

香椿不同种源和优良单株的种子品质差异性分析

梁有旺¹, 彭方仁¹, 陈德平²

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省海安县林业局, 江苏 海安 226600)

摘要: 对 13 个省份 14 个产地香椿 (*Toona sinensis* Roem.) 种子的播种品质和营养成分含量差异进行分析, 发现 14 个种源香椿种子的长度 (6.07 ~ 8.22 mm)、宽度 (3.68 ~ 4.65 mm)、千粒重 (7.86 ~ 15.37 g) 和发芽率 (36.00% ~ 96.00%) 均存在显著差异, 不同单株之间也存在一定的差异。播种品质与场圃发芽率较好的种源为河北邢台、江西崇义、江西九连山和湖南洞口; 江西九连山种源的 5 个单株中, 种子品质最好的为 5 号单株。各种源香椿种子的蛋白质含量为 12.514 ~ 97.150 mg · g⁻¹, 可溶性糖含量为 0.048 ~ 0.084 mg · g⁻¹, 淀粉含量为 0.576% ~ 1.410%, 游离氨基酸含量为 1.545 ~ 3.226 mg · g⁻¹, 粗脂肪含量为 26.407% ~ 38.158%, 表明不同种源香椿种子的营养成分有显著差异。

关键词: 香椿; 种子品质; 营养成分; 种源; 单株

中图分类号: Q945.34; S722.1⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)04-0042-06

Difference analysis of seed quality of *Toona sinensis* from different provenances and fine individual
LIANG You-wang¹, PENG Fang-ren¹, CHEN De-ping² (1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Forestry Bureau of Hai'an County, Hai'an 226600, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(4): 42-47

Abstract: The seeds of *Toona sinensis* Roem. from 14 locations distributed in 13 provinces were studied to analyze variations of sowing quality and nutrient ingredient contents. The results showed that there were remarkable difference among seed length (6.07 - 8.22 mm), width (3.68 - 4.65 mm), 1 000-grain weight (7.86 - 15.37 g) and germination rate (36.00% - 96.00%) of 14 provenances. Based on sowing quality and field germination rate, 4 provenances collected from Xingtai of Hebei, Chongyi of Jiangxi, Jiulianshan of Jiangxi and Dongkou of Hu'nan were better than others. While No. 5 individual was the best one among five individuals of Jiulianshan in Jiangxi. The contents of protein, soluble sugar, starch, free amino acids and crude fat in seeds varied 12.514 - 97.150 mg · g⁻¹, 0.048 - 0.084 mg · g⁻¹, 0.576% - 1.410%, 1.545 - 3.226 mg · g⁻¹ and 26.407% - 38.158% respectively, which showed significant difference in seed quality from different provenances.

Key words: *Toona sinensis* Roem.; seed quality; nutrient ingredient content; provenance; individual

香椿 (*Toona sinensis* Roem.) 是中国特有的珍贵速生用材树种, 在国际市场上享有“中国桃花心木” (Chinese mahogany) 之美称, 是具有很大发展潜力的乡土树种之一。目前, 香椿的良种化水平比较低^[1], 国内外对香椿的研究主要集中在香椿芽的加工、贮藏、利用与育苗技术等方面, 并且在香椿生物学、生理学及化学成分等方面也有较多研究^[1], 但尚未见有关香椿各种源种子的播种品质及营养成分含量差异方面的研究报道。作者以 14 个产地的香椿种子为研究对象, 通过比较不同产地香椿种子的千粒重、发芽率和生活力等播种品质指标及营养成分含量的差异, 为香椿的遗传改良、种子生产以及种

源选择提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

实验用香椿种子来源于香椿自然分布区 13 个省(区)的 14 个产地。于 2004 年 11 月至 12 月采集安徽利辛、湖南洞口、江西崇义和九连山及江苏南京

收稿日期: 2005-11-20

基金项目: 江苏省农业三项工程项目 [sx(2004)083] 和江苏省农业科技攻关项目 (BE2005368)

作者简介: 梁有旺 (1979-), 男, 广西北流人, 硕士, 实验员, 主要研究方向为经济林栽培与利用。

5个产地的种子;而广西河池、广东广州、贵州黔西南、福建霞浦、湖北随州、河南西峡、河北邢台、陕西安康及四川广元9个产地的种子则分别由各地的种苗站提供。每个采种点随机选择10株进入大量结实年龄的优势木进行采种,采种母树相隔30 m以上,等量采集每株优势木上的蒴果,并进行混合。其中,在江西省九连山自然保护区分别采集5株优势木上的蒴果,并单独标记为单株1号至5号。

