

小叶杨不同优树无性系生长特性研究

陈保业¹, 魏国良², 谢德娟², 李强峰^{2*}

(1. 青海省祁连县林业站, 青海祁连 810400; 2. 青海大学农牧学院农林系, 青海西宁 810016)

摘要 以从祁连县小叶杨主要分布区选取的 50 个优树无性系为材料, 对其生长特性进行测定分析, 以期筛选出速生、丰产、观赏价值高、适应性强的 小叶杨优良无性系。结果表明: 无性系 T43、T42、G49、D31、T38、T35 成活率均达 80% 以上; 无性系 T43、T42、S15、S3、S26 的苗高均高于 85 cm; 地径排序依次是 T39、T43、T38、S21、S13、T42, 显著大于其他无性系; 叶面积排序依次是 T42、T43、T36、T35、T39, 明显大于其他无性系; T43、T42、T39、T35、T40、S26 的叶量大, 观赏性高。综合各指标可知: T43 与 T42 无性系的成活率高, 速生繁殖能力强, 观赏价值高, 对当地的气候和试验地的土壤条件有较强的适应性。

关键词 小叶杨; 无性系; 生长特性; 适应性

中图分类号 S 792.116 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)23-0154-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Growth Characteristics of Different Superior Clones of *Populus simonii*

CHEN Bao-ye¹, WEI Guo-liang², XIE De-juan² et al (1. Forestry Station of Qilian County, Qinghai Province, Qilian, Qinghai 810400; 2. Department of Agriculture and Forestry, College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016)

Abstract With the aim of fast growing, fertility, ornamental value and adaptability of superior *Populus simonii* clones, fifty samples in the main distribution area of Qilian County were selected by determination and analysis of growth characteristics. It turned out that survival rates of T43, T42, G49, D31, T38, T35 were all above 80%; seedling heights of T43, T42, S15, S3, S26 exceeded 85 cm; ground diameters of T39, T43, T38, S21, S13, T42 were obviously higher than the others; the order of leaf areas was T42, T43, T36, T35, T39, evidently larger than the other clones; amount of leaves and ornamental value of T43, T42, T39, T35, T40, S26 surpassed the rest of the clones. The comprehensive indicators showed that T43 and T42 had higher survival rates, fast growing rates, great ornamental values, which had strong adaptability to the local climate and soil conditions of the test site.

Key words *Populus simonii*; Clone; Growth characteristics; Adaptability

小叶杨(*Populus simonii* Carr.) 别名南京北杨, 杨柳科(Salicaceae Mird) 杨属(*Populus*) 植物, 落叶乔木, 高 15~20 m, 树冠圆形, 树皮灰褐色, 叶片小, 呈倒卵形, 叶基呈楔形, 小枝有木栓质凸起^[1]。其分布广、栽培历史悠久, 是我国主要乡土树种和栽培树种^[2-3]。青海是小叶杨的重要产区之一。小叶杨主要分布于黄河流域中下段及东部诸县、祁连山地的祁连县、黄河沿岸兴海县大河坝等地, 其中祁连县在黑河及其支流八宝河河谷地带分布较为集中, 形成了小叶杨天然景观^[4-6]。小叶杨广泛用于防风固沙、保持水土、速生用林和绿化观赏^[7], 耐极端高低温、耐干旱、耐盐碱、亲和力强^[8-9]。由于青海省小叶杨天然实生林较多, 个体差异较大, 生长状况、物候表现、形态特征等变异比较复杂^[10], 2018 年祁连县林业站开展小叶杨优树选择, 选择优树 50 株, 并从优树上采集枝条, 开展田间扦插对比试验, 以期筛选出速生、丰产、观赏价值高、适应性强的 小叶杨优良无性系。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况 试验地位于青海省祁连县林业站苗圃, 38°16'N、100°26'E, 海拔 2 746 m。祁连县属高原大陆性

气候, 森林资源丰富, 太阳辐射强, 冬季降温幅度大, 气温年较差大。日照时间长, 日较差大, 年均温 2.8~7.9℃, 最低温 -20℃, 最高温 23℃, 相对湿度为 46%。年降水量 280.4~450.7 mm, 集中在 6—9 月, 年均无霜期为 69~184 d, 风速 1.2~2.8 m/s。苗圃地土质为农田栗钙土, 土壤肥力好, 光照充足, 具灌溉条件。2019 年 5—10 月祁连县平均温度为 6℃, 最高温度为 21℃, 最低温为 -9℃, 降水量平均每日 13.6 mm, 每小时最高 25.7 mm, 平均湿度为 64%, 最低湿度为 14%。

