnvärt vad gäller temperatur och nederbörd från medelvärdet för perioden 1931–1960 (SMHI, 1991).

Heritabiliteterna är höga för hösttillväxt och totalhöjd. De genetiska korrelationerna mellan hösttillväxt och totalhöjd resp. höjdtillväxt är positiva men låga (tabell 5). Medelfelen till skattningarna är dessutom höga. Några klara trender går således inte att urskilja. Av naturliga skäl är korrelationen mellan absolut och relativ hösttillväxt mycket hög.

Tabell 5.
Genetiska korrelationer. Medelfel anges inom parentes. Klontest
S21V9031167 i Hjuleberg.

	Htx-91	Längd-höst	Längd%-höst
H91	0,63 (0,11)	0,19 (0,14)	0,03 (0,15)
Htx91		0,27 (0,19)	0,01 (0,21)
Längd-höst			0,96 (0,003)



Figur 1.
Genotypiska avvikelser från klonmedelvärdet för den längdtillväxt som avsatts efter
15 augusti 1991 i försök S21V9031167, Hjuleberg. Klonerna är fördelade efter Blup-
värden för 1991 års höjdtillväxt. Ju längre ifrån origo, desto sämre höjdtillväxt. I del 1
ingår enbart kloner där höjdtillväxten är större än klonmedelvärdet. Klonerna i del 2
har en sämre höjdtillväxt än klonmedelvärdet. Svenskt ursprung.

I figur 1 visas höjdtillväxten för resp. klon. Varje stapel representerar klonens avvikelse från medeltalet. Klonerna är sorterade efter 1991 års höjdtillväxt, d.v.s. klonen med den största höjdtillväxten är inritad närmast origo och därefter är klonerna sorterade i fallande ordning. Av utrymmesskäl har diagrammet delats upp i 2 delar. Del 1 utgörs av kloner

med bättre höjdtillväxt än klonmedeltalet och i del 2 ingår kloner som är sämre än medeltalet.

Det framgår att det är relativt stora skillnader mellan olika kloner och att sambandet mellan 1991 års totala höjdtillväxt och den tillväxt som avsatts på hösten är mycket oklart. Kloner som vuxit bra resp. dåligt kan ha såväl stor som liten tillväxt på hösten.

Studie 2 – Klonarkiv

I variansanalysen erhålls signifikanta skillnader för såväl materialgrupper som för kloner inom grupper ($P < 0,01$). Signifikansen kan dock ifrågasättas eftersom materialet inte är slumpmässigt fördelat. Därmed är inte förutsättningarna för testning uppfyllda (se avsnitt Material och metoder – Studie 2).

I tabell 6 redovisas medeltal för samtliga kloner i klonarkivet samt least-square-means avvikelser från medeltalet för resp materialgrupp för 4 egenskaper som är av betydelse för tillväxtens början och avslutning.

Tabell 6.

Medelvärden (avvik) från medelvärdet för alla materialgrupper och dess standard error (se) med fördelning över materialgrupp och 4 egenskaper.

Material	Antal obs.	Antal kloner	Dagnr-vår		Tsum5		Dagnr-höst		Veg.period	
			avvik.	se	avvik.	se	avvik.	se	avvik.	se
Kontinentalt	93	48	2,0	0,22	24,3	2,62	4,5	0,42	2,5	0,42
Svenskt	287	101	-0,1	0,20	-1,8	2,47	1,2	0,40	1,3	0,40
Baltiskt	23	13	-0,5	0,35	-6,5	4,22	-1,3	0,68	-0,8	0,68
Finskt	116	60	-1,4	0,20	-16,0	2,51	-4,5	0,40	-3,1	0,40
Alla, medelv	519	222	110,9	0,16	150,4	1,93	285,7	0,31	174,0	0,31
Alla, min-max	519	222	107-117		113-225		271-292		160-182	

I medeltal slog björkarna enligt definitionen ut vid temperatursumman 150 dygnsgrader, vilket inträffade på årets 111:e dag (21/4). De olika materialgrupperna skiljer sig på det sätt man kan förvänta sig:

Knoppsprickningen sker tidigare och vid lägre temperatursumma för material med nordligare ursprung. Det är dock frågan om små skillnader. I medeltal är det 3 dagar eller 40 dygnsgrader som skiljer de finska klonerna från de kontinentala.

Även höstbeetendet följer ”regelboken”: Ju nordligare ursprung, desto tidigare tillväxtavslutning. Här är dock skillnaderna mellan grupperna större. I medeltal är det 9 dagars skillnad mellan finskt och kontinentalt material. För vegetationsperioden, d.v.s.differensen mellan Dagnr-höst och Dagnr-vår, skiljer endast 6 dagar mellan finska och kontinentala björkar.

I figurerna 2–4 visas individuella genotypiska avvikelser från klonmedeltalet inom resp materialgrupp exklusive det baltiska materialet.

Summan av avvikelserna för samtliga kloner inom en viss grupp är 0. Det är små skillnader i tillväxtstart för enskilda individer inom resp. grupp. För tillväxtens avslutning är avvikelserna från klonmedeltalet dock påfallande för finska kloner och i viss mån även för svenska. Variationsbredden inom resp. grupp illustreras i figur 5.

