

不同杨树品种对桑天牛抗虫性的试验

赵自成

(焦作市农林科学研究院, 河南 焦作 454000)

摘要:通过比较杨树试验林连续5 a的自然感虫数据和连续2 a人工接虫数据,得出自然感虫数据分析结果与人工接虫的数据分析结果基本一致,人工接虫可以替代自然感虫观测来研究不同品种的抗虫能力,从而能缩短杨树新品种抗虫性研究的时间;对同批杨树系号连续2 a采用同样的人工接虫方法,所得的结论基本一致,验证了人工接虫方法的可靠性,同时也得出用人工接虫方法来测定不同系号的抗虫性只需1 a就可得到可靠结论;通过对同批同质的桑天牛成虫在高抗和易感杨树品种上的接虫数据分析,排除了引起各杨树品种桑天牛被害率差异并非虫体个体差异和树体个体差异,而真正原因是由于品种间抗虫能力的不同;比较连续2 a的接虫数据可得人工接虫最佳时期为造林2—4 a,此阶段接虫枝条易找,接虫便利,且数据可靠。

关键词:杨树品种;桑天牛;抗虫性;人工接虫;自然感虫

中图分类号:S763.38;S792.11

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.03.006

桑天牛,分布广,食性杂,是我国多种用材林和经济林树种的主要蛀干害虫^[1]。为获得桑天牛在不同杨树品种上真实可靠的危害数据,对同一片杨树试验林连续5 a观测自然被害率,并在获得一定数据后连续3 a做人工接虫试验,以期选育出抗桑天牛的优良杨树品种,并总结出操作性强的抗虫选育方法。

1 桑天牛的生物学特性

在河南地区,桑天牛主要危害杨树、柳树、苹果树等,其繁育周期为每2 a 1代。每年7月中旬至下旬为产卵高峰期,雌成虫多将卵产在树冠外侧直径为1—1.5 cm的2年生小枝上,卵经7 d左右孵化;幼虫而后开始由上而下在树体内蛀孔,并每隔一段距离蛀1排粪孔,排出粪便(树屑),直至第3年春季不再下蛀;之后在蛀孔内发育到5月下旬开始化蛹,蛹期25—35 d,7月上旬进入羽化高峰期,老熟幼虫咬破树皮羽化成虫^[1-2];成虫在桑、构树上补充营养促使性腺发育^[2-5]成熟后交尾、产卵、死亡,完成1个生命周期。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2.1.1 试验地概况

试验林设在河南焦作武陟

县境内,地理位置为北纬36°14',东经113°16'。温带气候,年平均气温为15.2℃,平均降水量625.4 mm,无霜期224 d,全年日照时数2 434 h。地下水位12 m,土壤pH值为7.2,沙壤土,较贫瘠。

2.1.2 试验林概况 参试品种17个,其中13个是50号杨×36号杨F₁代,亲本50号杨、36号杨和中林46、69杨为对照品种。试验林采用随机区组,4—8株不等株小区,3次重复,3 m×3 m株行距,总占地0.55 hm²,四周设保护行。周围有野生桑、构树丛。

2.1.3 铁丝网笼 将16目的铁丝网做成长50 cm、直径约为20 cm的圆筒,两头分别缝上长30 cm的白布筒以便捆扎固定^[6]。

2.2 试验方法

从造林当年开始持续5 a对试验林各品种进行自然感虫观测;从造林第3 a开始连续3年对试验林进行人工接虫试验。

2.2.1 套笼接虫方法 套笼:于7月中旬将2年生直径为1—1.5 cm、长1 m左右小枝去除基部50 cm上的叶片,将做好的铁纱笼套在此去叶枝段上。接虫:将人工饲养7 d以上已充分交尾的成熟、健康桑天牛成虫雌、雄各1只放入笼中^[7],

