



Abisko

Luleå

Bispsfors

Åre

Uppsala

Luleå

Foto 1. Ett foto taget under invintringen av de ursprungliga björkarna som planterades under 1930-talets senare del av Göte Turesson. Foto: Gösta Eriksson.

# SLUs björkallé

## En unik demonstration av arvets betydelse för björkens klimatanpassning

Gösta Eriksson

I Genetiska Trädgården vid SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna) finns två björkalléer, den ena anlades under 1930-talet och den andra under 1980-talet. Båda innehåller glasbjörkar från hela landet. I den senare har tillväxten samt ett antal observationer av lövsprickning, höstfärgning och lövfällning gjorts. I den nya allén är det små skillnader i lövsprickning mellan björkarna, däremot är det stora skillnader i tidpunkter för höstfärgning och lövfällning. Likaså är det stora skillnader i tillväxt. Sydliga björkar har en bättre tillväxt samt en senare höstfärgning och lövfällning. Björkar från lägre höjd har även de en senare höstfärgning. De har också en bättre tillväxt än björkar från högre höjd över havet.

I Genetiska Trädgården anlades en björkplantering under sent 1930-tal längs trädgårdens norra gräns. Planteringen består av ett varierande antal björkar från olika populationer i Sverige. Även en svensk fjällbjörkspopulation finns där. Populationerna var inte ordnade på något systematiskt vis utan populationer från vitt skilda breddgrader växer intill varandra. Detta leder till att det blir stora skillnader mellan träden i fråga om tillväxt, höstfärgning, och avlövnings (Foto 1). Planteringen anlades av Göte Turesson som troligen är den svenske genetiker som nått störst internationell ryktbarhet genom sin lansering av ekotypbegreppet i början på 1920-talet.

Ekotyp innebär genetisk anpassning till miljöförhållandena på en viss växtplats. Göte Turesson hade övertygande visat att

det var klara skillnader mellan populationer som härstammade från olika miljöförhållanden. Populationer från strandängar hade ett visst växtsätt som behölls när avkommorna planterades under andra förhållanden. Likaså behöll avkommor från torra backar sitt karaktäristiska växtsätt när de planterades på andra lokaler. Möjligen utformade Turesson björkplanteringen på så sätt att den skulle tydliggöra ekotypbegreppet.

Gunnar Ekman, som var ansvarig för den Genetiska Trädgården, kontaktade oss skogsgenetiker runt 1980 för att finna en lämplig ersättning för den poppelplantering som då fanns längs Dag Hammarskjölds väg. Det var stor risk att popplarna på grund av sin ålder skulle kunna förorsaka skador vid eventuella stormar. Vi

kom överens om att en björkplantering skulle vara ett bra alternativ till de åldrade popplarna. De skulle utgöra ett komplement (Foto 2) till befintlig björkplantering. Gunnar Ekman samlade därför material från varje breddgrad i landet längs en östlig och en västlig linje genom Sverige. Materialet planterades så att den sydligaste populationen finns i sydöstra hörnet av trädgården. Därefter planterades materialet längs Dag Hammarskjölds väg, breddgrad för breddgrad, fram till det nordöstra hörnet av trädgården där den nordligaste populationen återfinns. Från varje breddgrad ingår 16 björkar i denna plantering. Eftersom det inte är fråga om ett regelrätt försök kan man inte uttala sig på ett vetenskapligt säkert sätt om de resultat som man får fram genom inventeringar av träden. Om resultaten stämmer med de hypoteser som vi har om tillväxtrytmen är de ändå värda att presentera. Med tillväxtrytm avser jag tidpunkt för knoppsprickning, höstfärgning av löven och lövfällning. Sådana egenskaper betecknas som fenologiska.

Innan jag går in på hur Genetiska Trädgårdens björkar har reagerat ska jag diskutera förhållanden som är viktiga för att ett träd skall växa och frodas.

*Vad är viktigt för trädets anpassning?*  
När det gäller anpassningen till klimatet av de träd som växer i norra Europa är det i huvudsak under två perioder som träden är känsliga för frost:

- \* på våren efter knoppsprickningen
- \* på hösten innan full uppbyggnad av frostresistens (= invintring) ägt rum.

