

文章编号:1001—7380(2019)03—0014—06

南北方银杏杂交子代生长生理特性研究

吕良贺¹,路鑫²,赵辉²,周婷婷²

(1.宿迁市设施园艺研究院,江苏 宿迁 223800;

2.江苏省农业种质资源保护与利用平台,江苏 南京 210014)

摘要:在泰兴市银杏种质资源圃对银杏杂交子代进行育苗试验,测定银杏生长量、光合生理生化等指标,通过综合分析比较及排序,从中选择出综合性排名较优的无性系种类,为银杏的叶用林和材用林选育、种植提供理论依据。结果表明:(1)不同杂交子代1年生苗木的苗高和地径生长呈现出“先快后慢”的规律;(2)不同杂交子代1年生苗木叶片总黄酮含量9月最高,且杂交组均高于对照组,其中ND1号总黄酮含量为10.06 mg/g,ND2号总黄酮含量为9.22 mg/g;(3)利用隶属函数法分析得出:ND1号为最适叶用林繁育品系。

关键词:银杏;总黄酮;育苗;生长指标;生理指标

中图分类号:Q945.3;Q945.79;S792.95

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.03.004

银杏(*Ginkgo biloba* L.)为我国二级保护树种,具有较高的经济价值、药用价值和观赏价值,是品质优良的多功能树种^[1-4]。本试验以南京林业大学校园内长势优良的银杏雄株作为父本,以辽宁省丹东市林业科学研究院内的成年雌株为母本进行杂交,采用完全随机区组试验方法开展育苗试验,观察研究杂交子代1年生苗木生长及生理生化特性,以为银杏杂交、优良叶用、材用栽培品种的栽培利用等提供理论依据。

1 试验与方法

1.1 试验材料

父本为来自南京林业大学的优良单株,树龄50 a,长势优良,无明显病虫害。母本位于辽宁省丹东市林业科学研究院内,树龄60 a,生长健康。

2016年5月对前期套袋的雌树进行杂交授粉,共获得2个杂交种(为ND1和ND2),分别以2株雌树自由授粉的银杏种子作为对照(为CK1和CK2)。

2016年9月采集种子,去除外皮后沙藏于4℃条件下。2017年3月使用赤霉素(550 mg/kg)进行催芽处理后,采用完全随机区组试验设计,在江苏省泰兴市银杏种质资源圃播种。株行距为15 cm×20 cm,设定3个重复小区。

1.2 试验地概况

杂交授粉试验和田间子代测定试验地概况见

表1。

表1 试验地概况

| 项目 | 杂交授粉试验 | 子代测定试验 |
|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 试验地点 | 丹东市林业科学研究院 | 泰兴银杏种质资源圃 |
| 试验时间 | 2016-04—2016-09 | 2017-03—2017-12 |
| 地理位置 | 东经123°22′—125°42′ 北纬39°43′—41°09′ | 东经119°54′—120°21′ 北纬31°58′—32°23′ |
| 气候区类型 | 暖温带亚湿润季风型气候 | 北亚热带季风海洋性气候 |
| 年平均气温/℃ | 9 | 14.9 |
| 极端气温/℃ | -12,28 | -10,40 |
| 降雨量/mm | 881.3 | 1 027 |
| 无霜期/d | 161 | 220 |
| 日照时间/h | 2 459 | 2 125 |

1.3 试验指标及测定方法

苗高、地径分别采用钢卷尺和游标卡尺进行测定。在每个重复小区内选取15株进行挂牌,定株测量。前期(5月初—7月):每15 d测定1次;后期(8—11月)每30 d测定1次,直至11月落叶停止调查。

于2017年12月,依据平均苗高对各类幼苗随机取样,每个品系选取标准株10株,分别测定其地上部分、地下部分鲜、干质量后,计算根茎比等指标^[5]。

叶片生理生化指标测定:可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[6],可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定^[7]。

收稿日期:2019-05-17;修回日期:2019-06-10

作者简介:吕良贺(1990—),男,江苏宿迁人,科研助理,硕士。主要从事银杏育种及其生理学研究。

次生代谢物黄酮含量的测定采用《中华人民共和国药典》中有关银杏叶黄酮的提取和测定的方法(HPLC)进行相关指标的测定^[8]。于 2017 年 7,8,9,10 月,在每个小区随机选取银杏 5 株,每株随机抽取叶片 6 枚,重复 3 次,用放有冰块的保鲜盒保存带回实验室。

黄酮总含量=(槲皮素含量+山柰酚含量+异鼠李素含量)×2.51

1.4 数据处理与分析

数据通过 SPSS13.0 统计分析软件,采用单因素

方差分析和 Duncan 多重比较分析不同品种 1 年生银杏生长生理指标的差异性,用 SPSS13.0 相关分析描述银杏不同无性系之间的相关性,用隶属函数法分析、评价银杏栽培品种的各个指标,进而选育出最优良的无性系。