1.2 材料 供试材料为从祁连县 4 个主要分布区选取的 50 株优树上采集的插穗, 插穗长度为 15~20 cm。将插条下切口用稀释倍数为 1:2 000 的 GGR 生根粉浸泡 2 h。采用随机区组设计, 每小区 500 株, 3 次重复, 共 1 500 株, 株行距为 20 cm×30 cm。于 2019 年 4 月 1 日在祁连县林业站苗圃地进行扦插, 育苗期间进行常规的田间管理。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 成活率测定。 成活率是苗木选优的重要指标之一, 对 2019 年 5 月 1 日扦插在试验地的苗木进行计数, 取得原始样本数据, 于 2019 年 10 月上旬统计所有扦插苗的存活和死亡数量, 并计算 4 个主要分布区的苗木自然成活率。

扦插成活率=扦插成活株数/扦插株数×100%

1.3.2 生长指标测定。 以从 4 个分布区中选取的 50 株优树上采取的 1 500 个无性系插条为供试材料, 于 2019 年 10 月上旬观测不同无性系的地径生长量和苗高生长量, 用卷尺测苗高(精确到 0.1 cm), 用游标卡尺测定地径(精确到 0.01 mm), 并记录。

基金项目 青海省科学技术厅项目“祁连山地区小叶杨优良种质选育及区域化造林研究”(2020-QY-209); 2020 年青海省财政支农林草改革发展资金新林业技术推广项目“祁连县小叶杨种质资源调查及优良无性系选育技术示范推广”(青财农字[2020]364 号)。

作者简介 陈保业(1981—), 男, 青海祁连人, 工程师, 从事林业技术、森林病虫害防治及检疫、苗木繁育及技术推广研究。* 通信作者, 教授, 硕士, 从事森林经理学研究。

收稿日期 2020-06-29; **修回日期** 2020-07-17

1.3.3 叶片性状指标测定。叶片是植物进行光合作用的主要器官,在一定程度上反映了苗木生理活动的旺盛程度,对苗木的生长发育起着重要的作用,因此将叶面积作为无性系选优的重要指标。在每个无性系中选取 3 株长势优良且叶量较大的具代表性的苗木,在其中上部分摘取 3 片完全展开叶,用 LI-3000 叶面积仪测定其叶长、叶宽和叶面积(精度为 0.001 cm²)。

1.4 数据统计与分析 采用 Excel 软件处理数据并制表,运用 SPSS 24.0 统计分析软件对成活率、苗高、地径、叶片性状指标进行比较与分析。

2 结果与分析

2.1 不同优树无性系成活率的分析 在气候、环境和管理条件等一致的情况下,对各无性系的成活率进行比较分析(表 1)。由表 1 可知,通过 SPSS 软件比较分析后可知,各无性系成活率集中在 50.00%~90.00%,不同无性系之间成活率存在显著差异,其中 T43 的成活率最高,可达 90.00%,其次是 T42(86.67%)、G49(86.67%)、D31(83.33%)、T38(83.33%),均达 83.00%以上,而 S1 的成活率仅 50.00%,是各无性系中成活率最低的,表明各无性系在试验田中的成活能力具明显的差异。

表 1 不同优树无性系成活率分析
Table 1 Analysis of survival rates of different superior tree clones