Under själva vintern kan våra trädarter oftast klara frost ned till  $-40^{\circ}\text{C}$ . Därför är det egentligen inte fråga om frosttolerans utan snarare en fråga om att undvika frostexponering. Gran är ett exempel

på en art som kan skadas både av sena vårfröster och tidiga höstfröster medan tall i huvudsak kan skadas av tidiga höstfröster. Tall tycks inte skadas under våren medan uppbyggnaden av frosttoleransen på hösten är mycket viktig. Björk intar en mellanställning med huvudsaklig risk för frostsador under hösten.

Generellt gäller att ett träd ska ha ett sådant tillväxtmönster att det nått och jämt undviker skador av sena vårfröster och tidiga höstfröster. Om tillväxten hos ett träd startar mycket sent och avslutas mycket tidigt blir tillväxtperioden kort och trädet kommer då att konkurreras ut av andra med en längre tillväxtperiod och därmed större tillväxt. I naturen gäller det att balansera risken för frostsador mot tillväxt. Det naturliga urvalet har därför premierat träd med den bästa balansen.

### Vilka yttre faktorer styr tillväxtrytmen?

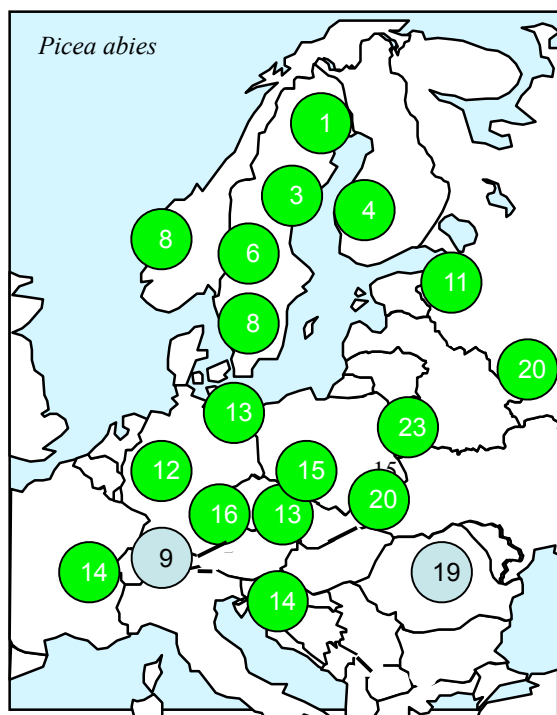
#### *Anpassning på våren*

Granar som förflyttats från nordligaste Norrland till Mellansverige har en tidigare knoppsprickning än de lokala granarna.

Ju nordligare ursprung desto mindre är värmebehovet för att sätta igång knoppsprickning. Detta innebär att man inte skall flytta gran från norr mot söder för att undvika vårfrostsador. Om skogsägaren vill försäkra sig mot skador på grund av sena vårfröster skall plantorna hämtas söderifrån eftersom sydliga granar har ett större värmebehov för att starta sin utveckling på våren. Sannolikheten för frost avtar som bekant med tiden under våren. I **Figur 1** har jag gjort en sammanställning av resultat från en plantskola i Mälardalen, där tidpunkten för knoppsprickning studerades. Figuren visar att den vitryska granpopulationen som har störst värmebehov för knoppsprickning är

