

杨树新品种选育及推广

邢亚娟 著



哈尔滨地图出版社

杨树新品种选育及推广

YANGSHU XINPINZHONG XUANYU JI TUIGUANG

邢亚娟 著

哈尔滨地图出版社

• 哈尔滨 •

图书在版编目(CIP)数据

杨树新品种选育及推广/邢亚娟著. —哈尔滨: 哈尔滨
地图出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-80717-952-8

I. 杨… II. 邢… III. 杨属—选择育种—高等学校—教材 IV. S792.110.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 196842 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨海天印刷设计有限公司印刷

开本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 4.75 字数: 113 千字

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80717-952-8

印数: 1~1 000 定价: 15.00 元

前 言

杨树育种和造林是世界林业一项方兴未艾的事业。近百年来,杨树品种推陈出新,并在世界各国大面积推广栽培。杨树已成为世界上栽培面积较大、木材产量较高的树种,也是我国重要的工业用材林和生态防护林树种。目前,世界其他国家(中国除外)杨树造林面积达 140 万公顷,我国杨树人工林面积已超过 700 万公顷,是世界杨树造林面积的 4 倍以上,栽培面积居世界首位。杨树木材主要用于制造胶合板、刨花板、纤维板和制浆造纸等。在能源危机日趋严重的今天,国外许多国家已将杨树列为能源树种,用于发电和制造纤维乙醇。面对新形势,杨树育种工作如何向更高方向发展,选育出生产中需要的杨树良种,已成为广大林业科研人员急需解决的课题。

目前,我国杨树育种发展较快的地区主要集中于温带,在该地区绝大多数新品种属于平原杨树,只适合于平原栽培,不能进行山地造林,并且在抗逆性上表现较差,无法大范围推广应用。而当前在北方杨树主栽区,已出现杨树品种更替迟缓、生长及利用率连年降低等问题,严重阻碍了“三北”地区大范围的生态工程建设及工业用材林建设的顺利开展。针对杨树发展的新需求和新问题,开展耐寒、耐旱、耐盐碱和山地栽培杨树新品种选育及推广将对我国生态环境的改善及林业经济的发展起到积极的推进作用。

本书主要介绍了以东北高寒地区为选育背景,以抗寒、优质、速生为选育目标的山地杨树和平原杨树新品种的选育技术及造林推广技术,旨在更好地推进高寒地区杨树新品种的推广与栽培。

本书是由作者主持的国家林业局科技攻关项目“工业用材林引选优良新品种(系)区域化试验”、国家林业局科技推广项目“窄冠杨树新品种(钻×俄、斯×施、A118)推广”、“杨树新品种‘B6’推广示范”、黑龙江省科技攻关项目“工业用材林中美山杨中试”、哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目“中国山杨与美洲山杨杂种无性系选育的研究”(2006RFQXN095)、黑龙江省博士后资助项目(LBH-Z07032)以及黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11531292)等联合资助。2008年,由作者主持的“抗寒绿化杨树新品种选育及推广”获得黑龙江省科技进步二等奖。

本书汇聚了相关科研人员三十余年开展杨树育种及造林的科研成果,是作者及其科研团队在杨树研究方面的结晶,可作为从事杨树育种、培育及相关研究的科技工作者参考用书。欢迎广大读者提出宝贵意见。

作 者

2008年12月1日

目 录

1	杨树育种及造林综述	(1)
1.1	杨树杂交育种进展	(1)
1.2	杨树定向培育	(7)
1.3	我国杨树育种发展对策	(8)
2	中国山杨与美洲山杨杂交育种	(10)
2.1	材料和方法	(10)
2.2	结果与分析	(17)
2.3	本章小结	(45)
3	平原速生杨树新品种选育	(46)
3.1	材料和方法	(46)
3.2	试验结果	(49)
4	杨树新品种推广	(81)
4.1	杨树新品种抗寒性实验室测定	(81)
4.2	窄冠杨新品种造林示范推广	(84)
4.3	B6 杨推广	(113)
	参考文献	(139)