1.2 方法

1.2.1 种子长度和宽度的测定 为确定合适的样本数,在14个种源中随机选取3个种源,各随机选取100粒种子,以种子纵轴为长度,以横向最大宽度为宽度,用游标卡尺分别测量种子的长度和宽度。根据样本数与种子性状的变化曲线确定观测种子长度和宽度的样本数为60粒。然后,按确定的样本数测量各种源及单株种子的长度和宽度。

1.2.2 种子品质指标的测定 根据《林木种子检验规程》(GB 2722—1999)的方法测定种子的千粒重、生活力及发芽率^[2]。千粒重测定采用百粒法,3次重复,每重复种子用量5 g;种子生活力测定采用TTC染色法,3次重复,每重复100粒种子。发芽率和发芽势测定:先用40℃温水浸种24 h,进行催芽处理后置床,再将发芽床置于恒温光照培养箱中发芽(25℃,每天光照10 h),每处理3个重复,每重复100粒种子,每天定时统计发芽率和发芽势。

1.2.3 营养成分的测定 蛋白质含量用考马斯亮蓝法测定^[3],重复3次,每重复种子用量0.1 g;可溶性糖及淀粉含量用蒽酮显色法测定^[4],重复3次,每重复种子用量0.1 g;游离氨基酸含量采用茚三酮比色法测定^[3],重复3次,每重复种子用量0.05 g;粗脂肪含量用索氏提取法测定^[5],重复2次,每重复种子用量2.0 g。除粗脂肪含量用干燥种子测定外,其他4个营养成分的含量均用已吸涨种子测定。

1.2.4 场圃发芽实验 实验地位于江苏省海安县,地理位置为北纬32°22'~32°43'、东经120°12'~120°53',处于中纬度北亚热带北缘,全年总光照为2 176.4 h,年均气温14.6℃,年极端最高气温39.4℃,年极端最低气温-12℃,年均无霜期222 d,年均降雨量1 021.9 mm。

40℃温水浸种24 h后,于2005年3月播种育苗,苗床宽1 m,条状播种,条宽为20 cm,条间距为30 cm,播种前进行整地、土壤消毒及灌水。采用完

全随机区组设计,设置3次重复,每小区2条,每条播种子50粒,细沙土覆盖,厚度1~2 cm。观察记录各种源和单株种子的发芽破土时间、具体发芽种子数及真叶出现的时间。

1.3 数据分析方法

用EXCEL和SPSS11.0数据处理软件进行数据处理和分析。

2 结果和分析

2.1 不同种源香椿种子品质的差异分析

2.1.1 不同种源香椿种子长度和宽度及千粒重的差异分析 不同种源香椿种子的长度、宽度及千粒重的差异见表1。如表1所示,14个香椿种源种子长度变幅为6.07~8.22 mm,以来源于贵州黔西南的种子最长,江苏南京的种子最短;种子宽度变幅为3.68~4.65 mm,宽度最大的为贵州黔西南的种子,最小的为安徽利辛的种子;种子长宽比值最大的为安徽利辛的种子,最小的为贵州黔西南的种子。千粒重变化幅度为7.86~15.37 g,千粒重最重的种源为江西崇义,最轻的为江苏南京。方差分析结果表明,香椿不同种源间种子的长度、宽度及种子长宽比和千粒重的差异都达到显著水平($P < 0.05$)。

2.1.2 不同种源香椿种子发芽率与种子生活力的差异分析 不同种源香椿种子发芽状况如表2所示。由表2可以看出,种子发芽率较高的种源为江西九连山、湖南洞口及河北邢台;较低的种源为河南西峡,其次是湖北随州、江苏南京及广西河池。其中,来源于湖南洞口的香椿种子的发芽率与河南西峡种源的发芽率相差近60%。种子生活力较高的种源有河北邢台、江西崇义、江西九连山及江苏南京,较低的为河南西峡和湖北随州。方差分析结果表明,不同种源间香椿种子的发芽率及种子生活力的差异均达极显著水平($P < 0.01$)。由表2还可看出,同一种源的种子发芽率和种子生活力基本保持一致,这说明可以用测定种子生活力作为指标来代替种子发芽率的测定,并能在短期内快速检测出香椿种子的发芽能力。