收稿日期:2019-05-03;修回日期:2019-05-30

作者简介:赵自成(1963—),男,河南焦作人,高级工程师,大学本科毕业。主要从事杨树育种与选育工作。

放入新鲜构树条,用于天牛补充营养^[3-5];而后每2 d 更换1次构树条,同时检查产卵个数和孵化情况,直至每枝上产卵数不少于3个时,停止喂饲。

2.2.2 观测记录方法 停止喂饲后,随即进入观察期。第1个月每周1次,记录卵孵化数;而后变更为每半个月观察1次小幼虫存活情况,持续至当年度11月份幼虫停止活动(最后的一个排粪孔停止排粪)为止;第2年,从幼虫开始活动至休眠每月定期观察1次^[7]。

2.2.3 数据处理 通过抗虫率=1-被害率^[8],将各项被害率调查数据转化为抗虫率;通过卵死亡率=1-孵化率^[8],将孵化率转化为卵死亡率;通过幼虫抑制率=1-幼虫存活率^[8],将各月、各年度的幼虫存活率转化为对幼虫抑制率。所有数据计算、方差分析均使用 Excel 系统处理。

3 结果与分析

3.1 自然状况下桑天牛对不同杨树品种的危害情况

比较造林5 a 来自然被害数据,造林第4年的平均被害率相对较高,各品种的抗虫性能表现的比较充分,因此对该年份的观察数据进行对比分析。

对造林第4年试验林各品种3个区组的平均抗虫率采用逐步聚类法的最小距离法^[9]进行分类。选择抗虫率最小、最大和中间型的3个点做为凝聚点,用标准欧氏法进行计算。把17个品种分成3类,见表1。

抗虫性好的品种G₁,平均抗虫率为100%,平均胸径为12.86 cm;抗虫性中等的品种G₂,平均抗虫率为89.32%,平均胸径为12.33 cm;抗虫性差的品种G₃,平均抗虫率为70.84%,平均胸径为11.66 cm。

表1 各品种试验林的被害率和对桑天牛中的抗虫率

品种	3个区组被害率/%			3个区组抗虫率/%			平均被害率/%	平均抗虫率/%	平均胸径/cm	所属类别
	I	II	III	I	II	III				
36号杨	0	0	0	100	100	100	0	100	12.92	G ₁
135	75	0	0	25	100	100	25	75	11.1	G ₃
239	0	0	16.67	100	100	83.33	5.56	94.44	13.09	G ₂
254	50	0	0	50	100	100	16.67	83.33	12.25	G ₂
245	0	0	0	100	100	100	0	100	11.73	G ₁
92	0	0	0	100	100	100	0	100	13.85	G ₁
131	0	0	0	100	100	100	0	100	14.05	G ₁
276	0	0	0	100	100	100	0	100	13.78	G ₁
158	25	0	12.5	75	100	87.5	12.5	87.5	12.53	G ₂
156	25	0	25	75	100	75	16.67	83.33	12.02	G ₂
267	0	0	0	100	100	100	0	100	12.18	G ₁
222	0	25	0	100	75	100	8.33	91.67	13.52	G ₂
50号杨	0	0	0	100	100	100	0	100	10.84	G ₁
261	0	0	0	100	100	100	0	100	13.56	G ₁
中林46	20	0	0	80	100	100	6.67	93.33	12.74	G ₂
69杨	25	0	0	75	100	100	8.33	91.67	10.15	G ₂
257	100	0	0	0	100	100	33.33	66.67	12.3	G ₃

对3类群抗桑天牛差异性进行不等重复方差分析,得表2。

表中 $F=62.55>F_{0.01}=6.51$,说明17个杨树品种分成的3个类群之间,对桑天牛的抗性存在极显著差异。对3类群的抗虫率采用新复全距法,进行类群间多重比较,见表3。

由表3可知,分成的3个类群间抗虫性存在极显著差异。因此G₁中所包括的50号杨,131、276、

表2 不同杨树品种抗虫性方差分析结果

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
品种	2	1457.52	728.76	62.55**	3.74	6.51
误差	14	163.11	11.65			
总计	16	1620.63	101.29			