1 杨树育种及造林综述

1.1 杨树杂交育种进展

1.1.1 杂交育种策略的发展

由于长期以来植物学家把一个物种作为一个遗传上同质个体的集群看待,认为同一物种的不同个体的基本特性和遗传效应是相似的,所以,在林木杂交育种的早期都用种内随机遇到的、未经选择的个体作杂交亲本,而研究的主体是对 F1 代的选择,这种策略可称为 CS(Cross 和 Selection)二阶段育种程序。近 30 年的林木遗传研究发现,种内变异在多水平上,即在产地间、群体间、个体间和个体内广泛存在,学者们开始修改杂交育种策略,以便把群体间和群体内基因型的变异都用于杂交亲本选择,从而使杂交育种进入了 SCS(Selection、Cross 和 Selection)三阶段育种时代。随着轮回选择和配合力育种理论在农作物育种中的有效应用和发展,以及在林木育种中对性状遗传控制方式和遗传参数信息的获得,育种学家认识到要提高林木育种效果,育种策略必须由一次性短周期育种研究向以轮回选择为基础的多世代长期改良方向发展,使每一轮育种都能从一个全新的育种基本群体开始。1981 年意大利学者提出了在两个杂交用亲本种中先进行配合力测定和改良,再用高配合力基因型作种内和种间杂交亲本的育种策略,可称作 BSCS(Breeding、Selection、Cross 和 Selection)四阶段育种程序。这一育种策略把亲本的改良放在杂交育种的优先位置上,改变了长期以来把 F1 代的选择

作为杂交育种主体,每次育种都从零开始的传统做法,利用多群体、多世代改良提高杂交育种的预见性和效率,从而使育种过程系统化、多世代化。

1.1.2 杨树育种中的杂种优势

1.1.2.1 杂种优势的遗传学机理

杂种优势是指两个遗传性不同的亲本杂交所产生的杂种一代在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质上比双亲优异的现象。关于杂种优势的遗传学理论很多,其中最主要的是“显性学说”(非等位基因间的遗传互补)和“超显性学说”(等位基因间的遗传互补),在林业上也提出“杂种生境”假说,但都不能解释这一现象的复杂机制。近年来从生理生化角度和分子水平的研究表明,杂种优势的遗传原因在功能上表现为基因的刺激、抑制、互补和协调。并指出杂种优势与结构基因和调节基因都可能有关,并与细胞核—细胞质互作有关,而且也受整个遗传系统(基因背景)的影响。所以情况极为复杂,有许多问题尚待进一步深入研究。

1.1.2.2 杂种优势的早期预测

关于杂种优势早期预测的最早报道见于 Rob bins 对番茄的研究,他通过人工培养番茄的幼根,发现纯系 1 对吡哆醇有较大的反应,纯系 2 对烟碱酸有较大的反应,而这两个品种的杂种一代既能合成吡哆醇又能合成烟碱酸,且产生这两种维生素的能力均超过亲本,从而揭示了遗传学上“显性学说”和“超显性学说”的生化基础,并为 F₁ 代杂种优势育种实践中有效的选配亲本和早期预测杂种优势提供了根据。早在 1962 年 Schwartz 就将同工酶技术用于玉米杂种优势的预测,他在授粉 16 天的不同玉米自交系胚乳中发现了迁移率明显不同的酯酶同工酶,杂种胚乳中除具有两亲本的同工酶

带以外,还出现了迁移率介于两亲本之间、而又为亲本所没有的新的同工酶(杂种酶),并认为这一现象可能与杂种优势有关。黄敏仁等对鹅掌楸属自然和人工杂种进行了过氧化物酶同工酶分析,发现杂种不仅具有双亲的特征酶带,而且还有双亲所没有的“杂种酶带”,为杂种优势的早期预测提供了依据。