发芽势是反映种子播种品质的重要指标之一。从表2可看出,各种源香椿种子发芽势差异较大,发芽所需时间也各不相同。种子发芽势较高的种源有河北邢台、湖南洞口和广东广州;较低的有湖北随

表1 来源于不同种源的香椿种子长度和宽度及千粒重比较¹⁾Table 1 Comparison of length, width and 1 000-grain weight of seeds of *Toona sinensis* Roem. from different provenances¹⁾

种源 Provenance	长度/mm Length	宽度/mm Width	长宽比 Ratio of length to width	千粒重/g 1 000-grain weight
广东广州 Guangzhou, Guangdong	7.38 ± 0.39	4.59 ± 0.17	1.577 5	8.19 ± 0.50
广西河池 Hechi, Guangxi	7.03 ± 0.36	4.04 ± 0.18	1.733 1	8.97 ± 0.25
江西九连山 Jiulianshan, Jiangxi	8.11 ± 0.29	4.48 ± 0.16	1.522 0	13.19 ± 0.49
贵州黔西南 Qianxi'nan, Guizhou	8.22 ± 0.50	4.65 ± 0.22	1.309 5	11.01 ± 0.35
江西崇义 Chongyi, Jiangxi	7.36 ± 0.37	4.40 ± 0.22	1.628 3	15.37 ± 0.59
福建霞浦 Xiapu, Fujian	6.99 ± 0.33	4.28 ± 0.20	1.647 1	8.95 ± 0.31
湖南洞口 Dongkou, Hu'nan	7.14 ± 0.33	4.28 ± 0.18	1.899 2	13.99 ± 0.41
陕西安康 Ankang, Shaanxi	6.67 ± 0.29	3.74 ± 0.22	1.786 6	8.70 ± 0.22
四川广元 Guangyuan, Sichuan	6.81 ± 0.26	4.17 ± 0.17	1.770 5	15.24 ± 0.55
湖北随州 Suizhou, Hubei	6.52 ± 0.46	4.15 ± 0.26	1.689 9	12.90 ± 0.43
江苏南京 Nanjing, Jiangsu	6.07 ± 0.21	4.40 ± 0.17	1.869 4	7.86 ± 0.17
安徽利辛 Lixin, Anhui	6.99 ± 0.43	3.68 ± 0.18	1.935 9	10.84 ± 0.35
河南西峡 Xixia, He'nan	6.46 ± 0.56	4.33 ± 0.38	1.502 1	11.59 ± 0.21
河北邢台 Xingtai, Hebei	7.07 ± 0.64	4.59 ± 0.47	1.438 0	14.70 ± 0.30
<i>F</i>	124.345 **	88.656 **	113.086 *	205.53 **

¹⁾ * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

表2 来源于不同种源的香椿种子品质的比较¹⁾Table 2 Comparison of seed quality among different provenances of *Toona sinensis* Roem.¹⁾

种源 Provenance	发芽率/% Germination rate	种子生活力/% Seed viability	发芽势/% Germination energy	发芽时间/d Germination time
福建霞浦 Xiapu, Fujian	85.33 ± 3.06	88.00 ± 4.00	40.67 ± 4.16	19 ± 2.52
江西崇义 Chongyi, Jiangxi	84.67 ± 3.06	90.67 ± 6.11	67.33 ± 4.16	11 ± 1.53
广东广州 Guangzhou, Guangdong	91.00 ± 1.00	86.67 ± 6.11	68.00 ± 2.83	13 ± 1.53
湖南洞口 Dongkou, Hu'nan	95.33 ± 3.06	78.67 ± 2.31	70.00 ± 5.29	16 ± 2.00
四川广元 Guangyuan, Sichuan	72.67 ± 1.15	85.33 ± 2.31	41.33 ± 4.16	12 ± 1.73
湖北随州 Suizhou, Hubei	48.67 ± 8.08	46.00 ± 8.49	20.00 ± 3.46	17 ± 2.08
河南西峡 Xixia, He'nan	36.00 ± 3.46	36.00 ± 5.66	27.33 ± 1.15	17 ± 2.52
江苏南京 Nanjing, Jiangsu	60.00 ± 8.00	89.33 ± 2.31	21.33 ± 3.06	21 ± 2.89
河北邢台 Xingtai, Hebei	92.67 ± 4.16	96.00 ± 4.00	79.33 ± 8.33	13 ± 2.52
贵州黔西南 Qianxi'nan, Guizhou	86.67 ± 4.62	88.67 ± 4.16	36.00 ± 4.00	12 ± 0.00
广西河池 Hechi, Guangxi	60.00 ± 2.00	88.00 ± 4.00	27.33 ± 3.06	17 ± 1.53
江西九连山 Jiulianshan, Jiangxi	96.00 ± 3.46	90.67 ± 6.11	52.00 ± 3.46	11 ± 1.73
陕西安康 Ankang, Shaanxi	85.33 ± 5.03	85.33 ± 2.31	37.33 ± 4.16	14 ± 1.53
安徽利辛 Lixin, Anhui	84.00 ± 4.00	85.33 ± 3.06	37.33 ± 2.83	14 ± 1.53
<i>F</i>	51.371 **	58.000 **	64.141 **	7.727 **

