

Analys av fiberegenskaper för kloner av hybridasp

Lars-Göran Stener



Omslag: Ett sjuårigt försök med hybridasp. **Foto:** Martin Werner

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien *Arbetsrapport* dokumenterar långliggande försök samt 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 (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Bakgrund och syfte.....	3
Material och metod	3
Resultat	5
Diskussion och slutsatser	7
Konsekvenser för förädlingen av lövträd.....	9
Erkännanden	10
Referenser	11

Bakgrund och syfte

I SkogForsks skogsträdsförädlingsprogram ”Gran och lövträd i södra Sverige” ingår bl.a. försök med hybridasp (*Populus tremula* × *Populus tremuloides*). Totalt har ca 300 plusträd av hybridasp valts ut i huvudsakligen gamla försök från 1950-talet. Dessa plusträd har förökats vegetativt genom rotskottsticklingar som planterats i nya fältförsök i Götaland och Svealand. Totalt har 16 klontester anlagts under perioden 1986–1991. Omkring år 2000 kommer de 10–15 % bästa plusträdsklonerna att väljas ut för vegetativ massproduktion av plantor till den sydsvenska marknaden. Selektionen kommer att göras utifrån mätningar av tillväxt, kvalitet och skador.

Under en demonstration av hybridaspförsöket i Bulstofta, Skåne, visade bl.a. Anders Brolin, STORA, ett stort intresse för hybridaschen som råvara till pappersmassaproduktion. En fråga som diskuterades var huruvida det är stora skillnader i fiberegenskaper mellan olika kloner. För att få detta belyst, initierades en densitetsstudie i samband med 1995 års gallring av försöket.

Material och metod

Försöksmaterialet omfattas av de träd som gallrades bort i försök S21S8641055 i april 1995. Gallringen genomfördes som en systematisk genomhuggning, varvid vartannat träd togs bort i 1/3 av försöket och vartannat träd i varannan rad i 1/3 av försöket. Resterande 1/3 lämnades orörd. Totalt gallrades 113 träd bort. I bearbetningen har kloner som enbart representeras av en ramet (en upprepning) sorterats bort. Därför ingår i bearbetningen endast 98 träd, fördelade på 35 kloner. Uppgifter om det 10 år gamla försöket presenteras i tabell 1.

Tabell 1.
Uppgifter om försöket.

Försöksnummer	S21S8641055
Ort, Län	Bulstofta, Skåne län
Latitud, Longitud, H ö h	56°00', 13°00', 75 m
Ägoslag	F.d. åkermark
Jordart	Lerhaltig morän
Markbehandling	1985 – Roundup 1986 – Gräsröjning
Plantering	1986 med ettåriga täckrotssticklingar
Förband	2 × 2 m
Antal kloner	54 st
Design	Fullständigt randomiserade etträdsparceller
Antal upprepningar	Max 20 per klon
Tidigare huggningar	Diagonalröjning hösten 1990, varvid 50 % av träden togs bort

På samtliga träd som gallrades togs det ut en 5 cm tjock stamtrissa vid 25 % av stamhöjden för torr-rådensitetsbestämning. Dessutom togs provbitar till massaprovkok från de individer som tillhörde de fem sämst respektive fyra bäst växande klonerna. Dessa prover togs så att mittpunkten på den totalt 33 dm långa massaprovbiten hamnade på 25 % av stamhöjden.

Vedproverna skickades till STORA Corporate Research i Säffle, där densitetsbestämning och raffinering av mekanisk massa genomfördes. Densiteten bestämdes genom "water displacement"-metoden, d.v.s. genom vägning av det vatten som respektive stamtrissa trängde undan. De två vedpartiernas massaegenskaper testades enligt SCAN-standard med avseende på densitet, dragstyrka, rivstyrka, luftpermeans, ytråhet och ljusspridningskoefficient. Dessutom mättes fiberlängd med hjälp av Kajaani FS 100.

Före gallringen mättes bl.a. totalhöjd och brösthöjdsdiameter på samtliga träd i försöket (Stener, 1995).