根据杂种优势遗传解释的显性学说和超显性学说,获得杂种优势的双亲要存在遗传差异,遗传距离作为衡量双亲遗传差异大小的一个参数,必然和杂种优势有一定联系,因而,常被用于亲本选配和杂种优势预测。在这一方面最早的报道是 Paterniani, Lonquist (1963)对玉米的研究,并发现二者之间存在线性正相关。虽然在早期研究中亲本遗传差异的度量多基于形态标记或生化标记,近年来多基于分子标记,从总的研究结果看二者之间存在相关性,包括直线相关和曲线相关,当然也有例外情况,而且与所研究的性状有关。

1.1.2.3 杨树杂交育种进程

最早从事杨树杂交育种工作的是 Tenrya 教授,他于 1912 年在英国用棱枝杨(*Populus deltoides* var *Angulata*)与毛果杨(*Populus trichocarpa* Torr.)进行人工杂交,选育出了速生、适应性强的格氏杨(*Populus generosa* Henry)。在意大利,已建立起了包括多个种源在内的欧美杨育种群体,培育出具有适合不同栽培目的的优良无性系。美国从 1924 年起,进行了系统的杨树杂交工作,用美洲山杨(*Populus tremuloides*)、银白杨(*Populus alba* L.)等 34 个不同植株,做了 100 个杂交组合,得到了上万株杂种。在明尼苏达州大学北方中心实验站,进行了毛果杨和不同种源的美洲黑杨(*Populus deltoides* March.)杂交,以速生、抗寒和抗病为目标选育出了 NE-311、NE-296、NE-200 等杂种无性系。在加拿大安大略省,以速生、抗寒和提高插穗生根能力为目标,选育出了最佳杂交组合美洲

山杨×大齿杨(*Populus grandidentata*)。在法国,还发现欧洲山杨(*Populus tremula*)×美洲山杨、欧洲山杨×银白杨的杂种具有明显的杂种优势。在前苏联,1933年开始进行杨树杂交育种工作,从银白杨×新疆杨中选出莫斯科银毛杨和苏维埃塔形杨,从欧洲山杨×新疆杨中选出雅布洛考夫杨。

中国杨树育种工作始于20世纪40年代,但真正有计划的杨树育种研究是从50年代中开始的。叶培忠1946年在甘肃省天水县水土保持推广站首次进行了河北杨(*Populus hopeiensis*)与山杨(*Populus davidiana*)、河北杨与毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)的杂交试验。当时所用亲本仅限于白杨派,采用的是立木人工授粉法,并未从这些种间杂种育成可用无性系,可称之为我国杨树杂交育种探索阶段。1954年,在徐纬英领导下开始了我国大规模有计划的杂交育种项目研究。这一时期可称为杨树育种的繁荣期。首先是徐纬英、黄东森等人进行了白杨派及青杨派与黑杨派的有性杂交,杂交后代中美杨×加杨杂种的适应性有很大提高。1956年,他们以改良青杨和扩大适应范围为目的,以钻天杨为父本,以青杨为母本,采用常规杂交,选育出北京杨杂种系列,其中以北京杨3号、0567号和8000号表现最好。1957年,徐纬英等以小叶杨为母本,以钻天杨和旱柳混合花粉为父本,成功地选育出速生、耐旱和耐盐碱的群众杨杂种系列。鹿学程等1964年用赤峰杨为母本,以欧洲杨、钻天杨和青杨的混合花粉为父本,杂交选育出速生、耐旱、耐寒和抗病的“昭林6号”,成为内蒙古推广的主要优良品种之一。到20世纪70年代末80年代初,随着吴中伦等人1972年从意大利引进美洲黑杨无性系69杨和63杨显示出的速生性和对亚热带气候的适应性,及其进入结实阶段,我国开始了以这两个美洲黑杨无性系为亲本的新杂交育种时代。到20世纪90年代即已选出一批新无