¹⁾ * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

州、江苏南京及河南西峡。其中,河北邢台种源的种子发芽势最高,达 79.33%;湖北随州种源的发芽势最低,仅为 20.00%,二者相差 59.33%。发芽最慢的种源为江苏南京的种子,需 21 d 才能结束发芽,比发芽最快的江西崇义和江西九连山种源晚 10 d。

2.1.3 不同种源香椿种子营养成分含量的差异分析 由于不同种源种子生长的地理环境条件不同,各营养成分的积累也有所不同,从而影响其种子品

质。不同种源香椿种子的蛋白质、可溶性糖、淀粉、游离氨基酸及粗脂肪含量均存在较大差异(表 3)。在 14 个种源中,蛋白质含量以安徽利辛种源最高,福建霞浦种源最低,仅 12.514 mg · g⁻¹;可溶性糖含量为 0.048 ~ 0.084 mg · g⁻¹,其中陕西安康种源含量最高,广东广州种源含量最低;淀粉含量以陕西安康种源最高,安徽利辛种源最低,仅 0.576%;游离氨基酸含量为 1.545 ~ 3.226 mg · g⁻¹,其中陕西

要高;福建霞浦、广东广州、贵州黔西南、广西河池和陕西安康种源种子出土时间较晚,均在4月18日出土;四川广元的种子最早出现真叶(4月18日),福建霞浦、广东广州、贵州黔西南和广西河池种源种子则在4月25日才出现真叶。

2.2 江西九连山不同单株香椿种子品质的差异分析

2.2.1 长度和宽度及播种品质的差异分析 来源于江西九连山的香椿不同单株之间种子的长度和宽度及长宽比差异极显著(表5),其中5号单株的种

子长度最长(9.21 mm),与其他单株的种子差异较大;种子长度最短的为3号单株,仅为8.04 mm。不同单株之间种子发芽率及种子生活力差异不显著,除1号单株种子生活力仅为80.00%外,其余单株的种子活力均达90.00%以上;种子发芽率以5号单株最低(88.00%),3号单株最高(98.67%)。发芽天数各单株基本一致,均需约12 d发芽才能结束。

2.2.2 营养成分含量的差异分析 同一种源不同单株香椿种子营养成分的测定结果见表6。表6数据表明,在5个单株中,各单株间的种子蛋白质和淀

表5 来源于江西九连山的不同单株香椿种子品质的比较¹⁾

Table 5 Comparison of seed quality of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi¹⁾

单株号 No. of individual	长度/mm Length	宽度/mm Width	长宽比 Ratio of length to width	发芽率/% Germination rate	种子生活力/% Seed viability	发芽势/% Germination energy	发芽天数/d Germination time
1	8.28 ± 0.49	4.35 ± 0.16	1.908 3	92.67 ± 6.11	80.00 ± 8.00	79.33 ± 6.11	12 ± 0.82
2	8.14 ± 0.42	4.40 ± 0.18	1.852 0	98.00 ± 2.00	92.00 ± 4.00	82.67 ± 2.31	11 ± 0.47
3	8.04 ± 0.39	4.38 ± 0.15	1.836 5	98.67 ± 1.15	90.00 ± 6.00	46.67 ± 6.11	11 ± 0.82
4	8.26 ± 0.40	4.55 ± 0.19	1.820 3	96.67 ± 1.15	94.00 ± 2.00	70.00 ± 5.29	11 ± 0.94
5	9.21 ± 0.51	4.66 ± 0.25	1.971 5	88.00 ± 2.00	100.00 ± 0.00	56.67 ± 5.03	12 ± 0.94
F	67.503 **	30.278 **	18.816 **	0.497	0.044	4.025 *	0.433