隶属函数法的计算公式为 $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$,式中 X_i 为指标 i 测定值, X_{\min} , X_{\max} 分别为全部树种某一指标的最小值和最大值。将各个供试品种的隶属函数值进行累加,并求其平均值^[9]。

表 2 1 年生播种苗苗高生长量

| 品系 | 生长天数/d | | | | | | |
|-----|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 |
| CK1 | 7.06±0.36 Aa | 7.40±0.30 Aa | 7.93±0.64 Aa | 8.95±1.22 Aa | 11.18±1.79 Aa | 11.50±1.81 Aa | 11.50±0.56 Aa |
| CK2 | 5.97±0.29 Aab | 6.11±0.18 Aab | 6.24±0.18 Ab | 6.62±0.24 Aa | 8.23±0.04 Aa | 8.86±0.12 BCbc | 8.86±0.29 BCbc |
| ND1 | 5.70±0.43 Ab | 6.12±0.65 Aab | 6.45±0.61 Aab | 8.33±1.71 Aa | 9.76±1.48 Aa | 10.33±1.36 Aab | 10.33±0.11 Aab |
| ND2 | 5.23±0.41 Ab | 5.55±0.54 Ab | 6.16±0.42 Ab | 7.00±0.57 Aa | 7.58±0.68 Aa | 8.13±1.29 Cc | 8.13±0.17 Cc |

同列数据后不同大小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著性($P<0.05$)差异

2 结果与分析

2.1 苗木生长性状分析

2.1.1 苗木高生长 根据表 2 可得,在 6 月上旬到 8 月下旬,苗高快速生长,为苗木生长高峰期,此后苗木生长逐渐变得缓慢,苗木生长至 180 d 时,苗高生长量由大到小为 CK1>ND1>CK2>ND2,其中 CK1 为 11.50 cm,分别高于杂交组 ND1、ND2 的 11.32% 和 41.54%。不同杂交组间苗高生长量 ND1 高于 ND2,其生长量是 ND2 的 127.1%。

通过方差分析可得:ND1 与 ND2、CK1 与 CK2 差异极显著($P<0.01$),ND1 号在苗高方面的优势明显高于 ND2,这可能与母本有关。

对苗高生长量进行 Logistic 拟合(见图 1),发现银杏 1 年生苗木高生长变化规律呈“S”生长节律,4 个杂交无性系生长量均在第 60 天开始大幅提升,直至 120 d 达到最大值,在这个区间生长速率最快,之后逐渐放缓直至停止。

利用高斯曲线对苗高的生长过程进行拟合,方程回归性均达到极显著水平($P<0.01$),表明用多项式拟合来估测银杏苗高生长量的准确性较高(见表 3)。

2.1.2 苗木地径生长 根据表 4 可知:在 6 月上旬到 8 月下旬,苗木地径快速生长,为地径生长高峰期,此后苗木生长开始逐渐变得缓慢,直至 10 月底

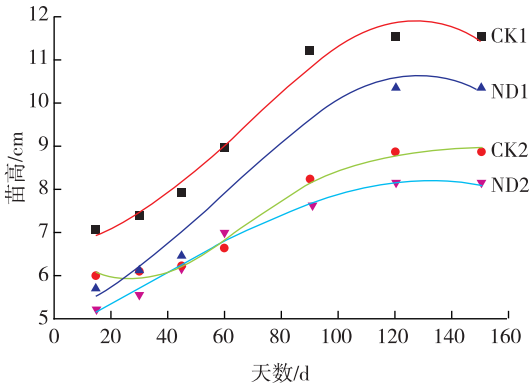


图 1 苗高生长 Logistic 拟合曲线

表 3 苗高生长曲线拟合多项式公式及相关系数

| 品系 | 多项式公式 | R^2 | P |
|-----|--|----------|-------|
| CK1 | $y = 10^{-7}x^4 - 4 \times 10^{-5}x^3 + 0.0044x^2 - 0.142x + 8.385$ | 0.994 95 | <0.01 |
| CK2 | $y = 110^{-8}x^4 - 9 \times 10^{-6}x^3 + 0.0015x^2 - 0.0606x + 6.6195$ | 0.991 18 | <0.01 |
| ND1 | $y = 10^{-7}x^4 - 4 \times 10^{-5}x^3 + 0.0047x^2 - 0.1412x + 6.9269$ | 0.987 96 | <0.01 |
| ND2 | $y = 3 \times 10^{-8}x^4 - 1 \times 10^{-5}x^3 + 0.0011x^2 - 0.0064x + 5.0695$ | 0.991 86 | <0.01 |