性系,其中包括中林系统、南林系统和陕林系列,用国产品种丰富了黄淮和江淮高温高湿短日照地区的杨树栽培品种,并使南方型美洲黑杨的栽培区向北推进。

50 多年来,我国杨树育种工作经历了探索期(20 世纪 40~50 年代)、繁荣期(20 世纪 50~60 年代)和恢复期或新生期(20 世纪 70~90 年代)。20 世纪 90 年代中期以来杨树育种工作向创新期发展,即我国杨树良种选育研究是以产品和服务需求及理论有所创新为指导,并在两个巨大转变基础上开展的。其一是认识到必须因材种需求有相应培育技术配套,良种的基础作用才能真正充分发挥出来,因而把育种和栽培研究结合在一起进行研究,以求为生产提出操作性强的良种与方法配套的经营体系。其二是认识到新种质引进和现代分子技术是提高育种效率,扩展育种目标的关键,所以强化了主要杨树基因资源收集和重要经济性状分子水平上操纵技术的研究。杨树改良目标以由通用性向专用性育种过渡,由单一的产量指标向优质高抗多性状综合改良转变,力求育种与环境林种和材种需求紧密统一。近二十年已选育出许多与 50~60 年代明显不同的杨树优良新品种,新品种平均材积生长量提高 10%~20%,木材密度提高 3%以上,纤维含量增加 2%以上。一大批新品种、新种质陆续投入生产。90 年代后期 108 杨和三倍体白杨杂种更成为苗木市场的新热点。不仅乡土树种基因资源的收集和研究有了长足进展,而且在“948”国际农业引进项目资助下,从国外引进了我国十分短缺又迫切需求的美洲黑杨、欧洲黑杨等遗传种质资源,使我国杨树遗传资源研究有了新的研究方向。杨树基因工程育种在技术和成效上也取得可观的突破。不仅转化成功的抗食叶害虫基因工程杨树已实现商品化,抗蛀干害虫天牛转基因杨树株系也获得成功,使我国在这一领域进入世界先进行列。杨树分子标记辅助育种

研究也取得了一定的进展。获得与杨树抗病紧密连锁的分子标记,为抗病基因定位、分离及克隆奠定了初步基础;已开展的对控制杨树生长、物候、材性等重要性状的 QTL 作图研究也为加速这些性状的早期选择做了理论和方法上的准备。

1.1.2.4 我国杨树良种发展存在的问题及需求

我国杨树育种研究虽然已有 50 多年历程,并育成了一些品种。但迄今为止,我国各杨树栽培区中占主导地位的品种多数仍是国外育成的品种。这些品种虽然比较速生,但对气候和土壤要求较高,主要适应于黄河、长江中下游生态条件优异的立地,在水肥不能稳定保证供应地区,高生产潜力不能得到充分发挥。而在辽阔的“三北”地区由于年积温低和普遍干旱缺水,长期缺少能代替 50~60 年代我国育成的第一代品种的更新换代品种。近期推广的少数国外引入品种则因遗传基础狭窄,生态可塑性差,不能满足生态多样性需求。大面积出现生长差、材质难以利用的小老树和病虫害蔓延,达不到欲求的生态和经济效益,致使一些省区不得不大量、甚至全部伐除已有杨树林木(如甘肃东部、宁夏河套地区)。因缺少更替新品种,这些地区的新一代用材林和防护林难以高标准营造。可以认为,迄今为止,我国各杨树栽培区在不同程度上都缺少适应性好、经济效益高、能保证杨树产业持续发展的良种。随着国家林业六大工程启动和西部大开发的迅猛发展,老工业基地建设事业的开展,特别是各地以杨树为原料的加工业快速发展,培育有地域特色和加工专用性的杨树良种,已成为当前市场对杨树育种工作的迫切需求。因此根据市场发展需求,有目的、有计划地选育能满足各种经营需求的抗逆性强、经营成本低的杨树新品种,已成为我国杨树发展中迫切需要解决的问题。

