

トドマツ精英樹材質特性表

国立研究開発法人森林総合研究所
林木育種センター北海道育種場

はじめに

林木育種事業が開始されて60年以上が経過し、北海道育種基本区においてはトドマツ造林量の大半が育種種苗によっておこなわれるようになった。平成22年度から平成26年度までの、山行苗木の育種種苗普及率は70-100%（林木育種センター2011-2016）であり、種子生産量では84-100%（北海道育種場2010-2015）が育種採種園産となっている。

トドマツではつぎ木後種子生産が開始されるまで通常20年程度を要する。このために、北海道育種基本区でのトドマツ精英樹の次代検定は他の育種基本区におけるスギ等に比して時間を要した。しかし、ようやく、採種園産種子を利用して国有林に設定された検定林の多くがまもなく設定後30年を迎えようとしており、北海道育種基本区においても伐期に近づいた樹齢での検定結果を得られるようになってきている。

以上の背景のもと北海道育種場では、北海道森林管理局及び北海道立総合研究機構林業試験場と連携して、平成23-27年度の森林総合研究所第3期中期計画期間中にトドマツの材質優良系統の選抜を進めてきた。

材質優良系統の選抜形質としては、樹幹のヤング係数（以下、ヤング係数）と心材生材含水率（以下含水率）を対象とした。ヤング係数は、材料としての変形のしにくさの指標でそれ自体重要な材料性能指標であり、さらに製材品や集成材ラミナの強さを推定するための強度等級区分として用いられている。含水率は、多くの針葉樹では乾量基準含水率で30-50%程度であるのに対して、トドマツでは200%を超える場合がある。このような高含水率心材（トドマツでは水食い材と呼ばれることが多い）の存在は、生立木時には凍裂の原因になり、製材後の人工乾燥においては乾燥時間の長期化と乾燥ムラの原因となる。これらの理由により、高いヤング係数と低い含水率を育種目標としてトドマツ材質優良系統の選抜を行った。

本特性表はこれまでに検定林等において実施してきた成長等の定期調査及び材質調査の結果を解析し、供試対象とした精英樹系統についてその評価を行った結果を公表するものである。

材料と方法

供試した検定林等の試験地は表-1のとおり計7箇所である。このうち、トドマツ交雑遺伝試験園は北海道育種場構内に設定したものであるが、その他は国有林に設定された地域差検定林及び一般次代検定林である。以下これらの供試林分を「検定林等」とする。交雑試験地においては精英樹間の人工交配家系（自然交配家系を含む）、その他の検定林等においては採種園産の自然交配実生家系により検定林等が構成されている。

検定林等の定期調査の主として20年次データを活用し、樹高及び胸高直径のデータを得た。さらに、材質調査としてピロディン貫入量と横打撃共振法の測定を実施した。それぞれの検定林等での調査時期を表-1に示す。これらのデータに基づき、ASReml（Gilmour et al. 2009）を用いてBLUP法により供試家系の親の育種価を推定した。さらに、別に求めたピロディン貫入量（以下、ピロディン）の育種価とヤング係数の育

種価の関係、横打撃共振法によって得られた 1/df 値（以下、1/df）の育種価と含水率の育種価の関係をを用いて、ヤング係数の育種価と含水率の育種価をそれぞれ推定した。

なお、結果の解析は北海道育種基本区を構成する 3 育種区（中部育種区、東部育種区、西南部育種区）それぞれで行った。

表-1. 調査解析に供した検定林等一覧

検定林等名	育種区	所在市町村	検定林等設定年	成長調査		材質調査	
				調査年月	年次	調査年月	年次
北旭7号(地域差検定林)	中部	猿払村	1988年5月	2008年5月	20	2013年10月	26
北旭8号(地域差検定林)	中部	羽幌町	1988年5月	2007年8月	20	2013年10月	26
北見2号(地域差検定林)	東部	美幌町	1987年9月	2007年10月	20	2014年10月	27
北帯5号(一般次代検定林)	東部	陸別町	1985年5月	2014年6月	29	2014年8月	30
北海道育種場トドマツ交雑遺伝試験園	西南部	江別市	1988年5月	2011年10月	24	2011年10月	24
北函7号(地域差検定林)	西南部	八雲町	1988年5月	2007年10月 及び 2008年6月	20	2012年10月	25
北北15号(地域差検定林)	西南部	赤平市	1988年5月	2007年9月	20	2012年10月	25

結果

表-2 に結果の概要を示す。育種区ごとの解析結果として、それぞれの形質の全平均値、遺伝率、供試親毎に算出した育種価の標準偏差 (SD)、SD を全平均値で除した価 (V、データセットごとの育種価のばらつきの相対的な価として利用した)、育種価の最大値・最小値・レンジを一覧にした。

解析結果は育種区によって傾向が異なっていた。中部育種区では、1/df 以外の形質は遺伝率が小さく、各形質とも V が小さく、形質を問わず大きな改良効果が期待できなかった。東部育種区では、樹高、胸高直径、ピロディンについては中庸の遺伝率で、1/df の遺伝率と V は高かった。西南部育種区では、樹高の遺伝率が大きく V が大きく、胸高直径は遺伝率及び V ともやや落ちるが一定の変動をしめし、ピロディンは極めて遺伝率が高く、1/df も高い遺伝率と V が得られた。東部育種区と西南部育種区については、1/df の育種価から推定した心材含水率の育種価の V が大きく、大きな改良効果が得られる見込みとなった。一方、ヤング係数については V が小さく、大きな改良効果が期待できなかった。