生长停止,总体表现为“先快后慢”的趋势。苗木生长至 180 d 时,地径生长量由大到小依次为 ND1>ND2>CK1>CK2,其中 ND1 为 5.55 cm,分别高出其

他 3 个无性系 20.7%,21.2%和 21.4%,杂交组地径明显高于对照组的地径,说明人工控制授粉对于改

变后代地径具有明显积极作用。

表 4 1 年生播种苗地径生长量 cm

| 品系 | 生长天数/d | | | | | | |
|-----|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 |
| CK1 | 2.84±0.05 Aab | 3.17±0.27 Aa | 3.33±0.64 Aa | 3.60±0.21 Aa | 4.20 ±0.38 Aa | 4.57±0.35 Bb | 4.57±0.13 Bb |
| CK2 | 2.90±0.04 Aa | 3.09 ±0.12 Aa | 3.20±0.18 Ab | 3.45±0.07 Aa | 4.48±0.21 Aa | 4.54±0.21 Bb | 4.56±0.19 Bb |
| ND1 | 2.63±0.15 Aab | 2.96±0.04 Aa | 3.12±0.61 Aab | 3.33±0.18 Aa | 4.09±0.35 Aa | 5.13±0.36 Aa | 5.55±0.02 Aa |
| ND2 | 2.54±0.06 Aa | 2.88 ±0.07 Aa | 2.97±0.42 Ab | 3.18±0.08 Aa | 4.17±0.24 Aa | 4.42±0.24 Bb | 4.60±0.28 Bb |

同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异

通过方差分析可得,1 年生苗木生长至 180 d 时,ND1 与 ND2、ND1 与 CK1 差异极显著($P<0.01$)。

对地径生长量进行 Logistic 拟合(见图 2),发现银杏 1 年生苗木地径的生长变化规律呈“S”生长节律,除了 ND1,其余 3 个杂交无性系生长量均在第 60 d 开始大幅提升,直至 120 d 达到最大值,在这个区间生长速率最快,之后逐渐放缓直至停止。

利用高斯曲线对苗高的生长过程进行拟合,方程回归性均达到极显著水平($P<0.01$),表明用多项式拟合来估测银杏苗高生长量的准确性较高(见表 5)。

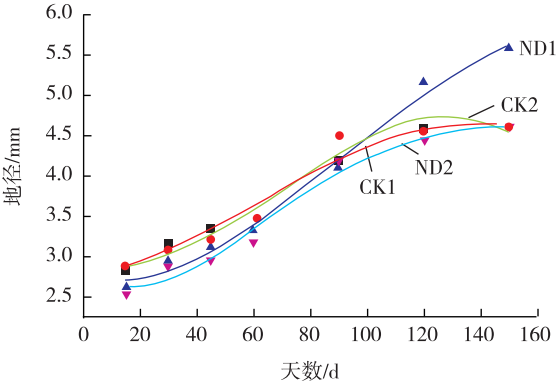


图 2 地径生长 Logistic 拟合曲线

表 5 地径生长曲线拟合多项式公式及相关系数

| 品系 | 多项式公式 | R^2 | P |
|-----|--|-----------|-------|
| CK1 | $y=-1\times10^{-6}x^3+0.000\ 2x^2+0.007\ 3x+2.722\ 7$ | 0.996\ 51 | <0.01 |
| CK2 | $y=3\times10^{-8}x^4-1\times10^{-5}x^3+0.001\ 5x^2-0.052\ 3x+3.435\ 3$ | 0.977\ 01 | <0.01 |
| 1 号 | $y=2\times10^{-10}x^5-1\times10^{-7}x^4+3\times10^{-5}x^3-0.002x^2+0.077\ 9x+1.829\ 7$ | 0.999\ 99 | <0.01 |
| 2 号 | $y=-2\times10^{-6}x^3+0.000\ 4x^2-0.002\ 5x+2.545\ 8$ | 0.981\ 62 | <0.01 |

2.1.3 苗木生物量 根据表 6 可得:银杏 1 年生幼苗根生物量由大到小排序为 ND2>CK2>CK1>ND1,ND2 根生物量最大,ND1 根生物量最小;茎生物量由大到小排序为 ND2>ND1>CK1>CK2,ND2 号茎生物量最大,CK2 生物量最小;总生物量由大到小为 ND2>CK1>ND1>CK2,ND2 总生物量最大;CK2 总生物量最小。

方差分析表明,ND1 与 CK1、ND2 与 CK2 总干质量达到极显著差异($P<0.01$);ND1 与 ND2 根生物量差异显著($P<0.05$);ND2 与 CK2,CK1 与 CK2 茎生物量差异显著($P<0.05$)。