Genotypvärden för densitet, höjd och diameter skattades med hjälp av Best Linear Unbiased Prediction-metodik (program OWST-BLUP; Danell, 1988). Skattningen av genetiska parametrar utfördes med "Mixed Model, Least Squares and Maximum Likelihood" programvara (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:

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

Korrelationer mellan BLUP-värden för olika egenskaper skattades enligt Pearson (SAS, 1987). Genotypiska korrelationer mellan olika egenskaper 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

Resultat

Statistiska och genetiska data för de utgallrade träden presenteras i tabellerna 2–4. Fenotypiska och genotypiska samband samt genotypvärden illustreras i figurerna 1–2. Observera att y-axeln i diagrammen för densitet (figur 1) inte utgår från värdet 0.

Tabell 2.

Statistiska (fenotypiska) uppgifter för de utgallrade träden.

Egenskap	Medeltal	Standard- avvikelse	Minimum	Maximum	Antal observationer	Antal kloner
Höjd, dm	125	13,9	88	163	98	35
Diameter, mm	122	21,2	61	163	98	35
Densitet, kg/m ³	335	33,3	251	398	98	35

Tabell 3.

Skattade heritabiliteter (H^2) och variationskoefficienter (CVG) för tre egenskaper. (CVG beräknas för respektive egenskap som kvadratroten ur den genotypiska variansen dividerat med medelvärdet.)

	Densitet	Höjd	Diameter
H^2	0,77	0,40	0,61
Medelfel (s.e.) för H^2	0,06	0,11	0,09
CVG, %	8,8	6,9	13,7

Tabell 4.

Genotypiska korrelationer och dess medelfel.

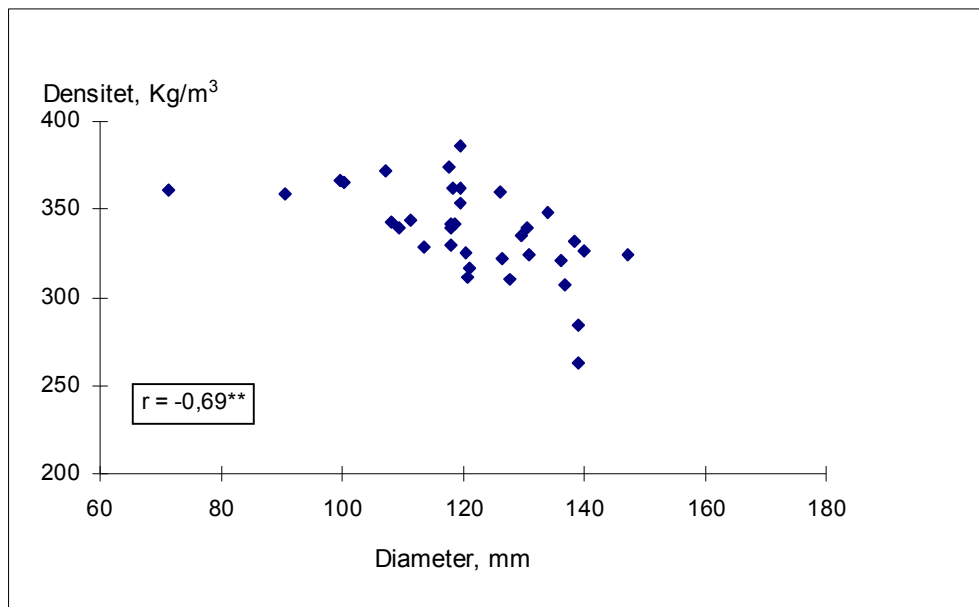
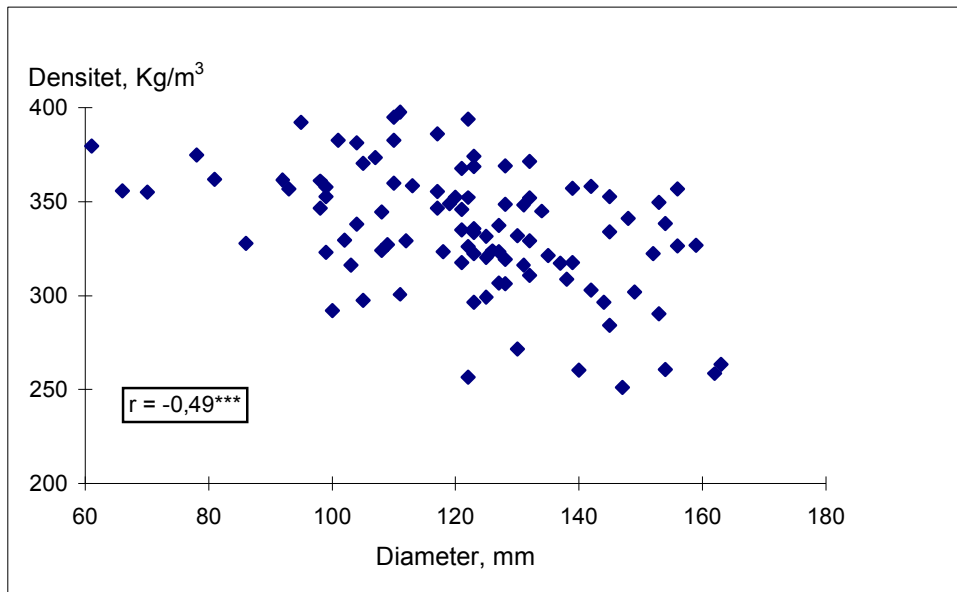
	Höjd	Diameter
Densitet	-0,45	-0,69
Medelfel (s.e.)	0,25	0,24