Heritabiliteterna är höga för samtliga egenskaper (tabell 7). Eftersom individerna i arkivet är planterade klonvis går det inte helt att skilja på miljö- och kloneffekter. En del av miljöeffekterna kommer att registreras som kloneffekter. De H^2 värden som presenteras nedan är således överskattade. De genetiska korrelationerna är svaga utom för Dagnr-vår och Tsum5 som ju ger uttryck för samma egenskap samt för Dagnr-höst och Veg.period (tabell 8). Den senare korrelationen indikerar att sen avslutning resulterar i lång vegetationsperiod. Att korrelationen mellan Dagnr-vår och Dagnr-höst är låg innebär att det inte finns något uttalat samband för att individer som startar tidigt på våren också avslutar tillväxten tidigt på hösten och vice versa.

Tabell 7.
Genetiska data för samtliga björkkloner i Ekebos klonarkiv.

	Dagnr-vår	Tsum5	Dagnr-höst	Veg.period
H^2	0,83	0,83	0,87	0,84
Cv_G	0,014	0,12	0,010	0,017

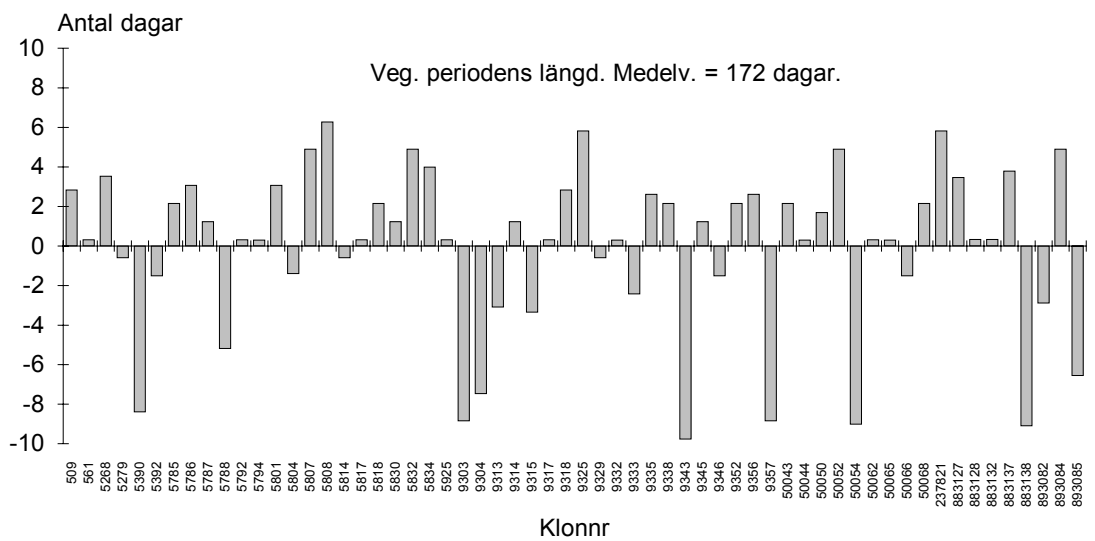
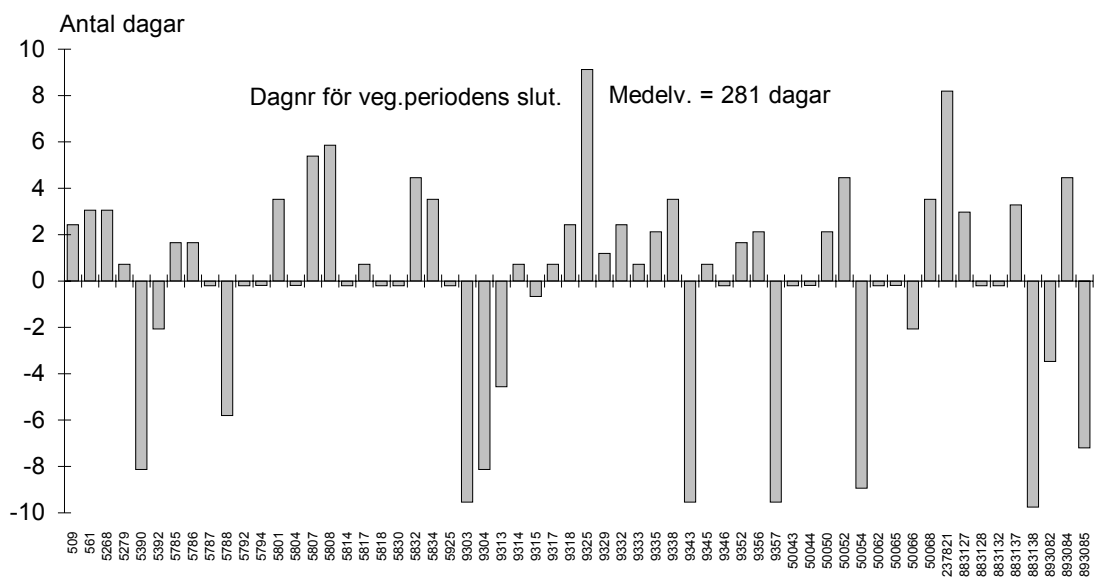
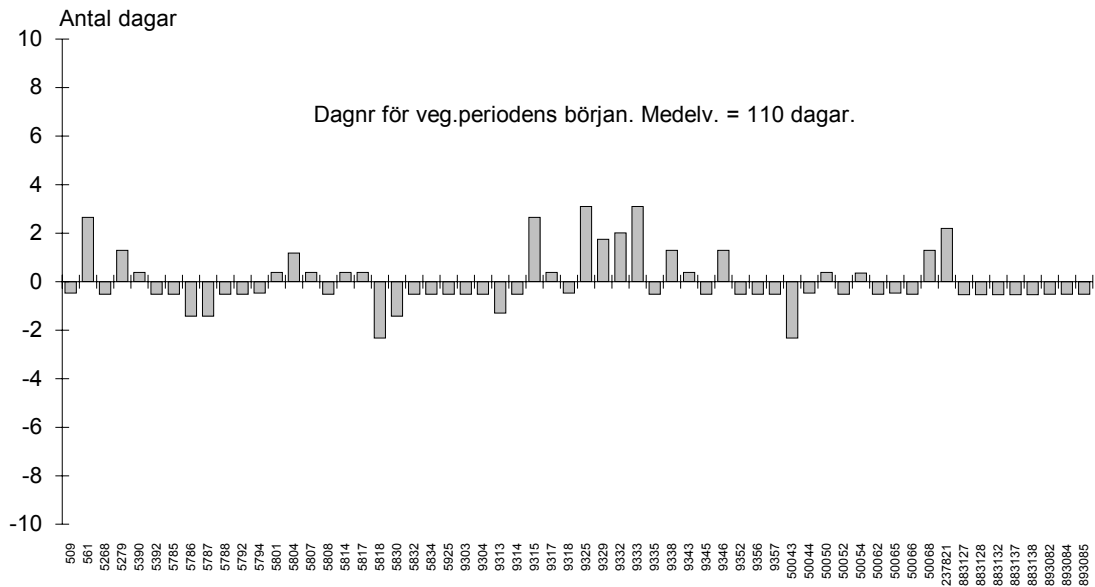
Tabell 8.
Genetiska korrelationer för kloner i Ekebos klonarkiv.