261等8个品种对桑天牛的抗性与17个品种的其他9个品种存在极显著差异。

表 3 3 类群多重比较检验结果

类别	G ₁	G ₂	G ₃
品种数(个)	8	7	2
平均值	抗虫率/%	100	89.32
	胸径/cm	12.86	12.33
LSR _{0.01}	A	B	C

分析对比表明,不同杨树品种对桑天牛的抗性具有显著差异。试验林中一些品种栽植 4 a 来,从

未有桑天牛被害迹象,而一些品种部分区组被害率却较高。尤其是试验林林缘保护行的白杨和 37-33 杨,桑天牛的被害率均为 100%。因此针对各杨树品种出现的抗虫性的显著不同,于造林第 3 年至造林第 5 年连续 3 a 在该片试验林中做人工接虫试验,以进一步研究各杨树品种的抗虫性差异。

3.2 人工接虫试验

3.2.1 2 a 接虫试验的对比 从 17 个品种中选择 15 个进行接虫试验,每 1 品种接虫 2—3 株,每棵树套 1 个虫笼,2 a 的接虫观测结果见表 4。

表 4 连续 2 a 人工接虫各项数据

观测项		品种														
		36 号杨	135	261	50 号杨	222	131	239	254	257	156	276	92	158	245	267
造林第 3 年 接虫数据	单株平均产卵数/个	3	2.5	5.7	5	3.3	4	4.7	3	2	2.5	4.7	4	2.3	5	2.7
	卵总孵化率/%	55.6	60	11.8	0	25	0	0	44.4	50	40	0	33.3	14.3	10	8.3
	卵总死亡率/%	44.4	40	88.2	100	80	100	100	55.6	50	60	100	66.7	85.7	90	87.7
	当年幼虫总存活率/%	20	33.3	50	0	50	0	0	75	66.7	50	0	50	100	100	0
	接虫第 2 年春幼虫 总存活率/%	0	33.3	0	0	0	0	0	50	33.3	50	0	0	100	0	0
	接虫第 3 年春幼虫 总存活率/%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	当年平均幼虫抑制率/%	88.9	50	83.3	100	100	100	100	0	33.3	0	100	16.7	66.7	66.7	83.3
造林第 4 年 接虫数据	单株平均产卵数/个	3.7	2.3	3	4	7	3.3	4.7	5	5.3	3.3	2.3	4.7	5	6.3	3
	卵总孵化率/%	18.2	42.9	11.1	0	9.5	0	0	13.3	18.8	20	0	14.3	13.3	20	0
	卵总死亡率/%	81.8	57.1	88.9	100	90.5	100	100	86.7	81.3	80	100	85.7	86.7	89.5	100
	当年幼虫总存活率/%	0	33.3	0	0	50	0	0	100	66.7	50	0	50	50	50	0
	接虫第 2 年春幼虫 总存活率/%	0	0	0	0	0	0	0	100	33.3	50	0	0	0	0	0
	接虫第 3 年春幼虫 总存活率/%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	当年平均幼虫抑制率/%	100	66.7	100	100	66.7	100	100	33.3	33.3	66.7	100	16.7	66.7	66.7	100

人工接虫属强制天牛成虫在杨树上产卵,因此产卵数之间无明显差异^[7](有些接虫株上产卵数少于 3 个,是成虫死亡或卵大部分产在构条上等原因造成的)。而卵的孵化率与当年幼虫存活率各品种间存在很大差别,能很好地反映杨树各品种抗虫性

的不同^[8-9]。
杨树各品种对卵的抑制作用。不同杨树品种对卵的抑制能力不同,主要表现在一些卵没有正常孵化而死亡。对 2 a 接虫的卵死亡率进行方差分析,得表 5。