Foto 2. Den aktuella björkallén från tidigt 1980-tal. Foto: Hartmut Weichelt



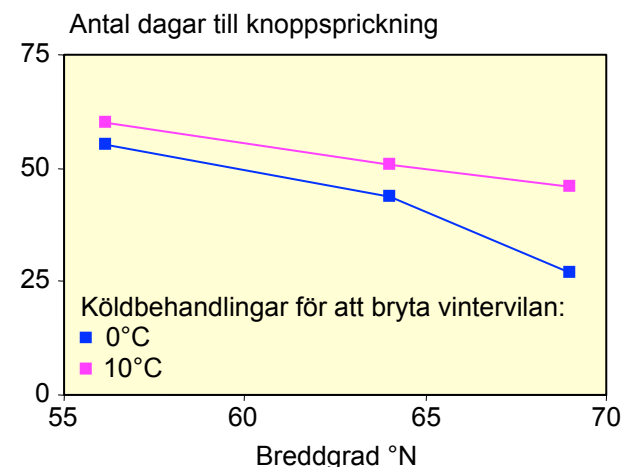


**Figur 1.**  
Antal dagar till knoppsprickning hos gran från olika delar av Europa efter det att den tidigaste populationen från Norrbotten har startat sin knoppsprickning. De träd som växer på hög höjd över havet har markerats med ljusblå cirklar.

mer än tre veckor senare än den tidigaste från Norrbotten. I huvudsak är det en gradvis ökning av antalet dagar ju längre mot söder man kommer. Värt att notera är att populationen från Alperna avviker från de geografiskt närbelägna populationerna från lägre höjd över havet. Detta beror på att populationer på hög höjd över havet behöver starta sin utveckling tidigt för att utnyttja den korta sommaren på bästa möjliga sätt. Att det är värmemängden och inte dag- eller nattlängden (=fotoperioden) som initierar utvecklingen på våren kan man lätt förvissa sig om genom att jämföra starten av utvecklingen på våren mellan olika år, t ex när vårblommorna står i sitt flor eller när björkarna slår ut. Man finner då stora variationer mellan år beroende på de skiftande väderbetingelserna. År 2014 är ett gott exempel på ett år med extremt tidig utveckling i naturen. Troligen är det

så att värmemängden är den yttre faktor som har störst betydelse för initieringen av utvecklingen på våren hos träd och buskar från våra breddgrader. När det gäller förståelsen av vilka yttre faktorer som påverkar tillväxtrytmen hos gran och tall har hedersledamoten i Föreningen för Dendrologi och Parkvård, Ingegerd Dormling, gjort en pionjärinsats.

Trots att björkarna i Genetiska Trädgården kommer från ett stort breddgradsintervall är det minimala skillnader mellan de olika björkpopulationernas tillväxtstart på våren. Därför förefaller det som om denna tidpunkt är av ringa betydelse för björkarnas anpassning. Emellertid har norska försök i klimatkammare visat att det är skillnader mellan populationer i fråga om värmebehov för knoppsprickning. De norska försöken var komplexa med många behandlingar som skulle föra



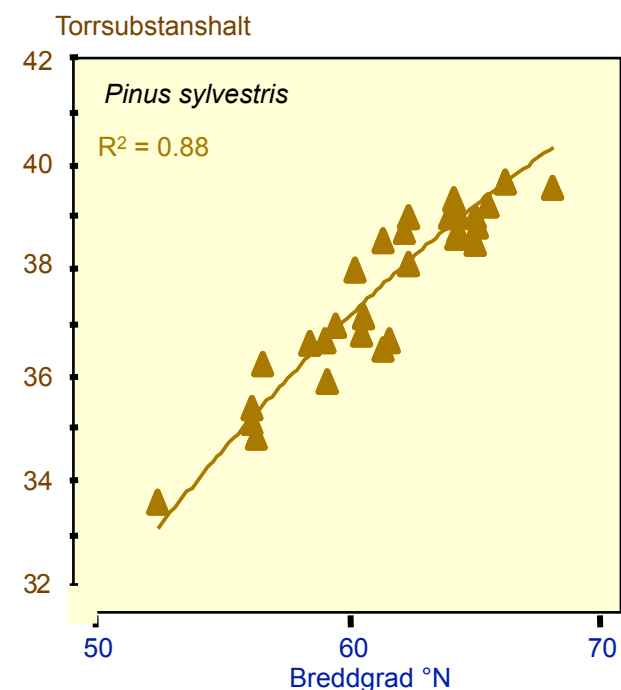
**Figur 2.**  
Antal dagar till knoppsprickning efter två behandlingar för att bryta vintervilan, +0°C och +10°C, hos tre norska populationer av glasbjörk. Efter köldbehandlingen placerades plantorna under samma temperaturförhållande, +15°C.

för långt att redovisa i detta sammanhang. Men ett par resultat redovisar jag i **Figur 2**. Efter en behandling med noll grader för att bryta vintervilan är det skillnader mellan de tre populationerna medan den andra behandlingen med +10°C inte resulterade i några påtagliga skillnader mel-

lan populationerna. Sammanfattningsvis kan vi konstatera att då skillnader mellan björkpopulationer har kunnat påvisas är skillnaderna avsevärt mindre än hos gran.