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

表6 来源于江西九连山的不同单株香椿种子营养成分含量的比较¹⁾

Table 6 Comparison of nutrient ingredient contents of seeds of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi¹⁾

单株号 No. of individual	蛋白质含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of protein	可溶性糖含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of soluble sugar	淀粉含量/% Content of starch	游离氨基酸含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of amino acid	粗脂肪含量/% Content of crude fat
1	23.570 ± 1.567	0.076 ± 0.005	0.699 ± 0.050	3.281 ± 0.243	31.695 ± 0.131
2	25.688 ± 0.910	0.064 ± 0.003	0.778 ± 0.060	3.056 ± 0.182	31.532 ± 0.168
3	26.836 ± 2.313	0.059 ± 0.005	0.689 ± 0.010	2.186 ± 0.292	33.013 ± 0.403
4	21.067 ± 2.621	0.063 ± 0.002	0.761 ± 0.023	2.908 ± 0.011	32.677 ± 0.299
5	25.747 ± 2.451	0.067 ± 0.003	0.821 ± 0.148	3.324 ± 0.311	30.859 ± 0.203
F	0.800	4.637 *	1.593	3.743 *	22.801 **

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

粉含量差异不明显。可溶性糖含量差异显著,最高的为1号单株,达 $0.076 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;最低的为3号单株,仅为 $0.059 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。游离氨基酸含量为 $2.186 \sim 3.324 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,不同单株间的差异达显著水平($P < 0.05$)。不同单株间种子的粗脂肪含量呈极显著差异($P < 0.01$),最高的为33.013%,最低的仅为30.859%。

2.2.3 场圃发芽状况的差异分析 来源于江西九连山的5个香椿单株种子的场圃发芽率有很大差异(表7),由高至低依次为5号、4号、1号、3号、2号;

表7 来源于江西九连山的不同单株香椿种子场圃发芽实验结果
Table 7 Result of field germination experiment of seeds of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi

单株号 No. of individual	场圃发芽率/% Field germination rate	种子出土日期 (MM-DD) Date of emergence	真叶出现日期 (MM-DD) Emergence date of euphylls
1	35.67 ± 6.13	04-15	04-25
2	31.33 ± 3.00	04-15	04-25
3	34.00 ± 3.40	04-18	04-25
4	38.33 ± 3.20	04-18	04-25
5	41.00 ± 5.30	04-18	04-25

安康种源最高,四川广元种源最低;粗脂肪含量为26.407%~38.158%,以安徽利辛种源最高,贵州黔西南种源最低。方差分析结果表明,各种源间香椿种子蛋白质含量差异达显著水平($P < 0.05$),可溶性糖、淀粉、游离氨基酸及脂肪含量差异均达极显著水平($P < 0.01$)。

2.1.4 不同种源香椿种子场圃发芽状况的比较
场圃发芽实验结果表明,不同种源香椿种子的场圃

发芽率有很大差异(表4),其中河北邢台种源的种子发芽率最高,达45.67%;河南西峡种源发芽率最低,仅为12.00%,前者是后者的3.81倍。

不同种源香椿种子的出土时间和真叶出现日期也有很大差异。江西九连山、江西崇义、湖南洞口、四川广元和河北邢台种源种子出土时间最早,均在4月11日出土,且出苗持续时间短(即种子发芽势高),这些种源最终的场圃发芽率也较其他种源

表3 不同种源香椿种子营养成分含量的比较¹⁾

Table 3 Comparison of nutrient ingredient contents of seeds among different provenances of *Toona sinensis* Roem.¹⁾