表 5 2 a 接虫试验杨树不同品种卵死亡率方差分析结果

F 值 种类	造林第 3 年接虫试验杨树 各品种卵死亡率 F 值	造林第 4 年接虫试验杨树 各品种卵死亡率 F 值	自由度	F 值显著水平	品种间	区组间
品种间	2.59 *	2.41 *	14	$F_{0.05}$	2.06	2.80
区组间	0.424	0.159	2	$F_{0.01}$	3.34	5.45

由表 5 可知,2 a 接虫的结果均表明杨树各品种间对卵的抑制能力存在显著差异,因此对杨树各品种的卵死亡率进行多重比较,结果见表 6。

由表 6 连续 2 a 接虫试验中卵死亡率的多重比较结果,可将 15 个杨树品种分为 3 个类型:第 I 类型为对卵高抑制类型,属抗虫性好的品种,包括 50 号

表 6 2 a 接虫试验杨树不同品种卵死率多重比较结果			
品种	造林第 3 年 各品种卵死率/%	品种	造林第 4 年 各品种卵死率/%
50 号杨 (276, 131,239)	100 a	50 号杨(276, 267,131,239)	100 a
261	93.33 ab	261	94.44 ab
245	92.86 abc	222(245)	90.30 abc
222	88.89 abcd	158	88.87 abcd
158(267)	83.33 abcd	92	82.22 abcd
92	62.7 abcd	156	77.78 bcd
156	58.34 abcd	36 号杨	76.33 bcd
36 号杨	55.56 bcd	254	76.67 bcd
254	52.78 bcd	257	72.22 bcd
257	50 bcd	135	55.56 d
135	41.67 d		
同列不同小写字母表示存在显著性差异($P<0.05$)			

杨及 276、131、239 这 4 个品种,2 a 的抑制率都为 100%;第Ⅱ类型为对卵中等抑制类型,属抗虫性中等的品种,包括 261,245,222,158,267,92,156,36 号杨 8 个杨树品种;第Ⅲ个类型为对卵低抑制类型,属抗虫性差的品种,包括 254,257,135 这 3 个品种。

连续 2 a 接虫结果中杨树各品种对卵的抑制能

表 8 不同杨树品种造林第 3 年幼虫抑制率的多重比较结果及造林第 4 年排序情况								
造林第 3 年 幼虫抑制率 多重比较结果	50 号杨 (276,131,267,239)	36 号杨	261(222)	158(245)	135	257	92	254(156)
	100% a	88.89% ab	83.33% abc	66.67% abcd	50% abcd	33.33% abcd	16.67% bcd	0 d
造林第 4 年 幼虫抑制率 排序情况	50 号杨(36 号杨,261,131,239,276,267)			222(135,158,156,245)		254(257)		92
	100%			66.67%		33.33%		16.67%
不同小写字母表示存在显著性差异 ($P<0.05$)								

由于该林分到造林第 4 年的平均胸径已达 11.99 cm,人工接虫卵孵化率已很低,由表 4 知造林第 4 年杨树各品种人工接虫的幼虫抑制率普遍很高,差异性不明显,因此只能从幼虫抑制率的数据大小将其分类(见表 8)。

综合 2 a 来杨树各品种的幼虫抑制率可将 15 个品种大致分为 3 类:第Ⅰ类型为对桑天牛的幼虫有高抑制能力,属抗虫性好的品种,包括 50,276,131,267,239 共 5 个品种,在连续 2 a 接虫试验中对幼虫的抑制率都很高;第Ⅱ类型为对桑天牛的幼虫有较高抑制能力,属抗虫性中等的品种,包括 36,261,222,158,245,135 共 6 个品种;第Ⅲ类型为对桑天牛的幼虫有较低抑制能力,属抗虫性差的品种,包括 257,92,254,156 共 4 个品种。