På basis av de två raffinörmassaproverna med snabb- respektive långsamväxande kloner gjordes en preliminär värdering av specifik energiförbrukning och av massaegenskaper. Med undantag för densiteterna var skillnaderna mellan dessa prover dock små (Brolin, 1996) (tabell 5).

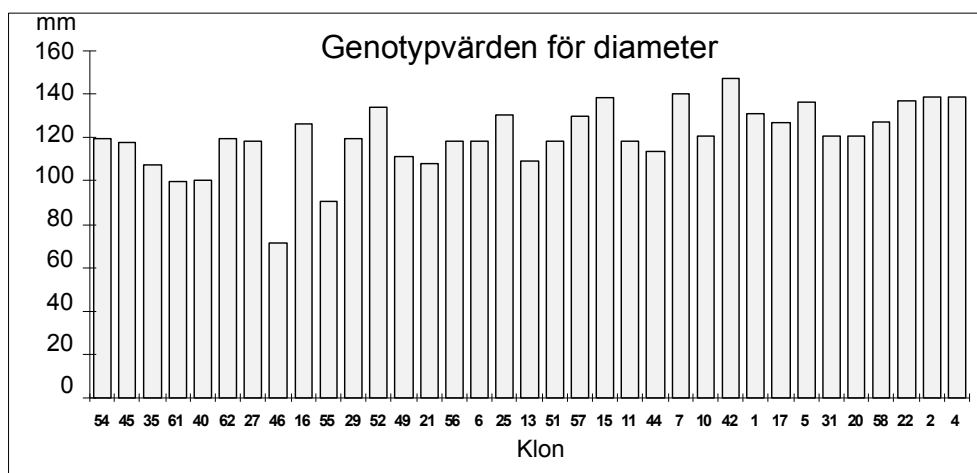
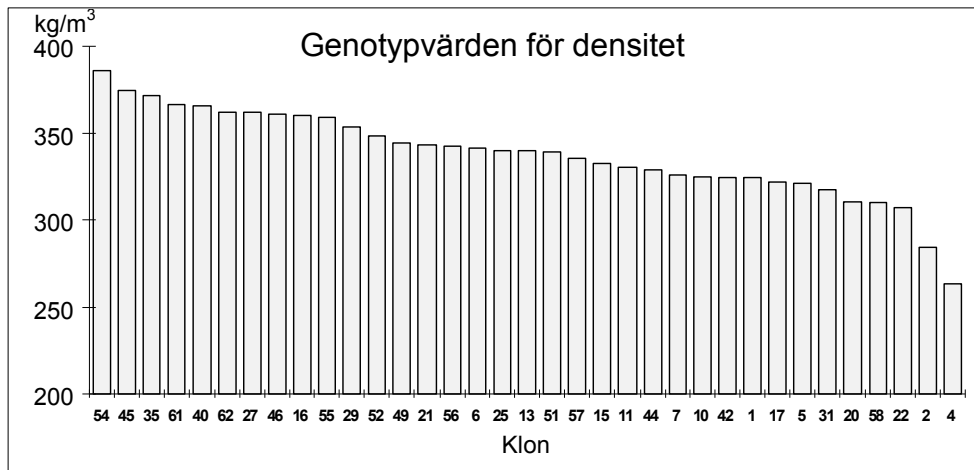
Tabell 5.