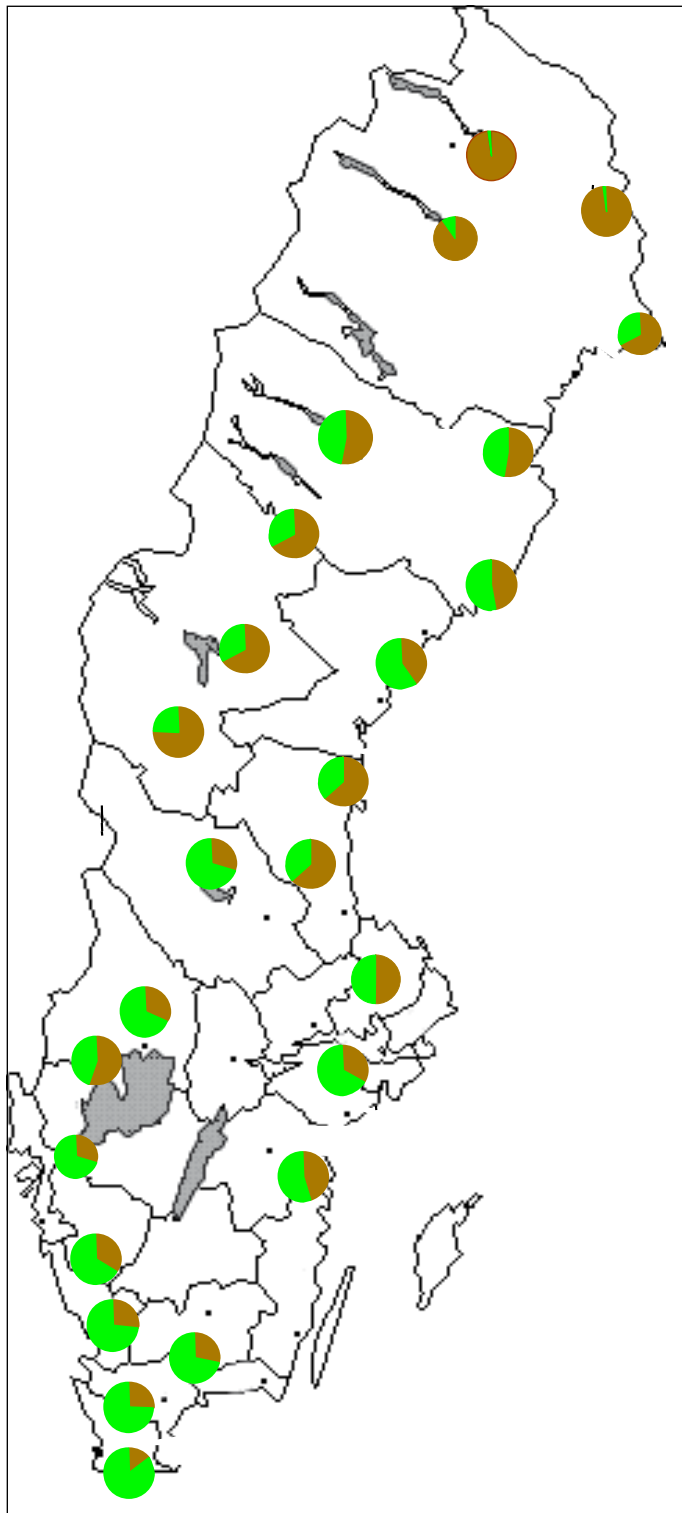
### Anpassning på hösten

Jag börjar med att redovisa ett resultat från den klassiska doktorsavhandlingen av Olof Langlet som han försvarade 1936. Han studerade uppbyggnaden av torrsubstanshalten under hösten hos tallpopulationer från hela landet. Denna egenskap är starkt korrelerad med frosttoleransen. Ju högre torrsubstanshalten är desto bättre är frosttoleransen. **Figur 3** visar att det är ett starkt samband mellan populationer-