序号 No.	系号 Clones No.	成活率 Survival rate//%	序号 No.	系号 Clones No.	成活率 Survival rate//%
1	S1	50.00±26.46 d	26	S26	63.33±5.77 abcd
2	S2	73.33±11.55 abcd	27	S27	60.00±26.46 abcd
3	S3	76.77±15.28 abcd	28	S28	76.67±5.77 abcd
4	S4	66.77±11.55 abcd	29	S29	56.67±5.77 bcd
5	S5	70.00±10.00 abcd	30	S30	76.67±5.77 abcd
6	S6	70.00±20.00 abcd	31	D31	83.33±5.77 abc
7	S7	53.33±15.28 cd	32	D32	80.00±10.00 abcd
8	S8	70.00±10.00 abcd	33	D33	53.33±5.77 cd
9	S9	76.67±5.77 abcd	34	D34	60.00±10.00 abcd
10	S10	76.67±11.55 abcd	35	T35	80.00±10.00 abcd
11	S11	80.00±10.00 abcd	36	T36	70.00±10.00 abcd
12	S12	73.33±28.87 abcd	37	T37	76.67±25.17 abcd
13	S13	60.00±10.00 abcd	38	T38	83.33±11.55 abc
14	S14	66.67±15.28 abcd	39	T39	70.00±10.00 abcd
15	S15	73.33±20.82 abcd	40	T40	70.00±10.00 abcd
16	S16	56.67±15.28 bcd	41	T41	70.00±17.32 abcd
17	S17	80.00±17.32 abcd	42	T42	86.67±5.77 ab
18	S18	76.67±25.17 abcd	43	T43	90.00±17.32 a
19	S19	73.33±20.82 abcd	44	G44	53.33±15.28 cd
20	S20	66.67±30.55 abcd	45	G45	70.00±10.00 abcd
21	S21	73.33±5.77 abcd	46	G46	73.33±5.77 abcd
22	S22	66.67±15.28 abcd	47	G47	70.00±10.00 abcd
23	S23	70.00±26.46 abcd	48	G48	60.00±26.46 abcd
24	S24	80.00±10.00 abcd	49	G49	86.67±5.77 ab
25	S25	66.67±23.09 abcd	50	G50	66.67±20.82 abcd

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著(P<0.05)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences (P<0.05)

2.2 不同优树无性系苗高的分析 由表 2 可知,小叶杨不同无性系间苗高具有显著差异,其中苗高最大为 T43(92.23 cm),且只有 T43 是超过 90 cm 的,其次是 T42(89.37 cm)、S15(87.37 cm)、S3(86.13 cm)、S26(85.00 cm),苗高最小的是 S6(48.97 cm),苗高最大的无性系是最小的 1.88 倍,各无性系间的苗高生长量具有显著差异。

2.3 不同优树无性系叶片性状指标的分析 叶片是植物进行光合作用的主要器官,对苗木的生长发育起着重要的作用。各不同优树无性系叶片性状指标观测结果如表 3 所示。各无性系间的叶量存在显著差异,叶量较多的无性系是 T43 和 T42,为 71.00 片和 69.33 片,明显高于其他 48 个无性系,其次是 T39、T35、T40、S26,分别是 62.33、61.67、61.33、

60.00 片,最少的为 S27,仅 34.00 片,叶量最多的无性系是叶量最少的 2.09 倍。各无性系的叶面积存在差异显著,其中 T42 的叶面积最大,为 11.44 cm²,其次是 T43(11.39 cm²)、T36(10.40 cm²)、T35(10.36 cm²)、T39(9.83 cm²),叶面积最小的无性系为 S20,为 6.60 cm²,叶面积最大的无性系是叶面积最小的无性系的 1.73 倍。各无性系中 T42 的叶长为 5.62 cm,与其他无性系具有显著差异,其次是 T39(4.82 cm)、S21(4.60 cm)、T35(4.53 cm)、T36(4.51 cm)、T43(4.37 cm),其中 S25 是各无性系中最小的,为 2.85 cm,叶长最大的无性系是最小的 1.97 倍。在各无性系中 T43 的叶宽是各无性系中最大的,为 2.59 cm,其次是 S18(2.47 cm)、S10(2.40 cm)、T36(2.39 cm)、S22(2.37 cm)、