	Tsum5	Dagnr-höst	Veg.period
Dagnr-vår	0,99	0,28	-0,23
Tsum5		0,28	-0,23
Dagnr-höst			0,87

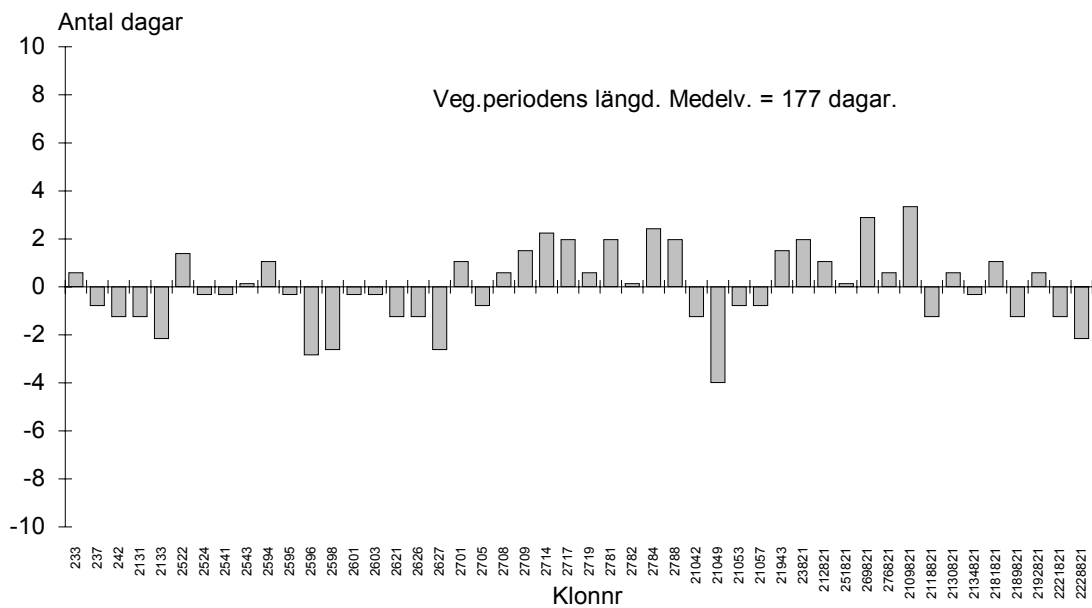
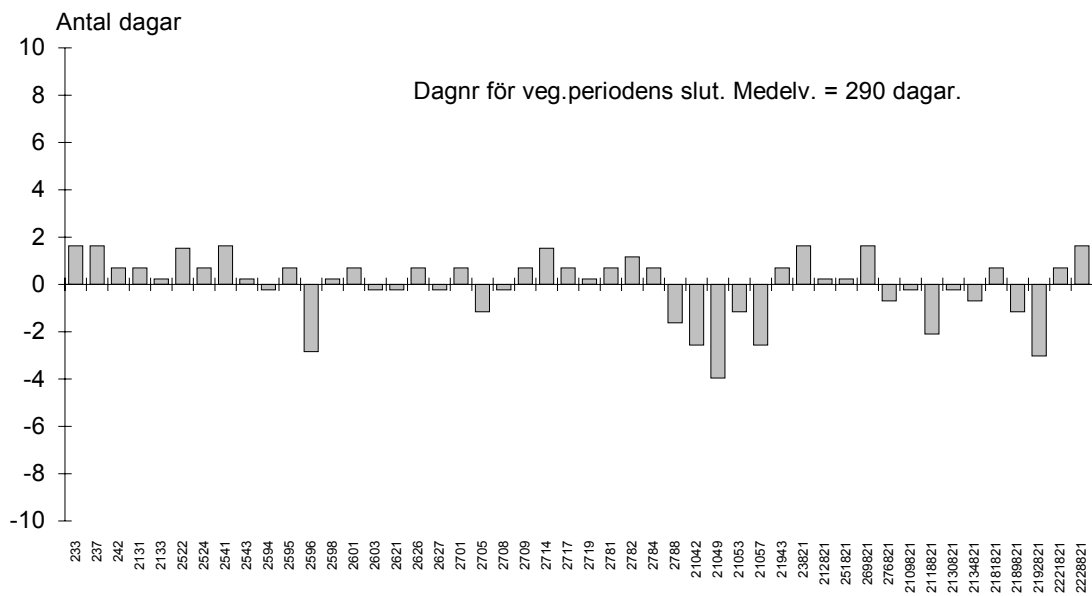
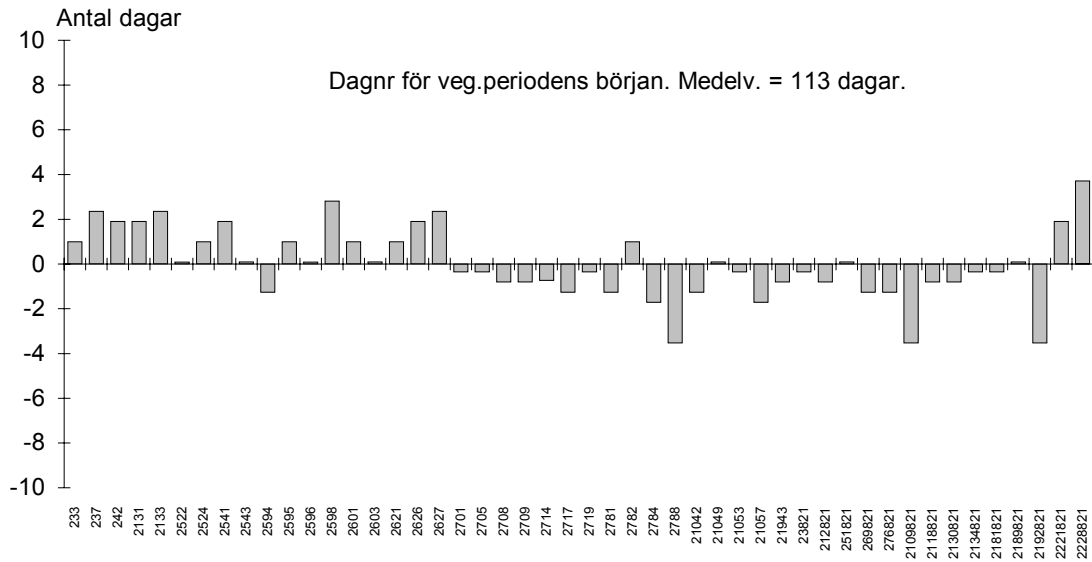
Samband har också beräknats för de 30 kloner som finns representerade både i klonarkivet och klontesten. Därvid har Pearson korrelationer skattats utifrån klonernas fenotypmedelvärden (tabell 9). Det visar sig då att sambandet mellan dagnr-höst och längd-höst är relativt starkt trots att egenskaperna avser höstbeteendet för olika år och olika lokaler. Troligen är den enklare mätningen (dagnr-höst) tillräckligt bra för att rangordna olika kloners tillväxtrytm på hösten.

Tabell 9.
Pearson korrelationer mellan fenotypmedelvärden för kloner som både finns i klontesten i Hjuleberg och i klonarkivet. Svenskt ursprung.