表 6 不同无性系银杏 1 年生幼苗各部分生物量

| 品系 | 根干质量/g | 茎干质量/g | 总干质量/g |
|-----|---------------|--------------|----------------|
| CK1 | 0.44±0.04 Aab | 0.51±0.11 Aa | 0.96±0.07 Cc |
| CK2 | 0.45±0.02 Aab | 0.49±0.74 Ab | 0.94±0.15 BCbc |
| ND1 | 0.34±0.04 Ab | 0.61±0.84 Aa | 0.95±0.13 ABab |
| ND2 | 0.49±0.04 Aa | 0.69±0.12 Aa | 1.18±0.09 Aa |

同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异

2.2 苗木初生代谢物分析

根据图 3 可得:6—8 月 CK1 可溶性糖含量呈上升趋势,8—10 月呈下降趋势;6—7 月 CK2、ND1、ND2 呈下降趋势,7—10 月总体上呈上升趋势。6 月 ND2 可溶性糖含量最高,ND1 次之,杂交组可溶性糖含量普遍高于对照组,ND2 是 ND1 的 113.87%。

方差分析可得:6 月 CK1 与 ND1、CK2 与 ND2 差异显著($P<0.05$),但 CK1 与 ND2 差异极显著($P<0.01$);7 月 CK2 与 ND2 差异极显著($P<0.01$);8 月各无性系之间差异不显著;9 月 CK1 与 ND1 差异极显著($P<0.01$),但 CK2 与 ND2 差异不显著;10 月 CK1 与 ND2 差异显著($P<0.05$)。

根据图 4 可得:不同无性系银杏可溶性蛋白含

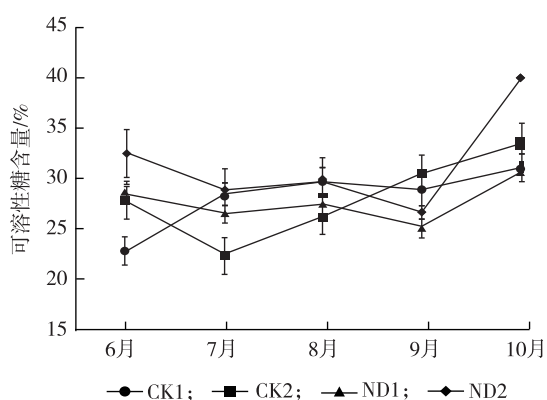


图3 银杏1年生幼苗叶片可溶性糖含量动态变化

量总体上是6—8月逐渐增加,8—10月逐渐较少,8月可溶性蛋白含量最高,由大到小顺序为CK2>ND1>ND2>CK1,其中CK2可溶性蛋白含量最高,为5.80 mg/g,CK1可溶性蛋白含量最低,为5.23 mg/g,CK2可溶性蛋白含量是CK1、ND1、ND2的110.83%,105.01%,105.74%。

方差分析可得:6月CK1与ND1差异极显著($P<0.01$),CK2与ND2差异显著($P<0.05$);7月CK2与ND2差异显著($P<0.05$);8月CK1与ND2差异显著($P<0.05$);9月各无性系差异不显著;10月CK1与ND2差异显著($P<0.05$)。

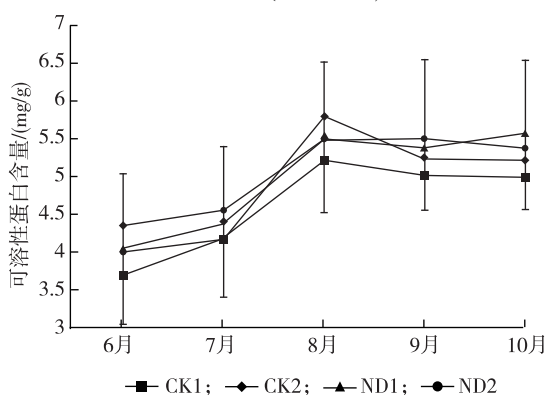


图4 银杏1年生幼苗叶片可溶性蛋白含量动态变化

表7 不同品种1年生幼苗总黄酮含量 mg/g

| 品系 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|-----|---------------|--------------|---------------|---------------|
| CK1 | 8.03±0.09 Bb | 7.78±0.05 Bc | 8.39±0.13 Cc | 7.92±0.05 Aa |
| CK2 | 8.84±0.53 Aa | 7.74±0.03 Bc | 9.52±0.78 Bb | 7.48±0.04 Bc |
| ND1 | 6.14±0.18 Cc | 8.52±0.09 Ab | 10.06±0.61 Aa | 8.25±0.89 Aab |
| ND2 | 8.58±0.32 ABa | 8.83±0.14 Aa | 9.22±0.12 Bb | 7.92±0.22 ABb |