种源 Provenance	蛋白质 含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of protein	可溶性糖 含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of soluble sugar	淀粉含量/% Content of starch	游离氨基酸 含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of free amino acid	粗脂肪含量/% Content of crude fat
福建霞浦 Xiapu, Fujian	12.514 ± 2.567	0.054 ± 0.002	0.962 ± 0.112	2.181 ± 0.127	34.239 ± 0.300
江西崇义 Chongyi, Jiangxi	93.191 ± 9.634	0.062 ± 0.006	0.712 ± 0.088	2.712 ± 0.167	32.077 ± 0.513
广东广州 Guangzhou, Guangdong	60.899 ± 10.555	0.048 ± 0.006	1.138 ± 0.062	2.058 ± 0.230	34.073 ± 0.088
湖南洞口 Dongkou, Hu'nan	58.574 ± 4.577	0.051 ± 0.006	0.858 ± 0.096	1.902 ± 0.203	32.329 ± 0.854
四川广元 Guangyuan, Sichuan	53.453 ± 5.281	0.065 ± 0.003	0.821 ± 0.155	1.545 ± 0.167	30.614 ± 1.163
湖北随州 Suizhou, Hubei	67.663 ± 1.654	0.058 ± 0.001	0.731 ± 0.088	2.589 ± 0.126	36.421 ± 1.786
河南西峡 Xixia, He'nan	45.144 ± 8.380	0.066 ± 0.009	0.644 ± 0.156	3.210 ± 0.037	36.550 ± 0.239
江苏南京 Nanjing, Jiangsu	46.923 ± 7.160	0.049 ± 0.001	0.667 ± 0.034	3.131 ± 0.063	27.503 ± 0.226
河北邢台 Xingtai, Hebei	41.807 ± 6.183	0.077 ± 0.004	0.688 ± 0.022	2.822 ± 0.405	30.555 ± 0.099
贵州黔西南 Qianxi'nan, Guizhou	61.202 ± 5.404	0.063 ± 0.003	0.765 ± 0.050	2.598 ± 0.075	26.407 ± 0.490
广西河池 Hechi, Guangxi	59.735 ± 7.419	0.064 ± 0.008	0.968 ± 0.162	3.066 ± 0.387	29.735 ± 0.728
江西九连山 Jiulianshan, Jiangxi	41.187 ± 10.834	0.062 ± 0.005	0.748 ± 0.036	3.143 ± 0.182	31.492 ± 0.267
陕西安康 Ankang, Shaanxi	34.024 ± 2.173	0.084 ± 0.003	1.410 ± 0.036	3.226 ± 0.226	27.097 ± 0.158
安徽利辛 Lixin, Anhui	97.150 ± 0.816	0.056 ± 0.007	0.576 ± 0.004	2.920 ± 0.033	38.158 ± 1.417
F	3.31 *	10.94 **	16.43 **	6.11 **	43.07 **

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

表4 不同种源香椿种子场圃发芽实验结果

Table 4 Result of field germination experiment of seeds of *Toona sinensis* Roem. from different provenances

种源 Provenance	场圃发芽率/% Field germination rate	种子出土日期(MM-DD) Date of emergence	真叶出现日期(MM-DD) Emergence date of euphylls
广东广州 Guangzhou, Guangdong	16.67 ± 2.49	04-18	04-25
广西河池 Hechi, Guangxi	22.33 ± 1.50	04-18	04-25
江西九连山 Jiulianshan, Jiangxi	35.67 ± 3.50	04-11	04-21
贵州黔西南 Qianxi'nan, Guizhou	24.33 ± 2.49	04-18	04-25
江西崇义 Chongyi, Jiangxi	35.33 ± 2.26	04-11	04-22
福建霞浦 Xiapu, Fujian	20.00 ± 0.50	04-18	04-25
湖南洞口 Dongkou, Hu'nan	37.00 ± 2.94	04-11	04-22
陕西安康 Ankang, Shaanxi	23.33 ± 2.50	04-18	04-22
四川广元 Guangyuan, Sichuan	41.67 ± 3.39	04-11	04-18
湖北随州 Suizhou, Hubei	12.67 ± 1.70	04-15	04-24
江苏南京 Nanjing, Jiangsu	17.00 ± 0.82	04-15	04-24
安徽利辛 Lixin, Anhui	30.33 ± 1.00	04-15	04-22
河南西峡 Xixia, He'nan	12.00 ± 1.25	04-14	04-21
河北邢台 Xingtai, Hebei	45.67 ± 5.50	04-11	04-21