**Figur 3**  
Figuren visar sambandet mellan torrsubstanshalt och tallpopulationernas olika ursprung vid ett visst tillfälle under hösten. Torrsubstanshalten är starkt korrelerad med frosttåligheten. Resultaten är hämtade från professor Olof Langlets doktorsavhandling från år 1936.

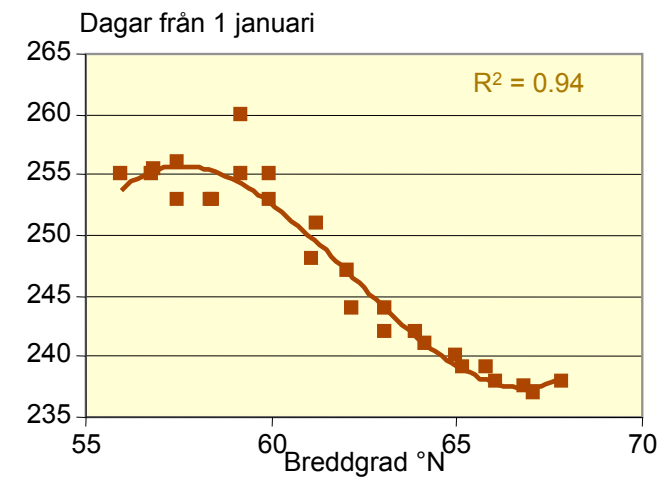




nas breddgrad och torrsubstansen.  $R^2$ -värdet anger att 88% av den variation som Langlet iakttog i detta försök kan hänföras till sambandet mellan populationernas breddgrad och torrsubstanshalten. Dessa resultat visar klart att det är fotoperioden som sätter igång invintringen. Frågan är då om det är dagslängden eller nattlängden som är ansvarig för igångsättningen? Under kontrollerade förhållanden i klimat-kammare har man kunnat visa att det är nattlängden som är styrande eftersom avbrott under natten med en kortare ljusperiod har inneburit att starten av invintringen uteblivit. Ju nordligare ursprunget är desto kortare nattlängd krävs för att sätta igång invintringen. Det kan ju förefalla logiskt att nordliga populationer skall reagera på kortare nattlängder än sydliga populationer eftersom vintern kommer mycket tidigare i norr än i söder.

**Figur 4.**

Den bruna cirkelsektorn anger procent lövfällning i olika populationer från breddgradsintervallet 55,4 - 67,9°N vid en inventering den 23 september 2002. Inventeringen utfördes av Hartmut Weichelt vid Institutionen för växtbiologi och skogsgenetik, SLU.



**Figur 5.** Sambandet mellan populationernas invintring år 2005 och ursprungsbreddgrad. Originaldata från meteorolog Björn Holmgren. Dag 250 är 7 september.

När det gäller invintringen är det stora skillnader mellan populationerna i Genetiska Trädgården som framgår av **Figur 4**. De nordligaste populationerna hade en mycket liten andel löv kvar på träden den 23 september år 2002 medan ystadpopulationen hade mer än 80% av sina löv kvar.

Mellan dessa extremer är det i huvudsak en kontinuerlig variation från norr mot söder. Även en annan inventering av invintringen som gjordes av meteorolog Björn Holmgren hösten 2005 visar samma mönster **Figur 5**.  $R^2$ -värdet som visas i figuren anger att sambandet är mycket

**Foto 3.** De nordligaste populationerna i den aktuella björkallén fotograferad den 23 sept. 2009. Foto: Sten Ridderlöf.



starkt och speciellt starkt blir det om värdet för ystadspopulationen inte ingår i sambandet. Det kan vara motiverat att inte ta med den populationen eftersom allt tyder på att den har sitt ursprung söder om Östersjön i Tyskland eller Polen. Ända in i november finner vi fortfarande många gröna löv hos ystadsbjörkarna.