T35(2.37 cm),最小的是 G44,为 1.29 cm,叶宽最大的无性系是最小的 2.01 倍。

表 2 不同优树无性系苗高分析

Table 2 Analysis of seedling height of different superior tree clones

序号 No.	系号 Clones No.	苗高 Seedling height//cm	序号 No.	系号 Clones No.	苗高 Seedling height//cm
1	S1	63.73±18.03 bcdefghij	26	S26	85.00±18.95 abcde
2	S2	75.03±13.05 abcdefghij	27	S27	60.83±21.33 hij
3	S3	86.13±14.37 abcd	28	S28	79.50±4.88 abcdefgh
4	S4	72.40±12.60 abcdefghij	29	S29	61.70±4.17 bcdefghij
5	S5	68.50±30.18 ghij	30	S30	75.90±9.75 abcdefghig
6	S6	59.30±4.60 j	31	D31	74.43±9.95 abcdefghij
7	S7	75.55±12.43 abcdefghij	32	D32	76.70±2.55 abcdefghij
8	S8	62.13±12.55 fghij	33	D33	77.30±9.96 efghij
9	S9	81.87±5.78 abcdefg	34	D34	81.27±11.62 bcdefghij
10	S10	74.27±9.25 abcdef	35	T35	84.70±16.42 abcdefghij
11	S11	68.70±18.07 bcdefghij	36	T36	81.40±11.68 abcdefg
12	S12	85.67±1.46 abcdefghij	37	T37	74.53±9.32 abcdefghij
13	S13	76.97±23.71 ij	38	T38	66.46±10.56 abcdefghij
14	S14	69.63±13.63 abcdefghij	39	T39	80.63±5.76 abcdefgh
15	S15	87.37±25.64 abc	40	T40	77.60±18.84 abcdefghi
16	S16	78.97±5.24 abcdefghij	41	T41	70.76±2.07 abcdefghij
17	S17	80.93±15.78 abcdefghij	42	T42	89.37±3.91 ab
18	S18	79.03±4.63 abcdefghij	43	T43	92.23±3.19 a
19	S19	80.57±13.94 abcdefgh	44	G44	66.55±10.50 abcdefghij
20	S20	74.77±15.64 abcdefghij	45	G45	75.00±6.68 abcdefghij
21	S21	75.63±22.80 cdefghij	46	G46	71.47±25.58 abcdefghij
22	S22	59.95±17.03 defghij	47	G47	68.02±5.96 abcdefghij
23	S23	73.80±3.49 cdefghij	48	G48	74.42±25.98 abcdefghij
24	S24	74.93±2.87 abcdefghij	49	G49	55.30±7.99 ghij
25	S25	64.93±18.87 abcdefghij	50	G50	63.53±15.68 bcdefghij

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P<0.05$)

表 3 不同优树无性系叶片性状指标分析

Table 3 Analysis of leaf shape index of different superior tree clones

序号 No.	系号 Clones No.	叶量 Leaf quantity//片	叶面积 Leaf area//cm ²	叶长 Leaf length//cm	叶宽 Leaf width//cm
1	S1	38.33±8.14 fgh	8.37±0.49 cde	3.86±0.98 efghij	2.12±0.13 abcde
2	S2	48.33±5.51 bcdefgh	8.11±0.15 def	3.87±0.14 efghij	2.15±0.16 abcde
3	S3	54.00±10.58 abcdefgh	8.78±0.38 cd	4.04±0.17 cdefghi	2.14±0.19 abcde
4	S4	47.67±7.64 cdefgh	8.53±0.52 cde	3.58±0.35 hij	2.10±0.05 abcde
5	S5	43.33±14.30 cdefgh	7.56±0.59 def	3.95±0.09 defghij	2.02±0.05 bcde
6	S6	42.00±2.65 cdefgh	8.28±0.80 cde	3.93±0.72 defghij	2.09±0.13 abcde
7	S7	46.00±9.64 cdefgh	7.21±0.39 def	3.60±0.39 hij	2.08±0.50 abcde
8	S8	40.00±7.93 efgh	8.21±0.81 def	3.93±0.28 defghij	1.91±0.12 cde
9	S9	50.33±4.93 abcdefgh	7.30±1.01 def	3.46±0.65 ijk	2.09±0.22 abcde
10	S10	44.67±11.60 cdefgh	8.18±0.44 def	3.96±0.50 defghij	2.40±0.45 abc
11	S11	40.33±10.21 defgh	8.35±0.45 cde	3.97±0.36 defghij	2.15±0.15 abcde
12	S12	53.67±2.52 abcdefgh	6.93±0.83 ef	3.52±0.25 hij	2.26±0.42 abcde
13	S13	49.67±17.93 bcdefgh	7.58±1.56 def	3.43±0.76 ijk	2.33±0.20 abcd
14	S14	40.33±8.33 defgh	7.14±0.49 def	3.43±0.12 ijk	2.14±0.21 abcde
15	S15	58.00±21.00 abcdef	8.01±0.26 def	3.78±0.24 fghij	2.08±0.45 abcde
16	S16	48.33±8.50 bcdefgh	8.39±0.75 cde	3.77±0.21 fghij	2.22±0.07 abcde
17	S17	54.67±15.28 abcdefgh	8.45±0.68 cde	3.94±0.39 defghij	2.22±0.04 abcde
18	S18	51.33±5.86 abcdefgh	8.23±0.78 def	3.86±0.44 efghij	2.47±0.17 ab
19	S19	52.67±18.50 abcdefgh	7.07±0.46 ef	3.53±0.15 hij	2.04±0.07 bcde
20	S20	44.67±9.07 cdefgh	6.60±0.45 f	3.54±0.35 hij	1.97±0.16 bcde
21	S21	52.67±22.19 abcdefgh	8.54±0.52 cde	4.60±0.24 bc	2.32±0.26 abcd
22	S22	37.33±8.74 fgh	8.16±0.38 def	3.84±0.16 fghij	2.37±0.53 abc
23	S23	45.67±3.06 cdefgh	8.05±0.45 def	3.71±0.23 fghij	2.20±0.50 abcde
24	S24	45.33±4.72 cdefgh	8.59±0.65 cde	3.67±0.35 ghij	1.75±0.11 e
25	S25	41.00±14.80 cdefgh	8.02±0.21 def	2.85±0.69 k	2.15±0.45 abcde
26	S26	60.00±22.64 abcde	7.06±0.11 ef	3.50±0.34 hij	2.07±0.12 abcde