表-2. 調査結果の概要

	中部 n=80						東部 n=186						西南部 n=87					
	樹高	胸高直径	ピロディン	1/df	ヤング係数	含水率	樹高	胸高直径	ピロディン	1/df	ヤング係数	含水率	樹高	胸高直径	ピロディン	1/df	ヤング係数	含水率
	m	cm	mm x10 ⁴ cm ¹ Hz ⁻¹	GPa	%		m	cm	mm x10 ⁴ cm ¹ Hz ⁻¹	GPa	%	m	cm	mm x10 ⁴ cm ¹ Hz ⁻¹	GPa	%		
全平均値	6.2	8.4	22.2	37.8	8.03	91.7	11.0	14.1	25.5	43.2	7.74	107.6	11.2	17.5	21.1	42.5	8.03	91.7
遺伝率	0.013	0.031	0.085	0.229			0.130	0.117	0.143	0.446			0.394	0.065	0.710	0.297		
SD(育種価の標準偏差)	0.046	0.214	0.210	0.895	0.038	6.382	0.362	0.628	0.286	1.672	0.052	11.916	0.810	0.602	1.175	1.391	0.213	9.918
V(=SD/全平均値)	0.007	0.025	0.009	0.024	0.005	0.070	0.033	0.045	0.011	0.039	0.007	0.111	0.072	0.034	0.056	0.033	0.027	0.108
育種価最大値	0.112	0.477	0.368	1.857	0.108	13.226	1.069	1.826	0.976	5.894	0.140	42.003	2.027	1.497	2.632	3.800	0.630	27.076
育種価最低値	-0.094	-0.489	-0.599	-2.027	-0.067	-14.459	-1.026	-1.216	-0.773	-3.494	-0.177	-24.916	-1.850	-1.036	-3.478	-3.367	-0.477	-24.011
育種価のレンジ	0.205	0.966	0.967	3.884	0.175	27.686	2.095	3.042	1.749	9.388	0.317	66.919	3.877	2.533	6.110	7.167	1.107	51.087

各形質の育種価の全平均値及びばらつきを示した。

nは解析に供した精英樹の数。

ヤング係数と含水率の育種価はそれぞれピロディンと1/dfの育種価から推定した価。

特性表に供するため、樹高、胸高直径、ピロディン、1/dfの各精英樹の育種価 x を 5 段階評価に換算した。樹高及び胸高直径については大きい方がよく、育種目標は樹高及び胸高直径の増大である。高いヤング係数を育種目標とするので、ヤング係数と負の相関を示すピロディンは小さい方がよい。低い含水率を育種目標とするので、含水率と正の相関を示す 1/df は低い方がよい。従って、5 段階評価は育種価 x と標準偏差 σ に基づいて表-3 のとおりに行っており、評価値の数字が大きい方が「よい」と考える。

別表に、供試した 191 の精英樹について、育種区ごとの樹高、胸高直径、ピロディン、1/dfを一覧としたトドマツ精英樹材質特性表を掲げる。

品種開発

上述の結果に基づいて、東部育種区と西南部育種区について含水率の推定育種価が高い精英樹を選抜し、材質優良トドマツ品種として林木育種センターの開発品種とした。ピロディン及び 1/df からヤング係数及び含水率の育種価を推定し、系統ごとの 5 段階評価値を得た。各育種区での検定結果から、含水率の評価値が 4 以上で、樹高、胸高直径、ヤング係数についても育種価が平均以上であった系統のうち、精英樹としての選抜地が当該育種区であるものを選んだ。

平成 26 年度に西南部育種区における検定結果から 5 品種を、平成 27 年度に東部育種区における検定結果から 10 品種をそれぞれ林木育種センターの開発品種とした。なお、中部育種区での検定では上記の選抜条件に当てはまるものがなかった。これらの 15 品種は、北海道における検定林での検定結果に優れたものであり、採種園の改良・新設の際に検定済の優良な第一世代精英樹（いわゆる 1.5 世代精英樹）として今後活用していく。他の形質でこれまで開発した品種とともに、開発した材質優良トドマツ品種を別表備考に記載した。

表-3. 5 段階評価値の決め方

5段階評価値	樹高及び胸高直径	ピロディン及び1/df
5	$+1.5\sigma \leq x$	$x < -1.5\sigma$
4	$+0.5\sigma \leq x < +1.5\sigma$	$-1.5\sigma \leq x < -0.5\sigma$
3	$-0.5\sigma \leq x < +0.5\sigma$	$-0.5\sigma \leq x < +0.5\sigma$
2	$-1.5\sigma \leq x < -0.5\sigma$	$+0.5\sigma \leq x < +1.5\sigma$
1	$x < -1.5\sigma$	$+1.5\sigma \leq x$

x: 各親の育種価

σ : 育種価の標準偏差

引用文献

北海道育種場（とりまとめ）（2010-2015）平成 23 年度林木育種推進北海道地区協議会資料、平成 24 年度～平成 26 年度林業研究・技術開発推進北海道ブロック会議育種分科会資料、平成 27 年度北海道育種基本区特定母樹等普及促進会議資料

林木育種センター（とりまとめ）（林業研究・技術開発推進北海道ブロック会議育種分科会、林業研究・技術開発推進東北ブロック会議育種分科会、林業研究・技術開発推進関東・中部ブロック会議育種分科会、林業研究・技術開発推進近畿・中国・四国ブロック会議育種分科会、林業研究・技術開発推進九州ブロック会議育種分科会、国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター）（2011-2016）林木育種の実施状況及び統計。森林総合研究所林木育種センター（平成 23 年版-平成 27 年版）

Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis, B.R., and Thompson, R. (2009) ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK. URL: <http://www.vsnl.co.uk>