Genotypiska medelvärden för de kloner som ingått i massakoksproverna.

	Höjd, dm	Diameter, mm	Densitet, kg/m ³
Vedprov med bra kloner	131	135	319
Vedprov med dåliga kloner	118	97	357



Figur 1.
Samband mellan diameter och densitet för fenotypvärden från samtliga 98 individer (ovan) och genotypvärden för de 35 klonerna. Korrelationen (r) avser den fenotypiska (ovan) respektive den genotypiska (nedan). Signifikanser på 1 % och 0,1 % nivå anges med ** respektive *.**



Figur 2.
Genotypvärden för densitet och diameter för 35 kloner. Klonerna är sorterade i fallande densitetsordning.

Diskussion och slutsatser

Flertalet tidigare studier av asp (*Populus tremuloides*), exempelvis van Buijtenen m.fl. (1962), har visat tämligen moderata individuella heritabiliteter ($H^2 = 0,17-0,43$) för densitet. I en studie av Einspar m.fl. (1967) redovisas dock ett så högt H^2 -värde som 0,74. Vad beträffar den genetiska variationen påvisade Yanchuk m.fl. (1983) stora skillnader (0,35–0,40 g/ml) i densitet mellan olika kloner. Samtliga författare verkar eniga om att densiteten står under stark genetisk kontroll och därmed kan manipuleras genom förädling (Zobel & Jett, 1995).

I denna studie är heritabiliteten hög för samtliga egenskaper, men framför allt för densiteten ($H^2 = 0,77$). Variationen för densitet verkar också vara betydande (tabell 2 och 3, figur 1 och 2). Den skattade genotypiska densiteten ligger inom min-maxintervallet 263–386 kg/m³. Den genetiska variationskoefficienten för densitet är visserligen mindre än för diameter, men den är större än för höjd, som ju är den egenskap som generellt brukar ingå som ur-

valsvariabel vid förädling av skogsträd. Eftersom försöket är utformat som ett etträdsparellförsök finns det en risk för att konkurrensen förstärkt skillnaderna mellan klonerna, vilket kan ha medfört en överskattning av de genetiska parametrarna. Detta gäller speciellt en egenskap som diametern. Resultatet indikerar dock att grundförutsättningarna för urvalsförädling, d.v.s. hög heritabilitet och stor variation, är uppfyllda.

Till skillnad från barrträd anses densiteten för ströporiga lövträd (dit asp räknas) påverkas i liten grad vid tilltagande diametertillväxt. Resultatet i denna studie motsäger dock denna allmänt vedertagna uppfattning. Korrelationerna mellan tillväxt och densitet är negativa (tabell 4, figur 1). Framför allt diametern visar ett starkt negativt samband. Detta illustreras även i figur 2, där varje stapel motsvaras av genotypvärdet för densitet och diameter för respektive klon. Observera att klonerna har sorterats i densitetsordning i båda diagrammen. Dessa negativa samband komplicerar förädlingsarbetet om syftet är att förbättra såväl densitet som volym. Problemet kan lösas med t.ex. ”multitrait selection”, vilket innebär att man vid urvalet optimerar den genetiska vinsten genom att ta hänsyn till flera egenskaper samtidigt (volym och densitet).