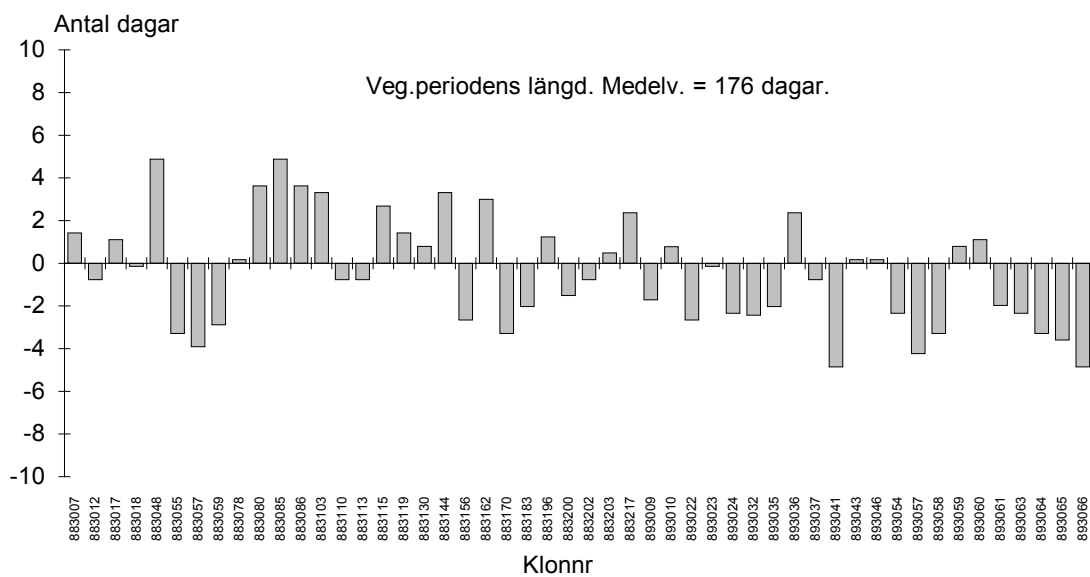
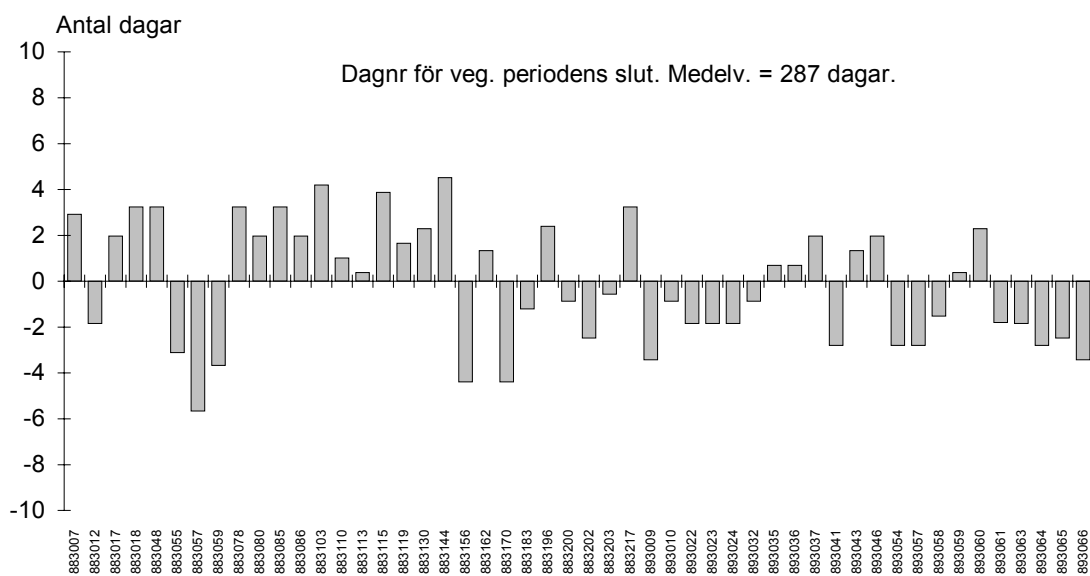
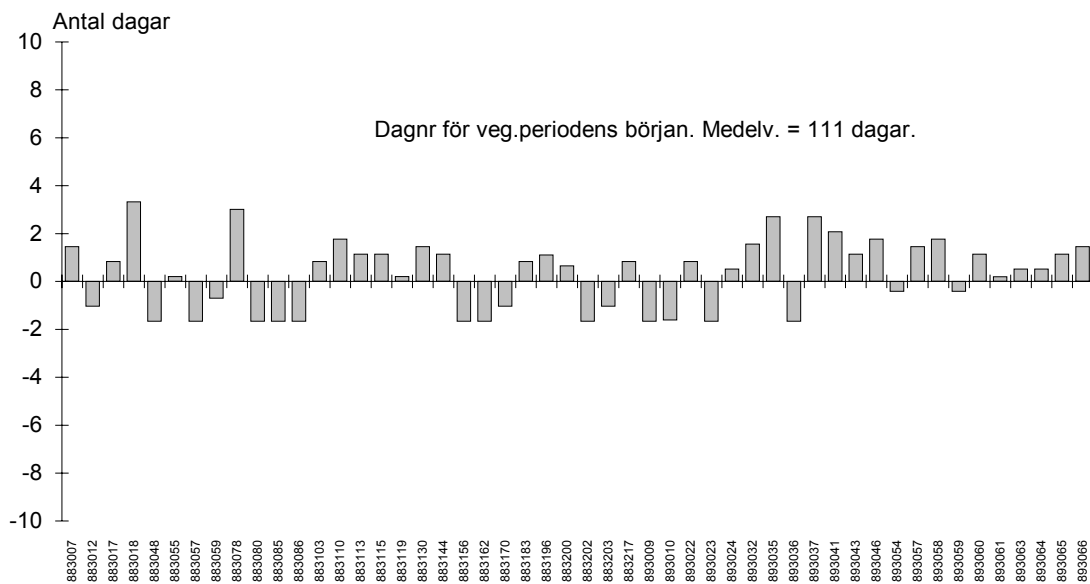
Variabler från arkiv	Variabler från klontest			
	Latitud	Längd-höst	Htx91	H91
Dagnr-vår	-0,35	0,41	-0,03	-0,21
Dagnr-höst	-0,58	0,57	-0,06	-0,24
Veg.period	-0,47	0,49	0,06	-0,19