接下表

续表 3

序号 No.	系号 Clones No.	叶量 Leaf quantity//片	叶面积 Leaf area//cm ²	叶长 Leaf length//cm	叶宽 Leaf width//cm
27	S27	34.00±8.89 h	8.44±1.33 cde	3.72±0.19 fghij	2.30±0.04 abcd
28	S28	50.00±5.57 bcdefgh	7.09±0.16 ef	3.42±0.18 ijk	2.16±0.18 abcde
29	S29	42.33±4.62 cdefgh	7.70±0.93 def	3.46±0.32 ijk	2.25±0.53 abcde
30	S30	49.00±8.18 bcdefgh	7.46±0.73 def	3.69±0.38 fghij	2.27±0.37 abcde
31	D31	43.33±8.39 cdefgh	7.18±0.38 def	3.55±0.36 hij	2.22±0.26 abcde
32	D32	50.00±3.61 bcdefgh	7.19±0.39 def	3.40±0.31 ijk	2.18±0.49 abcde
33	D33	48.33±6.81 bcdefgh	8.06±0.14 def	3.63±0.34 ghij	2.24±0.45 abcde
34	D34	56.67±4.51 abcdefg	7.45±0.59 def	3.51±0.13 hij	2.28±0.39 abcde
35	T35	61.67±12.70 abcd	10.36±0.87 ab	4.53±0.34 bed	2.37±0.27 abc
36	T36	58.67±11.01 abcdef	10.40±0.87 ab	4.51±0.34 bcde	2.39±0.31 abc
37	T37	48.67±11.59 bcdefgh	8.39±0.69 cde	3.94±0.78 defghij	2.22±0.26 abcde
38	T38	46.00±13.00 cdefgh	8.53±0.79 cde	4.17±0.06 cdefgh	2.30±0.08 abcde
39	T39	62.33±6.11 abc	9.83±1.13 bc	4.82±0.43 b	2.12±0.02 abcde
40	T40	61.33±13.61 abcde	8.57±0.70 cde	4.29±0.31 bcdefg	2.33±0.06 abcd
41	T41	43.67±3.05 cdefgh	8.37±1.27 cde	3.79±0.42 fghij	2.34±0.28 abcd
42	T42	69.33±1.53 ab	11.44±0.96 a	5.62±0.35 a	2.27±0.22 abcde
43	T43	71.00±2.00 a	11.39±2.76 a	4.37±0.42 bcdef	2.59±0.41 a
44	G44	44.67±5.86 cdefgh	7.19±0.92 def	3.78±0.21 fghij	1.29±0.12 abcde
45	G45	42.00±3.00 cdefgh	8.07±0.88 def	3.85±0.19 fghij	2.10±0.06 abcde
46	G46	38.33±11.37 fgh	7.21±0.77 def	3.58±0.04 hij	1.94±0.19 bcde
47	G47	37.67±3.06 fgh	7.68±0.47 def	3.69±0.13 fghij	1.91±0.05 cde
48	G48	47.33±16.50 cdefgh	7.56±0.65 def	3.59±0.43 hij	1.85±0.17 cde
49	G49	34.00±2.65 h	7.68±0.62 def	3.33±0.33 jk	2.21±0.27 abcde
50	G50	35.67±6.81 gh	7.43±0.62 def	3.73±0.09 fghij	1.81±0.12 de