Parentetiskt kan nämnas att olika trädslag är olika ljuskänsliga. Popplar och pilar torde vara bland de mest känsliga. Om de växer under eller nära lyktstolpar får de tillräckligt mycket ljus så att invintringen förskjuts till ett senare tillfälle.

Eftersom högt liggande områden har ett kärvare klimat än lågt liggande förväntar vi oss en tidigare invintring i populationer från högre höjd över havet än från lägre liggande. Vi har få möjligheter att testa detta eftersom Sverige inte är något

bergigt land. I Genetiska Trädgården har vi dock tre populationer från en sluttning på Sånfjället. Populationerna kommer från 600, 700, och 900 m.ö.h. Dessa populationer visar det förväntade mönstret med tidigast invintring hos 900-meterspopulationen och senast hos 600-meterspopulationen.

### Tillväxt

Eftersom lövsprickningen är nära nog samtidig hos björkarna i Genetiska Trädgården innebär skillnader i invintringstidpunkt att de nordliga populationerna får en mycket kortare vegetationsperiod än de sydliga. Det innebär att de växer under kortare period och blir avsevärt mycket mindre än de sydliga, vilket tydligt framgår av Foto 3. År 1997 gjorde docent Björn Hannrup en höjdmätning av träden

Foto 4. Tre populationer från olika höjdlägen på en av Sånfjällets sluttningar; 600, 700, respektive 900 m.ö.h. Foto: Gösta Eriksson.



900

700

600

i allén. Även för trädens höjd är det ett starkt samband mellan populationernas ursprung och invintring. **Figur 6.** Åter avviker björkarna i Ystad från det generella mönstret. Foto 3 antyder att det är en linjär minskning av trädhöjden från söder mot norr. Om vi bara studerar sambandet för björkarna från breddgradsintervallet 59-68°N är det extremt god överensstämmelse med ett linjärt samband; hela 96% av variationen förklarades av detta samband. De nordligaste populationerna som återfinns till vänster i fotografiet har den tidigaste lövfällningen. Fotot visar även att det är en gradvis övergång mellan de olika populationerna. Till skillnad från Göte Turessons ekotyper kan vi inte urskilja distinkta typer beroende på ursprung. När vi observerar en sådan typ av variation betecknar vi den som ekoklinal. Hos arter med en vid och sammanhängande utbredning som dessutom är vindpollinerare har vi de idealiska förutsättningarna för uppkomst av ekokliner. En annan förutsättning är att egenskaperna är polygent nedärvda. Detta innebär att det är många gener som var och en har en liten på-

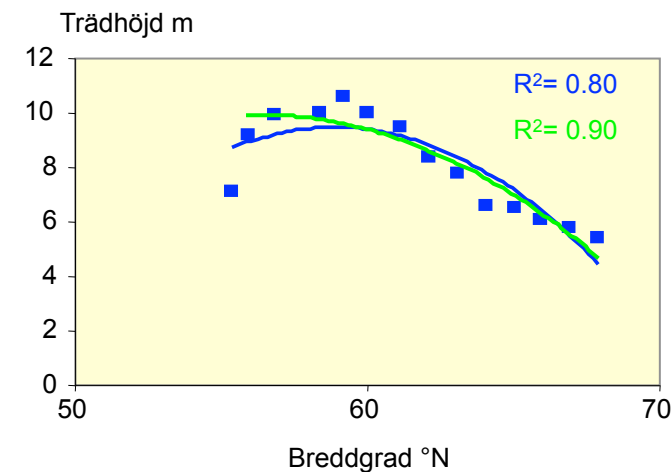
verkan. Det skulle föra för långt i detta sammanhang att utreda den evolutionära fördelen med polygen nedärvning av viktiga egenskaper hos långlivade träd. Jag vill bara konstatera att den polygena nedärvningen förhindrar språngvisa förändringar av populationens egenskaper. Populationerna blir litet av supertankers som girar långsamt.