力的排序基本一致,只有少数品种略有不同,说明接虫试验的数据是可靠的,因此只需 1 a 就可得到可靠结论。比较表 4 中 2 a 的卵总孵化率和当年平均幼虫抑制率,不难看出,造林第 4 年的 2 性状较上一年有明显下降和明显增大的趋势,可得出随着树龄增长,林木对桑天牛的抗性会随之增强,这可能就是引起 2 a 中部分杨树品种排序不同的原因之一。

将数据转换后对造林第 3 年接虫的“幼虫抑制率”进行方差分析,结果见表 7。

表 7 造林第 3 年接虫试验杨树不同品种幼虫抑制率 方差分析					
种类	造林第 3 年接虫 试验杨树各品种 幼虫抑制率 F 值	自由度	F 值显著 水平	品种间	区组间
品种间	3.77 *	14	$F_{0.05}$	2.06	2.80
区组间	0.1346	2	$F_{0.01}$	3.34	5.45

采用新复全距法对各品种幼虫抑制率进行品种间多重比较,结果见表 8。

以上对 15 个杨树品种的桑天牛卵死亡率与幼虫抑制率的分析比较中,虽 2 种抑制能力的排序大致相同,但有些品种的排序还存在差异。有些品种虽桑天牛卵孵化水平稍高些,但当年幼虫存活率却很低;而某些品种虽卵孵化率很低,但当年幼虫存活率却较高。所以评价一个杨树品种抗虫性的高低,需对该 2 项指标综合评价后,才能得出。

综合自然感虫和人工接虫观测结果可得出该批参试品种中 50 号杨及 276,239,267,131 共 5 个品种抗虫性最好。

由表 4 还可看出,到第 4 年春,老熟幼虫存活率全部为 0。这说明人工接虫产的所有卵无一完成生活史而羽化成虫。自然感虫观测至造林第 5 年的 9 月,供试品种也均未观察到 1 个成虫羽化孔。2 类

试验观测数据都说明该批 50 号杨×36 号杨 F₁代的综合抗虫性较好。但幼虫在树干内蛀洞仍会严重影响木材材质及木材质量。依据国家木材检验标准 (GB144. 3-84)规定,加工用原木在任 1 m 的长度范围内,一等材必须无虫孔,二等材 5 个虫孔,三等材 6 个以上虫孔^[10]。因此幼虫越过第 1 个冬天后仍存活,就会对木材材质和经济价值造成影响^[11-12]。

3.2.2 选择对桑天牛高抗和易感的杨树品种进行

人工接虫 为了排除以上连续 2 a 接虫所得数据是因虫体差异引起的可能性,在造林第 5 年又连续第 3 年进行了人工接虫试验。选用该林分中抗虫性与生长量最佳的 131,276,和抗虫性最差的白杨和 37-33 杨共 4 个品种,接种同批同质的桑天牛成虫;4 个品种各选择 2 株,每 1 株树上设 3 个虫笼,每 1 笼内放 1 雌 1 雄 1 对成虫;更换构树条和观测记录方法同前。其接虫结果见表 9,10。

表 9 高抗和易感的杨树品种人工接虫结果

笼号	观测项	白杨(1)	白杨(2)	37-33(1)	37-33(2)	131(1)	131(2)	276(1)	276(2)
1 号	卵粒数/个		4	4	4	3	3	2	2
	卵孵化率/%	100	75	75	75	33.3	66.7	0	100
	当年幼虫存活率(%)	50	66.7	66.7	66.7	0	0	0	50
	第 2 年春幼虫存活率/%	50	66.7	0	66.7	0	0	0	0
2 号	卵粒数/个	5	6	2	6	3	5	3	6
	卵孵化率/%	80	100	100	83.3	0	60	66.7	33.3
	当年幼虫存活率/%	75	16.7	50	60	0	33.3	50	0
	第 2 年春幼虫存活率/%	66.7	16.7		20	0	33.3	0	0
3 号	卵粒数/个	3	3	2	4	4	3	4	3
	卵孵化率/%	66.7	66.7	50	75	50	66.7	50	66.7
	当年幼虫存活率/%	100	50	100	33.3	0	50	50	0
	第 2 年春幼虫存活率/%	0	50	100	33.3	0	0	0	0