1.2 杨树定向培育

1.2.1 杨树人工林的主要用途

杨树人工林的主要用途一是生态林,主要用于三北防护林和农田防护林;二是用材林,主要用于工业用材林。工业用材林主要用做:各种板材原材料,如胶合板、纤维板、刨花板、细木工板等;纸浆材原材料,如木浆,最终代替草浆,提高纸张质量,并可以减少污染;包装原材料,如生活用材、民用建筑及轻工业产品(包括制造筷子和火柴)和薪炭材。此外,还用于四旁绿化。四旁绿化应选用雄株,避免飞絮污染。“七五”、“八五”、“九五”国家科技攻关要求杨树选育定向在工业用材林部分。

1.2.2 杨树人工林现状

杨树是我国重要造林树木,由于它早期速生;无性繁殖容易,能够容易实现无性系育种;木材具有多种用途、适应范围广。因此,杨树又是我国速生丰产用材林主要造林树种。我国现有杨树人工林面积约有 $600 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全国人工林总面积的 19%, 是世界杨树人工林总面积的 4 倍, 主要种植在我国东半部平原地区, 从长江以北到黑龙江都有分布, 但其中真正具有商品价值的杨树人工林不足 30%, 生产力低下, 其原因主要有两点: 一是不适地适树, 品种老化, 病虫害严重, 如多使用 20 世纪 60~70 年代老品种, 如意大利 I-214 杨、小黑杨和美洲黑杨 I-69 杨, 急需对人工品种进行更新换代, 提高经济效益; 二是栽培水平低下, 达不到集约栽培。因此, 良种需要良法种植和管理, 才能达到高产目的。

杨树是黑龙江省的主要造林树种之一, 其造林面积占全省各种造林面积的第二位。主要用于农田防护林、行道树、城乡绿化和

用材林(包括建筑材、火柴、造纸及薪材等)。由于黑龙江省地处北温带,气候严寒、无霜期短、昼夜温差大、病虫害猖獗,引进品种大多难以适应。过去虽已选育出一些杨树品种,但多数品种偏重于生长指标的选择,忽视了抗逆性及材性等指标的联合选择。

近来,国内外学者越来越多地认识到,杨树选种应把抗性选择放在第一位,对于黑龙江省尤应如此。作为当前仍是行之有效的常规育种来说,应在抗性选择的前提下,结合速生与材性开展杂交育种和其他选种工作。对此,我们首先调查总结了杨树育种工作的经验教训。其中,从1958~1966年,引进65个无性系,杂交60个组合,1966年提出的杨树育种工作总结,初步提出了有小×黑在内的15个品系。在这个阶段的杂交种均为单交种。

1971~1990年,共引进400多个杨树品系,其中,有提供了全省普查确定的推广品种小黑杨、北京杨605、斯大林工作者杨、白城2号、加青杨等。1983年进一步从引进品系中提出了新选推广品系小黑14、北京杨3号、小美早40、小青美9号和德杂1号。在杂交育种工作上,选出了黑林1号、2号、3号杨,以及A102和A98号杨等,这些杨树品系,特别是小黑14,北京杨3号,黑林1号、2号、3号杨等,在生产上应用甚广,已繁殖造林达2亿株以上,有些品种已推广到省外。

事物是不断发展的,良种也不应停止在一个水平上,通过几十年杨树良种选育工作,从农区到林区,从平原到山地,我们又选出了一批杨树品系,有待生产上应用鉴证。

1.3 我国杨树育种发展对策

根据我国林业及木材产品的近期需求实际情况,特别是杨木在

纸浆和人造板加工中的适宜性,以及我国气候类型复杂多样,原生杨树物种资源居世界之首等现实,在今后相当长一个时期内,我国杨树育种要遵守生态育种和可持续发展的基本原则,坚持短期目标和长期改良并重路线,以品种不断创新的应用性研究为主,强化具开拓效应的原创性基础研究,坚持科研与市场需求的紧密结合,以常规育种为主导,同时注重生物高新技术与常规树种技术的融合,创造杨树遗传育种改良体系,要有重点跟踪国际前沿研究领域。当前杨树育种应紧紧围绕工业用材林和生态工程林两大体系建设开展,从环境、资源和可持续发展需求出发,突出适应及抗性育种和材质育种研究,使我国杨树人工林的定向培育目标得以低成本高效实现。应采取的对策为:

(1)强化重要杨树乡土树种及外来树种基因资源和育种群体的建立及管理研究,务必按生态区域划分几个育种群体,为拓宽育种材料的遗传背景和制定不同天然管理和保护服务;

(2)开展杨树抗性和营养生理的分子育种研究,侧重利用基因工程手段培育转基因抗干旱、耐盐碱的抗病虫优良新品种,为西部大开发的良种需求服务;

(3)开展杨树产量与质量多样性状早期联合选育技术研究,以缩短育种周期,加速新品种选育过程,提高育种的经济投入回报率;

(4)积极开展生理生态遗传学研究,推进高效型品种选育,探索不同林种、材种品种的选育程序和方法,以及相适宜的集约栽培体制,以降低集约人工林经营成本,有利杨树产业化进程。

2 中国山杨与美洲山杨杂交育种

中国山杨(*Populus davidiana*)分布于我国 $N20^{\circ} \sim N50^{\circ}$, $E100^{\circ} \sim E135^{\circ}$, 海拔 100 ~ 3 000 m 范围内的广大地区, 从东北大小兴安岭、完达山、长白山经华北燕山、吕梁山、贺兰山再到西北祁连山乃至华中、西南在全国 23 个省份内均有集中成片山杨林或混交散生的山杨。山杨是森林更新先锋树种, 它的根蘖能力强, 森林遭受火烧或采伐后, 它可迅速占领迹地, 构成新的森林, 它对土壤要求不高, 在棕壤、草甸土、白浆土甚至轻度盐碱土上均可生长。山杨的木材结构均匀、质轻而软、颜色淡白, 物理性能及纤维长、宽、长宽比、纤维素含量和基本密度均高于大青杨、香杨和小黑杨等, 不用填充其他原料即可造纸, 而且适合做胶合板、轻质刨花板、筷子、火柴等。

现在我国对山杨的需要量日趋增加, 天然林资源已无法满足需要。多代萌生的山杨天然林, 心腐现象严重。因此, 山杨的遗传改良已提到重要日程。本章研究的是通过山杨与美洲山杨杂交, 对山杨遗传品质进行改良, 以期选育出抗寒、速生、材质好、出材量大、抗性强的山杨优良品系。

2.1 材料和方法

2.1.1 试验材料

杂交母本选用中国山杨, 花枝采自“八五”国家攻关“山杨纸浆

材良种选育”项目确定的山杨优良种源的优树,包括黑龙江省的哈尔滨、苇河青山、带岭、铁力、迎春、江山娇以及吉林等地的山杨优树。

杂交父本选用美洲山杨(*Populus tremuloides*)。美洲山杨由美国明尼苏达大学山杨研究中心提供花粉。美洲山杨分布于北美洲的广大地区,某些杂种植株是欧洲山杨与美洲山杨杂交而成,生长极为迅速,干形好,美国明尼苏达大学山杨研究中心从1956年开始进行美洲山杨选优,上述亲本花粉来源于1956年以来选育出的优良无性系。

2.1.2 试验方法

2.1.2.1 山杨杂交育种程序

根据山杨与美洲山杨生物学和生态学特性,制定出本次杂交育种的目标。

(1)抗逆性强,在抗寒性以及抗心腐性上要超过天然山杨对照种达显著水平。

(2)生长迅速,生长量超过天然山杨对照种达显著水平。

(3)材性较好,达到造纸、制板等行业标准。

根据山杨杂交育种目标,制定出了相应育种程序见图2-1所示。

2.1.2.2 育种材料的收集与保存

根据山杨优树选择的标准和要求选取亲本,现场计算优树、优势木的树高和胸径,选择的优树年龄25~50 a,树高18~25 m,其胸径和树高均大于优势木10%~25%,树干圆满通直,生长健壮,无病虫害。

在1月下旬至2月采集花枝,选取母本花枝剪取长60~80 cm、