同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异

2.3 类黄酮组成及含量分析

2.3.1 类黄酮含量动态变化分析 由表7可得:不同无性系银杏幼苗叶片不同月份总黄酮含量不同,7月总黄酮含量由大到小顺序为CK2>ND2>CK1>ND1,ND2总黄酮含量比ND1总黄酮含量多28.4%;8月杂交组总黄酮含量高与对照组总黄酮含量,且ND2总黄酮含量最高;9月总黄酮含量最高且ND1分别是CK1、CK2、ND2的119.90%,105.67%,109.11%;10月杂交组总黄酮含量高与对照组总黄酮含量,ND1总黄酮含量最高,为8.25 mg/g,CK2总黄酮含量最低,为7.48 mg/g,ND1总黄酮含量比ND2多4%。

方差分析表明,7月CK1与ND1差异极显著($P<0.01$),CK1与ND2差异显著($P<0.05$);8月CK1与ND1、CK2与ND2差异极显著($P<0.01$),ND1与ND2差异显著($P<0.05$);9月CK1与ND1、ND1与ND2差异极显著($P<0.01$);10月CK2与ND2差异显著($P<0.05$)。

2.3.2 槲皮素含量动态变化分析 由表8可得:不同无性系1年生银杏幼苗槲皮素含量呈先上升后下降的趋势,9月含量最高。7月CK2槲皮素含量最高,为1.74 mg/g,ND1含量最低,为1.14 mg/g;8月槲皮素含量由大到小顺序为CK1>CK2>ND1>ND2;9月对照组槲皮素含量高于杂交组槲皮素含量;10月槲皮素含量由大到小顺序为CK1>ND1>ND2>CK2,其中CK1含量最高,为1.69 mg/g,CK2含量最低,为1.57 mg/g。

由方差分析可得:7月CK1与ND1、CK2与ND2、ND1与ND2差异显著($P<0.05$);8月各无性系之间差异不显著;9月CK1与ND1、ND1与ND2差异显著($P<0.05$),CK2与ND2差异极显著($P<0.01$);10月CK1与ND1差异极显著($P<0.01$),CK2与ND2、ND1与ND2差异不显著。

表8 不同无性系1年生幼苗槲皮素含量 mg/g

| 品系 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|-----|---------------|--------------|--------------|---------------|
| CK1 | 1.47±0.07 ABb | 1.78±0.05 Aa | 1.90±0.03 Bb | 1.69±0.056 Aa |
| CK2 | 1.74±0.12 Aa | 1.74±0.09 Aa | 2.31±0.02 Aa | 1.57±0.03 Bb |
| ND1 | 1.14±0.03 Bc | 1.63±0.03 Aa | 1.66±0.54 Bc | 1.62±0.06 Bb |
| ND2 | 1.42±0.01 ABb | 1.62±0.21 Aa | 1.80±0.20 Bb | 1.60±0.06 Bb |

同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异

2.3.3 山奈酚含量动态变化分析 由表9可得:不

同月份山奈酚含量不同,7月含量最高,且杂交组含量均高于对照组,ND1山奈酚含量分别为CK1、CK2和ND2的145.16%,140.63%和119.05%;8月杂交组山奈酚含量普遍高于对照组;9月ND2含量最高,ND1含量最低;10月杂交组山奈酚含量高于对照组山奈酚含量,ND1含量最高,为1.51 mg/g,CK2含量最低,为1.24 mg/g,ND1山奈酚含量比ND2多9.3%。

方差分析表明:7月CK1与ND1、CK2与ND2、ND1与ND2差异极显著($P<0.01$);8月CK1与ND1差异极显著($P<0.01$),ND1与ND2差异显著($P<0.05$);9月CK2与ND2、ND1与ND2差异极显著($P<0.01$);10月CK1与ND1差异显著($P<0.05$)。

| 表 9 不同无性系 1 年生幼苗山奈酚含量 mg/g | | | | |
|--|---------------|--------------|--------------|----------------|
| 品系 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 |
| CK1 | 1.55±0.01 ACc | 1.13±0.02 Cc | 1.29±0.06 Bb | 1.28±0.04 ABb |
| CK2 | 1.60±0.09 Cc | 1.19±0.02 Ca | 1.28±0.04 Bb | 1.24±0.03 Bb |
| ND1 | 2.25±0.03 Aa | 1.65±0.04 Ab | 1.19±0.04 Bb | 1.51±0.03 Aa |
| ND2 | 1.89±0.01 Bb | 1.79±0.06 Aa | 1.68±0.02 Aa | 1.37±0.08 ABab |
| 同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异 | | | | |