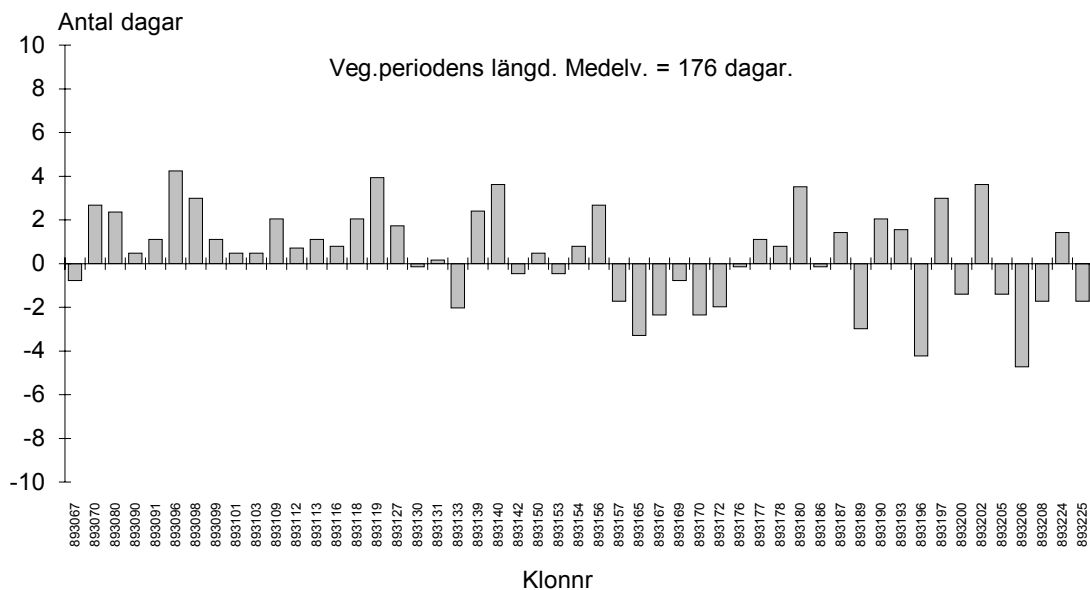
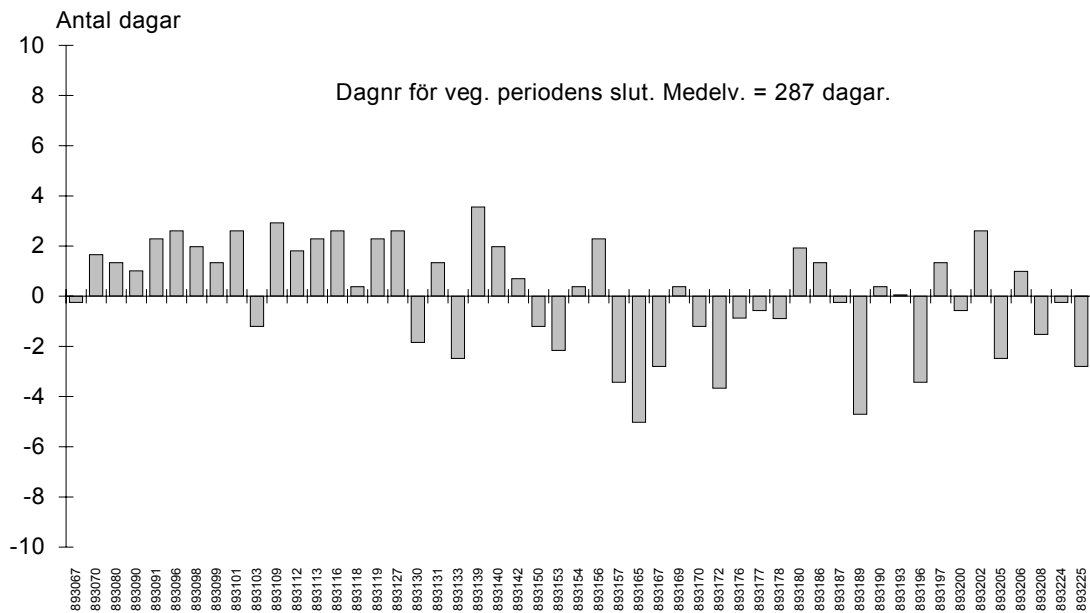
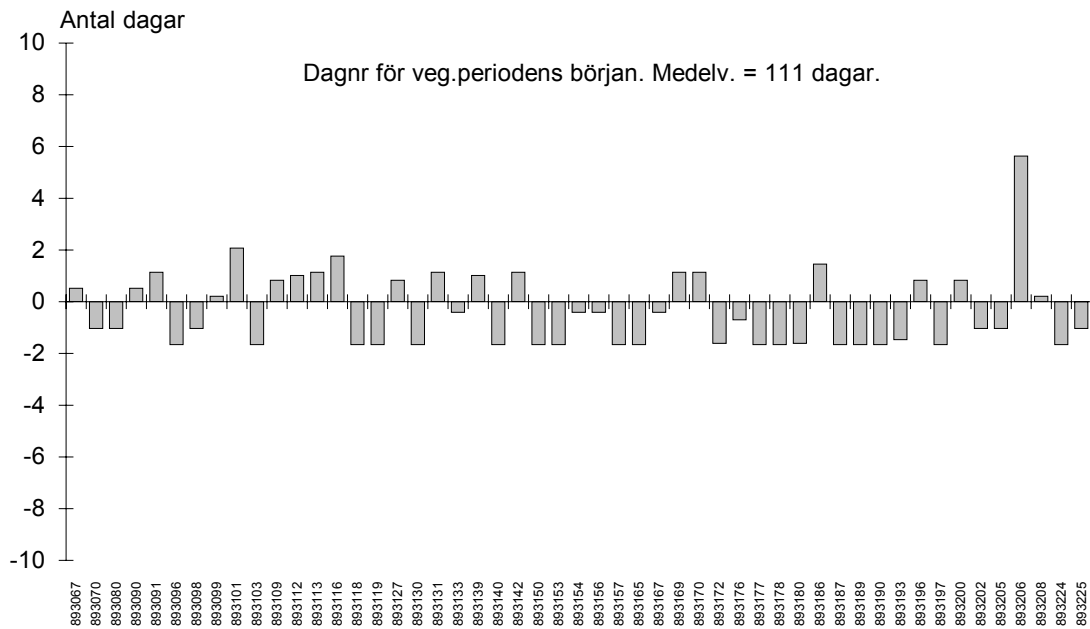
Figur 2. Genotypiska avvikelser från klonmedeltalet för 3 egenskaper. Finskt ursprung.