I tabell 6 visas hur procentuellt mycket bättre eller sämre densiteten, volymen respektive torrsubstansproduktionen (volym \times densitet) blir, när urvalet baseras på de fem bästa densitets-, volym- respektive torrsubstansklonerna. Tabellen bygger på BLUP-skattningar av densitet, volym och volym \times densitet. Exempelvis förbättras densiteten med 10 % om fem kloner med de högsta densiteterna väljs ut, men samtidigt försämras volymen med 21 % och torrsubstansproduktionen med 12 %. Om målet är att producera maximal mängd torrsubstans, bör urvalet göras på basis av volym \times densitet. Notera att vinsten i torrsubstansproduktion är 5 % större för kloner som valts utifrån volym \times densitet jämfört med sådana som valts enbart på basis av volym, samtidigt som densiteten försämras med 10 % vid volymurval och 1 % vid volym \times densitetsurval i förhållande till genomsnittet för samtliga kloner.

Tabell 6.
Genetisk vinst (%) för tre egenskaper, som baseras på urval av de fem bästa klonerna med avseende på densitet, volym respektive volym \times densitet (d.v.s. torrsubstans).

Urvalsvariabel	Densitet	Volym	Volym \times Densitet
Densitet	110	79	88
Volym	90	135	121
Volym \times Densitet	99	129	126

Hybrid Aspen producerar på bättre jordbruksmarker ca 16 m³sk/ha och år under en 25–30-årig omloppstid (Elfving, 1986). Efter att de 10 % bästa klonerna från de totalt 300 klonerna i fältförsöken har valts ut, uppskattas medeltillväxten öka till ca 20 m³sk/ha och år (Karlsson & Danell, 1992). Omloppstiden kan då sannolikt förkortas till 20–25 år eller ännu mer, beroende på vilken sorts slutprodukt man avser att producera. Trädslag med en kort rotationstid, typ hybridasp, erhåller en lägre densitet än trädslag med lång rotationstid, eftersom andelen juvenilverd är större (Zobel & Jett, 1995).

Detta stärker skälen till att ta hänsyn till densiteten vid urval av hybridaspkloner.

Med de stora skillnader som förelåg i densitet mellan de två vedpartierna för mekanisk raffinering (tabell 5) är det kanske lite förvånande att energiförbrukningen inte var olika. Något entydigt samband mellan densitet och energiförbrukning existerar dock inte. De undersökningar som hävdar att ett sådant samband finns är grundade på barrträd och då i synnerhet raffinering av *Pinus radiata*, som har en påtagligt annorlunda fiberstruktur än såväl lövträd som gran. Inte heller hos gran återfinns något entydigt energi-densitets-samband. Sannolikt är åldern och fiberstorleken samt skillnader i fiberväggens ultrastruktur, i stor utsträckning bestämmande för energiförbrukningen (Brolin m.fl. 1995).

Det förelåg inte heller några större skillnader i massaegenskaper mellan de två vedpartierna. Av detta skall man dock inte dra den slutsatsen att det är ovidkommande vilka hybridaspkloner som ingår som råvara vid produktion av mekanisk massa. Massaproverna utgjordes av 4 bra resp. 5 dåliga kloner, d.v.s. två relativt homogena vedpartier. Vid kommersiell användning av hybridasp kommer det att vara fråga om 30-40 kloner, med betydligt mer varierande vedegenskaper. Anders Brolin skriver i ett förklarande brev: ”Inhomogenitet leder vanligen till produktionssvängningar som i sin tur leder till kvalitetsvariationer. Detta upplevs inte på samma sätt i ett pilotförsök där två relativt homogena separata sortiment processas, som när blandningar med större egenskapsspridning hanteras. Vi kan också konstatera att det finns ett starkt processinflytande på massakvantiteter, som blir särskilt tydligt vid framställning av mekaniska massor, varför inte enbart vedegenskaper utan kombinationen av vedegenskaper och processinverkan styr kvaliteten.”

Konsekvenser för förädlingen av lövträd

Densiteten utgörs av en kombination av flera vedegenskaper såsom volymen av kärll och märkestrålar, fiberdiameter, vägg tjocklek, fiberlängd samt andel parenkymceller. Dessa är, mer eller mindre oberoende av varandra, under genetisk kontroll. Deras totala effekt kan dock utläsas genom densiteten. Att densiteten har en stor inverkan på slutprodukten är väl dokumenterat (Zobel & Jett, 1995). Att generellt påstå att hög veddensitet alltid är gynnsamt vore dock direkt felaktigt, eftersom det finns många olika sorters papperskvaliteter och pappersmassaprocesser, som ställer olika krav på råvaran.