2.3.4 异鼠李素含量动态变化分析 由表 10 可得:不同无性系银杏幼苗在不同月份的异鼠李素含量存在差异,其中7月对照组异鼠李素含量高于杂交组异鼠李素含量;8月CK1异鼠李素含量最高,ND2含量最低;9月异鼠李素含量由大到小顺序为CK2>ND2>CK1>ND1,ND2异鼠李素含量比ND1多27.8%;10月CK1异鼠李素含量最高,ND1含量最低。

| 表 10 不同无性系 1 年生幼苗异鼠李素含量 mg/g | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 品系 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 |
| CK1 | 0.18±0.04 Aa | 0.19±0.03 Aa | 0.15±0.06 Aa | 0.19±0.01 Dd |
| CK2 | 0.17±0.05 Aa | 0.18±0.07 Bb | 0.19±0.01 Aa | 0.18±0.01 Bb |
| ND1 | 0.10±0.01 Bb | 0.12±0.04 Cc | 0.13±0.06 Bb | 0.16±0.01 Cc |
| ND2 | 0.11±0.06 Bb | 0.10±0.04 Cc | 0.18±0.05 Aa | 0.17±0.01 Aa |
| 同列数据后不同大、小字母分别表示极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)差异 | | | | |

方差分析表明:7月CK1与ND1、CK2与ND2差异极显著($P<0.01$);8月CK1与ND1、CK2与ND2差异极显著($P<0.01$);9月CK1与ND1差异极显著($P<0.01$),;10月CK1与ND1、CK2与ND2

差异极显著($P<0.01$)。

3 银杏品系优良性综合评价

近年来,对品系的优良选择主要是结合田间生长发育状况以及各种性状的表现进行比较评价。但是这种方法人为因素影响较大,不能正确客观地做出评价,从而导致评价具有局限性。因此本试验通过使用隶属函数分析法对各品系各项指标进行综合评价,从而做出正确客观的评价。

由表 11 可得,利用黄酮隶属函数值的均值,对其优良性进行综合评价,其排序结果为ND2>ND1>CK2>CK1;利用各指标隶属函数的均值,来对其优良性进行综合评价,其排序结果为ND1>ND2>CK2>CK1,得出ND1为最适叶用林繁育品系。

| 表 11 不同月份银杏黄酮含量的隶属函数平均值及优良性排序 | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 月份 | 品系 | | | |
| | CK1 | CK2 | ND1 | ND2 |
| 7 月 | 0.701 | 1.000 | 0.000 | 0.900 |
| 8 月 | 0.036 | 0.000 | 0.716 | 1.000 |
| 9 月 | 0.000 | 0.680 | 1.000 | 0.498 |
| 10 月 | 0.569 | 0.000 | 1.000 | 0.568 |
| 总和 | 1.306 | 1.680 | 2.716 | 2.966 |
| 隶属函数均值 | 0.327 | 0.420 | 0.679 | 0.742 |
| 优良性排序 | 4 | 3 | 2 | 1 |

| 表 12 不同月份 4 个银杏品系各项指标之和的隶属函数平均值及优良性排序 | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 月份 | 品系 | | | |
| | CK1 | CK2 | ND1 | ND2 |
| 7 月 | 0.539 | 0.327 | 0.471 | 0.613 |
| 8 月 | 0.461 | 0.224 | 0.437 | 0.528 |
| 9 月 | 0.378 | 0.578 | 0.687 | 0.327 |
| 10 月 | 0.321 | 0.184 | 0.731 | 0.448 |
| 总和 | 1.699 | 1.313 | 2.326 | 1.916 |
| 隶属函数均值 | 0.425 | 0.328 | 0.582 | 0.479 |
| 优良性排序 | 3 | 4 | 1 | 2 |

4 讨论

本试验得出,南北方的银杏通过人工授粉完全可孕,杂交组的ND1苗高、地径、生物量、均大于对照组的CK2,且ND1的苗高、地径、生物量、均高于

ND2,其原因可能是当地自花授粉的品种萌发力比较高,但是后期生长表现不如杂交子代好。这与王明庥^[10]、肖新华等所研究内容相似,长期的生态隔离和地理隔离导致不同产区的银杏在遗传基因方面存在着一定的差异,这又为杂交亲本的选择提供了丰富的物质基础,而杂交双亲的遗传差异与杂种的品质有着密切的关系,杂交双亲的遗传差异越大,杂交后代出现变异的机率就越高,出现超亲优良性状的杂种的可能性就越大^[11]。

可溶性糖和可溶性蛋白是植物体内的主要营养物质,维持植物的生命活动,其中可溶性糖的含量在10月最高,说明植物在生长发育过程中不断地积累糖分,这与王杨等所做结果相似^[12]。

蛋白质是植物体内膜系统的重要组成成分,是重要的结构和功能物质。4种不同子代的1年生幼苗叶片中的可溶性蛋白含量在6—8月逐渐升高,随之逐渐下降并且趋于平稳,说明叶片生长前期需要消耗大量的蛋白质来完成组织的构建,因此前期可溶性蛋白合成速度加快,导致含量上升,随后叶片生长缓慢,因此合成速度下降,导致含量减少。通过相关性分析可以得出,植物的营养物质与植物的生长指标呈正相关,因此营养物质对植物生长有着重要的作用。