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P<0.05$)

3 结论与讨论

小叶杨不同优树无性系的成活率均在 50% 以上,各无性系间存在显著差异,其中 T43、T42、G49、D31、T38、T35 成活率都达 80%,说明这些无性系对试验地的土壤条件和祁连县的气候环境有较高的适应性,且繁殖能力强。

通过对 50 个无性系生长指标的比较分析得出各无性系间的苗高与地径均具有显著差异,其中 T43、T42、S15、S3、S26 的苗高均高于 85 cm;无性系 T39、T43、T38、S21、S13、T42 地径显著大于其他无性系,说明这些无性系速生能力强。

通过对 50 个无性系叶片性状指标的比较分析后得出,各无性系间存在显著差异,叶量排序为 T43、T42、T39、T35、T40、S26;叶面积排序依次是 T42、T43、T36、T35、T39;叶长排序依次为 T42、T39、S21、T35、T36、T43;叶宽排序依次为 T43、S18、S10、T36、T35、S22。由此可知,这些无性系的生理活动要比其他无性系旺盛,且光合作用强,积累的有机物多,观赏价值高。

从成活率、生长指标和叶片性状指标的测定结果可以得出:T43 和 T42 号无性系的苗木成活率为 90.00% 和 86.67%,显著高于其他无性系,结合苗高、地径、叶量、叶面积、叶长、叶宽等指标筛选出 T43 和 T42 这 2 个小叶杨优良无性系,其适应性强、成活率高、速生繁殖能力强、观赏价值高,可作为

青海省绿化造林和重点育种对象。

此次试验由于时间等因素的影响,仅对各无性系进行了 1 年的生长特性研究,其生长性状是否稳定还需持续研究。该试验用无性系的苗高、地径、叶面积、叶量、叶长、叶宽等指标作为选优的依据,但仅以这些指标作为选优的评价指标略显单薄,应当结合苗木的光合特性以及根系生长性状、材性等指标,为无性系选优作出全面的评价。

参考文献

[1] 沈松,蔡伯阳,杨代忠,等. 杨树多品系区域造林试验[J]. 林业科技开发,2002,16(S1):44-46.
[2] 马成侠,杨桑吉,李媛娜. 干旱胁迫对不同小叶杨无性系生理特性的影响[J]. 青海大学学报,2019,37(5):15-19.
[3] 王燕,吕文,张卫东,等. 国内外小叶杨研究进展分析初报[J]. 林业科技通讯,2000(12):23-25.
[4] 王静洁. 青海省兴海县野生小叶杨资源调查与评价[J]. 安徽农业科学,2018,46(35):105-107.
[5] 刘建军. 青海省同德县野生小叶杨资源调查[J]. 陕西林业科技,2018(5):36-39.
[6] 张更权. 青海省祁连县野生小叶杨资源调查与评价[J]. 安徽农业科学,2018,46(30):134-136.
[7] 周国斌. 浅谈小叶杨良种扦插育苗技术[J]. 科技信息,2013(16):390.
[8] 殷光晶,陶雅琴,梁媛娜. 3 种小叶杨无性系田间栽培对比试验[J]. 安徽农业科学,2019,47(11):119-120,124.
[9] 刘彦彬,赵鹏华. 小叶杨栽培特性及造林应用[J]. 现代农村科技,2013(16):60.
[10] 梁媛娜. 小叶杨的优良特性和推广应用意见[J]. 青海农林科技,2017(3):31-32.

(上接第 137 页)

[25] HARTIG E I,ZHU S S,KING B L,et al. Cortisol-treated zebrafish embryos develop into pro-inflammatory adults with aberrant immune gene regulation[J]. Biology open,2016,5(8):1134-1141.
[26] HARBOE M,ULVUND G,VIEN L,et al. The quantitative role of alterna-

tive pathway amplification in classical pathway induced terminal complement activation[J]. Clinical and experimental immunology,2004,138(3):439-446.
[27] RODRÍGUEZ I,NOVOA B,FIGUERAS A. Immune response of zebrafish (*Danio rerio*) against a newly isolated bacterial pathogen *Aeromonas hydrophila*[J]. Fish Shellfish Immunol,2008,25(3):239-249.