表 10 4 个品种各项指标均值比较

品种	平均卵孵化率/%	当年平均幼虫存活率/%	第 2 年春平均幼虫存活率/%
白杨	81.4	59.73	41.7
37-33	62.6	62.78	36.7
131	46.1	13.89	5.6
276	52.8	25	0

由表 9,10 可清楚地看出,不同时期品种间桑天牛被害的差异程度十分明显,而品种内重复间差异细微。说明杨树品种间显著不同的抗虫性是由于品种的抗虫特异性造成的,而非虫体个体和树体个体间的差异引起的。

4 结论

(1)2 a 的人工接虫结果与自然感虫调查结果基本一致,说明人工接虫可以替代自然感虫观测来研究不同品种的抗虫能力。

(2)比较造林第 3 年、第 4 年的接虫试验结果,结论基本一致,因此采用接虫方法来测定不同品种的抗虫性只需 1 a,但须重复 3 次以上方可得到可靠

结论。最好在树体不太大即造林 2—4 a 时,接虫枝条易找,接虫较为便利,且数据也最为可靠。

(3)由第 3 年接虫结果可知,不同杨树品种所表现出不同抗虫性的原因是由于品种间抗虫能力的不同引起的,而非虫体个体和树体个体间的差异引起的,因此前 2 a 的接虫数据是完全可靠的。

(4)该批参试品种中最优抗虫品种为 131,276,50 号杨,239 等品种,综合其生长量、干形、冠形等因素,131,276 为最佳抗性品种。

参考文献:

[1] 王宏乾,葛正明,徐邦兴,等.桑天牛及其防治技术研究[J].森林病虫害通讯,1987(2):1-4.

[2] 高瑞桐,李国宏,宋宏伟,等.桑天牛成虫生活习性的进一步研究[J].林业科学研究,2000,13(6):3634-640.

[3] 汪永俊,张纪林,秦旦仁,等.桑天牛的发生与补充营养关系的初步研究[J].江苏林业科技,1986(1):32-34.

[4] 高瑞桐,刘传银,卢永农,等.桑天牛喜以构树、桑树为补充营养的原因及其应用的初步研究[J].林业科学,1994,30(4):376-380.

(下转第 38 页)

3 结论与讨论

榉树在我国分布范围很广,因具有生态适应性强、病虫害少、材质优良、秋叶季相变化丰富等优良特性,在城乡造林绿化中应用十分广泛。本研究通过对 10 个榉树无性系的树高、胸径、地径、胸径/地径、枝下高、干形、分枝角度、分枝密度、分枝均匀度、叶片密度、叶片大小和秋叶颜色等 12 个指标的测定,结果表明无性系间各性状存在显著的差异,定量性状的无性系重复率为 0.62—0.99,通过无性系选择可以获得较高的遗传增益。采用层次分析法对 10 个榉树无性系综合性状评价的优劣排序结果为冲天>4 号>壮榉>6 号>5 号>飞龙>绿花瓶>武野>8 号>绿村,综合性状排序位列前 3 位的‘冲天’、4 号和‘壮榉’可以作为榉树用材和观赏兼优的无性系。本研究中引进的‘武野’‘绿花瓶’‘绿村’等是日本、美国栽培较多的榉树优良园艺品种,但从造林 2 a 的初期表现看,其生长适应性和观赏性表现较差,尚需要进一步观测。