黄酮具有重要的药用价值,可以增强记忆力与免疫力等。刘胜洪等对银杏不同性别、树龄、树冠部位的叶片中黄酮含量比较发现,10年生银杏树冠下部黄酮含量最高,达到0.335 g/kg,含量最低的为20 a树龄树冠下部叶,含量在0.174 g/kg左右^[13]。丁飞等研究则发现树龄2 a的银杏上部叶黄酮含量最高,含量在21.12 mg/g^[14]。本研究测定的总黄酮含量最高的为ND1,达到10.06 mg/g,含量明显偏低,造成此种现象的原因可能是由于样品生长年龄较小造成的。具体原因有待后续进一步研究。

本试验通过对4种不同的银杏叶片中总黄酮含量进行测定分析,得出4种不同杂交子代银杏幼苗叶片9月总黄酮含量最高,且ND1>CK2>ND2>CK1,说明人工控制授粉的杂交品种ND1的总黄酮含量要比对照组的总黄酮含量高,另外一个人工控制授粉的杂交品种ND2含量小于对照组中的CK2,因为本试验只是对1年生银杏幼苗进行测定,后续希望继续研究,获得更为详尽的结果,并力图了解其含量变化的机理。

5 结论

杂交子代与对照子代生长状况相似,从播种到7月生长迅速,此后生长缓慢,呈现先快后慢的趋势,其苗高、地径、根生物量、茎生物量、总生物量之间均存在显著或极显著差异,总的来说杂交授粉的子代ND1苗高、地径、生物量、含水率均大于CK2,杂交组ND1苗高、地径、含水率均大于ND2。

本试验中,银杏叶片可溶性糖含量在10月最高,且10月ND2的可溶性糖含量是ND1,CK1,CK2的129.77%,128.35%,118.75%。银杏叶片可溶性蛋白含量总体上是6—8月逐渐增加,8—10月逐渐较少,其中8月含量最高且CK2是CK1,ND1,ND2的110.83%,105.01%,105.74%。通过方差分析可得不同品系银杏幼苗6月存在极显著差异,7,8,10月达到显著差异。

本试验通过对4种不同品系银杏叶片中总黄酮含量进行测定分析,得出4种不同品系银杏幼苗叶片9月总黄酮量最高,且ND1>CK2>ND2>CK1,其中ND1为10.06 mg/g,是CK1,CK2,ND2的119.90%,105.67%,109.11%;4种不同品系银杏幼苗叶片9月槲皮素含量最高,其中CK1为1.90 mg/g,CK2为2.31 mg/g,ND1为1.66 mg/g,ND2为1.80 mg/g;4种不同品系银杏幼苗叶片7月山奈酚含量最高,CK1为1.55 mg/g,CK2为1.60 mg/g,ND1为2.25 mg/g,ND2为1.89 mg/g,ND1山奈酚含量是CK1,CK2,ND2的145.16%,140.63%,119.05%,4种不同品系银杏幼苗叶片CK1异鼠李素含量最高。

参考文献:

- [1] 曹福亮.中国银杏志[M].北京:中国林业出版社,2007.
- [2] 邢世岩.叶用核用银杏丰产栽培[M].北京:中国林业出版社,1997.
- [3] SINGH B, KAUR P, GOPICHAND, et al. Biology and chemistry of *Ginkgo biloba*[J]. Fitoterapia, 2008, 79(6):401-418.
- [4] TERUMITSU H, RIDGE R W, TULECKE W, et al. *Ginkgo biloba*, global treasure[M]. Springer-Verlag, 1997.
- [5] 邱晨.野生欧洲李自然生殖特性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.
- [6] 廖文燕.金钱松种子贮藏过程中的生理生化变化[D].南京:南京林业大学,2011.
- [7] 王宇超,王得祥,彭少兵,等.干旱胁迫对木本滨藜生理特性的影响[J].林业科学,2010,46(1):61-67.