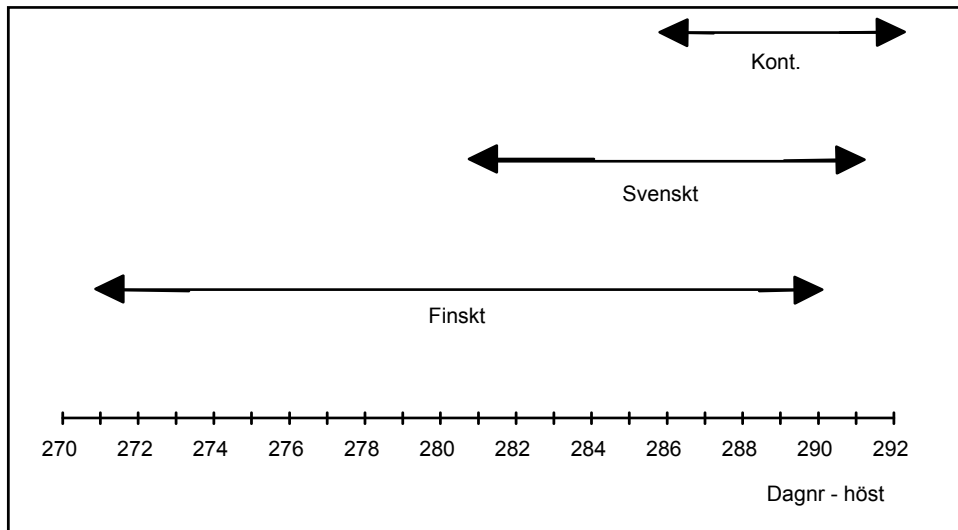
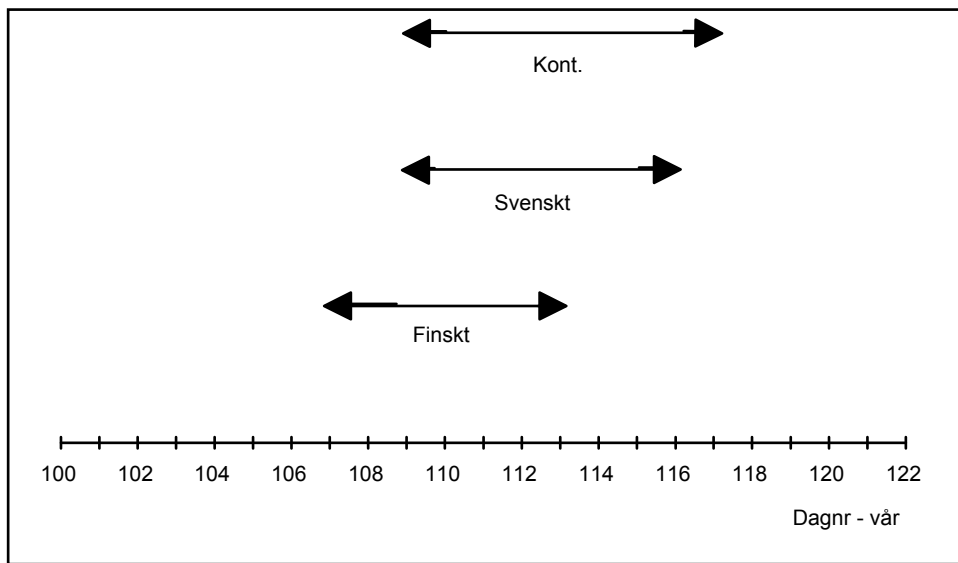
Figur 3. Genotypiska avvikelser från klonmedeltalet för 3 egenskaper. Kontinentalt ursprung.