Kunskap om vedens egenskaper har blivit en allt mer betydelsefull förutsättning för framställning av olika massa- och pappersprodukter och kommer med all sannolikhet att öka i framtiden (Berg m.fl. 1995). Kravet på en homogen råvara kommer således att bli allt viktigare. Att som ett moment i skogsträdsförädlingen selektera bort individer med extrema densitetsvärden kan vara ett sätt att förbättra homogeniteten i morgondagens ved. Det finns redan förädlingsprogram för lövträd (eukalyptus, acacia och poppel) med

syfte att förbättra inte bara tillväxt, utan även vedegenskaperna, densitet och fiberlängd.

Hittills har man inte använt sig av densitet som urvalsvariabel vid förädling av lövträd i Sverige. Resultaten ovan indikerar dock att den kan vara av stor betydelse. För att se hur pass allmängiltiga resultaten i denna studie är, bör densitets- eller åtminstone pilodynmätningar utföras på samtliga hybridasp-individer i de försök som anlagts sedan 1986. För att studera genetiska parametrar på björk bör motsvarande mätningar även genomföras på ett urval av de nyutvalda björkklonerna som finns i försök sedan början av 1990-talet. Det vore även önskvärt att undersöka några av de egenskaper som indirekt påverkar densiteten, som t.ex. fiberdiameter, väggjocklek och andel kär-celler.

Erkännanden

STORA har genom bl.a. Anders Brolin och Bernt Ekström bekostat samtliga vedanalyser. För detta och för de synpunkter som erhållits under studiens gång riktas ett varmt tack.

Referenser

- Brolin, A. 1996. Brevkorrespondens. STORA.
- Brolin, A., Norén, A. & Ståhl, E. 1995. Wood and pulp characteristics of juvenile Norway spruce: A comparison between a forest and an agricultural stand. *Tappi Journal*. Vol 78, No 2.
- Berg, M., Bjurulf, A. & Löfgren, M. 1995. Uppdelning av granmassaved efter egenskaper. *SkogForsk, Resultat nr 6*, 1995.
- Danell, Ö. 1988. OWST-BLUP. Program för avelsvärdering i avkommeförsök med friavblommade avkommor. Institutet för skogsförbättring.
- Einspar, D. W., Benson, M. K. & Peckham, J.R. 1967. Variation and heritability of wood and growth characteristics of five-year-old quaking aspen. *Inst. Pap Chem Gen Physiol Note 1*, Madison W1, 1–6.
- Elfving, B. 1986. Odlingvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsverige. *SST nr 5–86*. 31–41.
- Harvey, W. R. 1990. User's guide for LSMLMW and MIXMDL, PC-2 Version. Ohio State University (stencil).
- Karlsson, B. & Danell, Ö. 1992. Genotypisk variation och möjliga urvalsvinster i två klonförsök med hybridasp. Institutet för skogsförbättring, Rapport nr 26.
- SAS, Inst. Inc. 1987. SAS/STAT. Guide for personal computers, version 6, edition. Cary, NC:SAS Inst. Inc. 1 028 pp.
- Stener, L.-G. 1995. Plusträdskloner av hybridasp. Genotypvärdering baserad på klontesterna S21S8641055 Bulstofta och S21S8741083 Ingelstad. *SkogForsk, Avelsvärden nr 26*.
- van Buijtenen, J. P., Einspar, D. W. & Peckham, J. R. 1962. Natural variation in *Populus tremuloides* II. Variation in pulp and papermaking properties. *Tappi* 45:58–60.
- Zobel, B. J. & Jett, J. B. 1995. Genetics of wood production. Springer. Berlin, Heidelberg and New York. 336 pp.
- Yanchuk, A. D., Dancik, B. P. & Micko, M. M. 1983. Intraclonal variation in wood density of trembling aspen in Alberta. *Wood Fiber Sci.* 15(4): 387–394.