(下转第48页)

- Applications, 1991, 1(2): 182-195.
- [5] ROULET N T. Peatlands, carbon storage, greenhouse gases, and the Kyoto protocol: prospects and significance for Canada [J]. Wetlands, 2000, 20(4): 605-615.
- [6] 孟宪民.我国泥炭资源的储量、特征与保护利用对策[J].自然资源学报, 2006, 21(4): 21-23.
- [7] 何 岩.芬兰的泥炭及利用[J].腐殖酸, 1992(2): 6-8.
- [8] 李 闯.玉米秸秆发酵基质混合配比对盆栽牡丹理化性质的影响[D].郑州:河南农业大学, 2011.
- [9] 栾亚宁.农林有机废弃物堆腐生产花卉栽培基质研究[D].北京:北京林业大学, 2011.
- [10] 陈段芬,方 正,肖建忠,等.中国花卉无土栽培研究进展[J].河北农业大学学报, 2002, 25(9): 135-137.
- [11] 孙向丽,张启翔.菇渣和锯末作为丽格海棠栽培基质的研究[J].土壤通报, 2010, 41(1): 117-120.
- [12] 徐爱芬,赵志白,周成松.菇渣在花卉苗木上的应用简报[J].浙江农业科学, 2010(4): 771-772.
- [13] 马春花.不同基质及根粉对蝴蝶兰生长的影响[D].郑州:郑州大学, 2014.
- [14] 王卫平,洪春来,朱凤香,等.菇渣、河道底泥在花卉苗木栽培中的应用初报[J].浙江农业科学, 2016, 57(1): 33-34.
- [15] 索琳娜,金茂勇,张宝珠.农林有机废弃物生产花木栽培基质技术和前景[J].北方园艺, 2009(4): 108-112.
- [16] 张 强,孙向阳,任忠秀,等.园林绿化废弃物堆肥用作花卉栽培基质的效果评价[J].中南林业科技大学学报, 2011, 31(9): 7-13.
- [17] 傅 锦.园林绿化废弃物堆肥用作花卉栽培基质的效果观察[J].北京农业, 2013(30): 60-61.
- [18] 李世好,蒋云霞,温林川,等.校园垃圾和园林废弃物堆腐物作为花卉栽培基质可行性研究[J].安徽农业科学, 2015, 43(3): 273-276.
- [19] 邹雨竹,孙晓杰,肖攀飞,等.园林废物堆肥产品作花卉栽培代用基质的试验[J].桂林理工大学学报, 2016, 36(3): 557-561.
- [20] 陈红英,王红涛.城市污水处理厂污泥的资源化利用研究[J].浙江工业大学学报, 2007, 35(3): 337-340.
- [21] 卢吉文.城市污泥堆肥在花卉栽培中的应用研究[D].重庆:西南大学, 2008.
- [22] 高红真.城市污泥在花卉栽培基质中的应用研究[J].安徽农学通报, 2009, 15(14): 182-184.
- [23] 叶舟华,张琪晓,严中琪,等.生活污水污泥在花卉商品化生产上的应用[J].现代园艺, 2012(10): 6-8.
- [24] 李晓玲,向 彬,李光胜,等.花卉栽培基质中城市污泥堆肥替代腐殖土比例的研究[J].安徽农业科学, 2014, 42(27): 9324-9328.
- [25] 王 硕,刘 恋,熊 笈.污泥、皂素抽提物(纤维渣)作为花卉培养基质的实验研究[J].环境科学与管理, 2017, 42(5): 84-89.
- [26] 俞建勇,余燕平,万玉芹,等.秸秆纤维非织造布用作无土栽培基质的研究[J].纺织学报, 2002, 23(3): 65-66.
- [27] 潘根兴,卞荣军,程 琨.从废弃物处理到生物质制造业:基于热裂解的生物质科技与工程[J].科技导报, 2017, 35(23): 82-93.
- [28] 石 岩.竹粉及生物炭在花卉栽培基质中的应用效果研究[D].南京:南京农业大学, 2015.
- [29] 张有仓,刘 东,陈恒宝,等.餐厨废弃物与生活污泥协同厌氧消化后沼渣的资源化利用途径探索[J].安徽农业科学, 2018, 46(1): 67-70.
- [30] 宿庆连,黄明翅.国内花卉基质产业化问题初探[J].广东农业科学, 2010, 37(9): 122-128.

(上接第 19 页)

- [8] 中华人民共和国卫生部药典委员会编.中华人民共和国药典(一部)[M].人民卫生出版社, 1964.
- [9] 黄承玲,陈 训,高贵龙.3种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J].林业科学, 2011, 47(6): 48-55.
- [10] 王明麻.林木遗传育种学[M].中国林业出版社, 2001.
- [11] 肖新华,张云跃,刘佳强,等.银杏种源、家系、无性系选择研究[J].经济林研究, 2002, 20(2): 1-52.
- [12] 王 杨,房荣春,林明明,等.银杏叶片生长发育过程中生理生化指标动态变化[J].江苏农业科学, 2011, 39(4): 155-158.
- [13] 刘胜洪,梁佳勇,陈金爱,等.银杏不同性别、树龄、树冠部位的叶片黄酮含量比较[J].湖北农业科学, 2011, 50(6): 1169-1171.
- [14] 丁 飞,袁 觉,王昆荣,等.不同采集期不同林龄不同部位银杏叶黄酮含量测试[J].安徽林业科技, 2015, 41(3): 21-22.