Även populationerna från olika höjdlägen på en av Sånfjällets sluttningar visar att tidpunkten för invintring har påverkat tillväxten. Sålunda har populationen från 900 meter över havet lägst tillväxt medan 600-meterspopulationen har de högsta träden (Foto 4).

### Vad händer med avkommorna från björkallén?

Detta är en fråga som jag fått av många besökare. Det mest sannolika är att pollineringen kommer att ske med pollen från björkar i närheten eftersom pollenproduktionen i vår björkallé torde vara mycket begränsad i förhållande till allt pollen som produceras av björkar i uppsalatrakten. Om så är fallet kommer invintringen hos

?



Figur 6

Sambanden mellan insamlingsortens breddgrad och trädhöjden 16 år efter planteringen i allén i Genetiska Trädgården. Den blå kurvan är baserad på samtliga populationer medan den gröna kurvan har erhållits efter att den sydligaste populationer uteslutits då den troligen har sitt ursprung i Tyskland eller Polen.

avkomman från kirunabjörkarna att vara densamma som hos björkarna från 64:e breddgraden, dvs mitt emellan Uppsala (ca 60°N) och Kiruna (ca 68°N). Detta gäller under förutsättning att tidpunkten för blomningen inte varierar mellan populationerna. Eftersom knoppsprickningen inte skiljer sig mycket mellan populationerna i allén kan det vara rimligt att anta att blomningen inte heller skiljer sig

nämnavert. Om detta antagande är totalt fel blir det svårt att förutsäga hur avkomman kommer att reagera.

—  
Besök gärna den Genetiska Trädgården som är ett levande exempel på genetisk anpassning hos ett trädslag i naturen. Bästa tiden för att se skillnader i lövfärgning och lövfällning är andra halvan av september.

### Litteraturhänvisning

**Dormling, I. Gustafsson, A. and von Wettstein, D.** 1968. *The experimental control of the life cycle in Picea abies (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle.* Silvae Genet. 17: 41–64.

**Eriksson, G.** 2011. *Betula pendula and Betula pubescens, Recent Genetic Research.* 119 sidor. ISBN 978-91-576-9062-3.

**Eriksson, G. Ekberg, I., and Clapham, D.** 2014. *Genetics Applied to Forestry, An Introduction.* 206 sidor. ISBN 978-91-576-9187-3.

**Langlet, O.** 1936. *Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet.* Doktorsavhandling. Medd. Statens Skogsförsöksanstalt 29. 188 sidor.

**Myking, T. and Heide, O.** 1995. *Dormancy release and chilling requirement of buds of latitudinal ecotypes of Betula pendula and B. pubescens.* Tree Physiology 15:697-704.

### Om författaren

Gösta Eriksson är Fil. Dr och professor i skogsgenetik (1971-2000), emeritus fr.o.m. 2001. Han är ledamot av Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien (KSLA) sedan 1981. Reduktionsdelningens cytologi, genekologi och skogligt genbevarande är de tre huvudsakliga forskningsområden han verkat inom. Inom cytologin klarades den unika reduktionsdelningen av pollenmoderceller hos lärk. Inom genekologin har samspelen mellan sorter å ena sidan och näringstillgång, torktolerans samt temperaturförhållanden å den andra sidan studerats. Inom skogligt genbevarande har författaren haft flera viktiga internationella uppdrag för utveckling av skogligt genbevarande.

### Abstract

In the so called Genetic Garden at Ultuna, Uppsala, there are two rows of downy birch. The oldest row was planted during the late Thirties while the other was planted in the early Eighties. The more recently planted row comprises 16 trees per latitude. There are minor differences in flushing during spring. Conversely, there are significant differences in colouring and defoliation during autumn. Leaf colouring and defoliation are regulated by the length of nights. The northern populations have the earliest leaf colouring and defoliation, with a gradual variation from north to south. This results in a progressively shorter growth period as one moves north. This is mirrored by a continuous decline in growth, when moving from southern to northern populations. This north/south change is known as ecocline variation.