目前生产上榉树造林往往兼具生态景观绿化和珍贵用材储备林的双重功能。因此,根据榉树的生物学特性,确定一套准确、客观、系统的榉树用材及观赏品种综合评价标准,对于促进榉树良种化发展具有十分积极的意义。本研究以 10 个榉树无性系为对象,构建了兼顾用材和观赏 2 个目标的 4 个层次决策模型,各观测指标的权重值大小依次为树高>胸径=干形>秋叶颜色>地径>叶片密度>胸径/地径>分枝密度>叶面积>分枝均匀度>枝下高>分枝角度,其中,树高、胸径、干形和秋叶颜色 4 个指标为主要指标,其权重值占 74.1%。各判断矩阵均获得了较满意

的一致性检验结果,说明确定的权重值具有一定的科学性和合理性,可供榉树良种选择评价时参考。但需要指出的是,本研究是针对榉树用材和观赏联合选择建立的评价模型,而仅作为园艺观赏的榉树无性系还存在一些特殊性,如一些主干弯曲的垂枝品种在植物造景中受到人们的推崇,而在一些狭窄的街道或小庭园,需要生长相对缓慢、分枝角度很小的品种。因此,还需根据生产上的实际需要针对不同榉树品种进行灵活选择应用。

参考文献:

- [1] 曾祥谓,樊宝敏,张怀清,等.我国多功能森林经营的理论探索与对策研究[J].林业资源管理,2013,2:10-16.
- [2] 江苏省绿化委员会办公室.植珍贵树致富百姓 造彩色林美化家园——江苏省扎实推进国土绿化彩色化珍贵化效益化建设[J].国地绿化,2017(4):31-35.
- [3] 仲 磊,黄利斌.榉树育种研究进展及遗传改良策略[J].林业科技开发,2015,29(1):5-8.
- [4] 董筱均,黄利斌,周荣超.榉树不同品种扦插生根差异比较[J].江苏林业科技,2018,45(2):10-13.
- [5] 黄利斌,董筱均,窦全琴,等.大叶榉树无性系生长性状的早期变异[J].江苏林业科技,2014,41(5):1-5.
- [6] 黄利斌,汪企明,樊丛梅,等.榉树半同胞家系苗期性状变异的研究[J].江苏林业科技,2001,28(6):1-3.
- [7] 董筱均.榉树园艺品种的选育与园林应用[J].园林,2018,(4):46-47.
- [8] 郁世军,李 英,李晓储,等.榉树家系苗期生长变异及选择研究[J].南方林业科学,2016,44(3):11-16.
- [9] 蒋艾平,刘 军,姜景民,等.基于层次分析法的乐东拟单性木兰优良种源选择[J].林业科学研究,2015,28(1):50-54.
- [10] 刘 丽,李振坚,翟飞飞,等.基于叶、枝特性的柳树苗期观赏性评判[J].林业科学研究,2016,29(6):926-932.
- [11] 唐启义.DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析与数据挖掘:2 版[M].北京:科学出版社,2009.
- [12] 秦锡祥,高瑞桐,李吉震,等.不同杨树品种对光肩星天牛抗虫性的调查研究[J].林业科学,1985(3):310-314.
- [10] 国家标准局.GB144.3-1984.中华人民共和国原木检验等级评定国家标准[S].1984-12-22 发布.1985-12-01 实施.
- [11] 韩一凡,胡建军,赵自成.抗虫杨[M].北京:科学普及出版社,2010:21-122.
- [12] 秦锡祥.谈杨树蛀干害虫[J].森林病虫通讯,1984(1):32-34.

(上接第 28 页)

- [5] 秦旦仁,郭同斌,蒋富荣,等.桑天牛卵巢发育与补充营养关系的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),1994(3):46-50.
- [6] 胡建军,赵自成,苗世龙,等.杨树人工接虫方法的研究[J].林业科学研究,1998,11(6):574-580.
- [7] 胡建军,韩一凡,尹伟伦.在人工接种和自然感虫情况下美洲黑杨后代对桑天牛抗性的研究[J].林业科学,2002,38(1):164-167.
- [8] 秦 飞,李云岷,周正标,等.近 10 年我国林木抗虫性研究概述