Figur 4a.
Genotypiska avvikelser från klonmedeltalet för 3 egenskaper. Svenskt ursprung. Del 1.



Figur 4b. Genotypiska avvikelser från klonmedeltalet för 3 egenskaper. Svenskt ursprung. Del 2.



Figur 5.
Variationsbredden för Dagnr-vår och Dagnr-höst för kloner inom resp. materialgrupp.

Slutsatser

Mot bakgrund av resultaten i studie 2 förefaller det inte att vara några större skillnader vad gäller tillväxtens startpunkt mellan olika material och mellan olika kloner. Detta indikerar att man inte behöver lägga så stor vikt vid klonernas vårbeteende när selektion av material till olika förädlingspopulationer eller odlingsområden skall göras.

Höstbeteendet, längd-höst, i studie 1 och dagnr-höst för det finska och svenska materialet i studie 2 visar dock påtagliga skillnader mellan kloner. Höstbeteendet verkar följaktligen vara en viktigare variabel att ha kontroll över. Resultatet från studie 1 tyder på att det finns möjlighet att selektera kloner som kombinerar bra tillväxt med t.ex. tidig invintring, vilket är önskvärt på lokaler där sannolikheten för höstfrost är stor.

Att avvikelserna för tillväxtavslutningen är små för kontinentala kloner i studie 2 är förmodligen till stor del en följd av de låga temperaturer som klonerna utsattes för den 16:e och 17:e oktober. Efter detta datum förändrades inte utseendet på bladen nämnvärt, vilket medförde att registreringen upphörde den 18/10 (se avsnitt "Material och metoder – Studie 2"). Detta har sannolikt kraftigt reducerat antalet dagnr-höst för de kloner som då inte hade hunnit avslutat tillväxten, vilket var fallet för en hel del kontinentala kloner och även en del svenska.

Resultaten ger möjlighet att selektera kloner till olika klimatområden. Det skall dock betonas att studie 1 och studie 2 enbart omfattar förhållandena för var sitt enskilt år. Eftersom klimatet varierar avsevärt år från år, är det önskvärt att observationer av detta slag upprepas under en följd av år. Vid extrema klimatförhållanden bör klonskillnaderna vara betydligt större än vad som framgått i denna studie och det är först då man får ett riktigt bra underlag för selektion.

Troligen är fenologiska egenskaper såsom lövfärg och bladfällning korrelerade med en annan betydelsefull invintringsegenskap, nämligen hårdigheten. Hur fort materialet går in i vintervila (dormancy), hur pass känsligt materialet är för låga temperaturer före, under och strax efter vintervilan samt hur lätt denna vila bryts är frågor som är starkt förknippade med hårdighetsproblematiken. En del av dessa frågor kommer att belysas i en kommande undersökning.

Referenser

- Danell, Ö. 1988. OWST-BLUP. Program för avelsvärdering i avkomme-försök med friavblommande avkommor. Inst. för Skogsförbättring, Uppsala.
- Harvey, W. R. 1990. User's guide for LSMLMW and MIXMDL, PC-2 version. Ohio State University (stencil).
- Håbjørg, A. 1978a. Klimatpassing og -reaksjoner hos skandianaviske trær og busker. Årsskrift dendrol. og pl. s.k. drift, 106–113.
- Håbjørg, A. 1978b. Photoperiodic ecotypes in Scandinavian trees and shrubs. Meldinger fra Norges Landbrugshøgskole, nr 71. 1–20 pp.
- Johnsson, H. 1976. Syd- och nordförflyttning av björkprovenienser. Särtryck ur Fören Skogsträdsförädling och Inst. för Skogsförbättrings årsbok 1976: 48–61.
- Koski, V. & Selkäinaho, J. 1982. Experiments on the joint effect of heat sum and photoperiod on seedlings of *Betula pendula*. Commun. Inst. Forestalis Fenniae. The Finnish Forest Research Inst. 1–31.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT. Guide for personal computers, version 6, edition. Cary, NC:SAS Institute INC. 1028 pp.
- SAS Institute Inc. 1992. SAS Technical Report P-229, SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6.07, Cary, NC: SAS Institute Inc. 620 pp.
- Stener, L-G. 1995. Plusträdskloner av vårtbjörk. Avelsvärden nr 24, SkogForsk. Uppsala.
- SMHI. 1991. Väder och Vatten. En tidning från SMHI. Norrköping
- Wang, T. & Tigerstedt, P.M.A. 1993. Variation of growth rhythm among families and correlation between growth rate in *Betula pendula* Roth.Scandinavian Journal of Forest Research, Vol 8, No 4, 1993:489–497.