要高;福建霞浦、广东广州、贵州黔西南、广西河池和陕西安康种源种子出土时间较晚,均在4月18日出土;四川广元的种子最早出现真叶(4月18日),福建霞浦、广东广州、贵州黔西南和广西河池种源种子则在4月25日才出现真叶。

2.2 江西九连山不同单株香椿种子品质的差异分析

2.2.1 长度和宽度及播种品质的差异分析 来源于江西九连山的香椿不同单株之间种子的长度和宽度及长宽比差异极显著(表5),其中5号单株的种

子长度最长(9.21 mm),与其他单株的种子差异较大;种子长度最短的为3号单株,仅为8.04 mm。不同单株之间种子发芽率及种子生活力差异不显著,除1号单株种子生活力仅为80.00%外,其余单株的种子活力均达90.00%以上;种子发芽率以5号单株最低(88.00%),3号单株最高(98.67%)。发芽天数各单株基本一致,均需约12 d发芽才能结束。

2.2.2 营养成分含量的差异分析 同一种源不同单株香椿种子营养成分的测定结果见表6。表6数据表明,在5个单株中,各单株间的种子蛋白质和淀

表5 来源于江西九连山的不同单株香椿种子品质的比较¹⁾

Table 5 Comparison of seed quality of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi¹⁾

单株号 No. of individual	长度/mm Length	宽度/mm Width	长宽比 Ratio of length to width	发芽率/% Germination rate	种子生活力/% Seed viability	发芽势/% Germination energy	发芽天数/d Germination time
1	8.28 ± 0.49	4.35 ± 0.16	1.908 3	92.67 ± 6.11	80.00 ± 8.00	79.33 ± 6.11	12 ± 0.82
2	8.14 ± 0.42	4.40 ± 0.18	1.852 0	98.00 ± 2.00	92.00 ± 4.00	82.67 ± 2.31	11 ± 0.47
3	8.04 ± 0.39	4.38 ± 0.15	1.836 5	98.67 ± 1.15	90.00 ± 6.00	46.67 ± 6.11	11 ± 0.82
4	8.26 ± 0.40	4.55 ± 0.19	1.820 3	96.67 ± 1.15	94.00 ± 2.00	70.00 ± 5.29	11 ± 0.94
5	9.21 ± 0.51	4.66 ± 0.25	1.971 5	88.00 ± 2.00	100.00 ± 0.00	56.67 ± 5.03	12 ± 0.94
F	67.503 **	30.278 **	18.816 **	0.497	0.044	4.025 *	0.433

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

表6 来源于江西九连山的不同单株香椿种子营养成分含量的比较¹⁾

Table 6 Comparison of nutrient ingredient contents of seeds of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi¹⁾

单株号 No. of individual	蛋白质含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of protein	可溶性糖含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of soluble sugar	淀粉含量/% Content of starch	游离氨基酸含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of amino acid	粗脂肪含量/% Content of crude fat
1	23.570 ± 1.567	0.076 ± 0.005	0.699 ± 0.050	3.281 ± 0.243	31.695 ± 0.131
2	25.688 ± 0.910	0.064 ± 0.003	0.778 ± 0.060	3.056 ± 0.182	31.532 ± 0.168
3	26.836 ± 2.313	0.059 ± 0.005	0.689 ± 0.010	2.186 ± 0.292	33.013 ± 0.403
4	21.067 ± 2.621	0.063 ± 0.002	0.761 ± 0.023	2.908 ± 0.011	32.677 ± 0.299
5	25.747 ± 2.451	0.067 ± 0.003	0.821 ± 0.148	3.324 ± 0.311	30.859 ± 0.203
F	0.800	4.637 *	1.593	3.743 *	22.801 **

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

粉含量差异不明显。可溶性糖含量差异显著,最高的为1号单株,达 $0.076 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;最低的为3号单株,仅为 $0.059 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。游离氨基酸含量为 $2.186 \sim 3.324 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,不同单株间的差异达显著水平($P < 0.05$)。不同单株间种子的粗脂肪含量呈极显著差异($P < 0.01$),最高的为33.013%,最低的仅为30.859%。

2.2.3 场圃发芽状况的差异分析 来源于江西九连山的5个香椿单株种子的场圃发芽率有很大差异(表7),由高至低依次为5号、4号、1号、3号、2号;

表7 来源于江西九连山的不同单株香椿种子场圃发芽实验结果
Table 7 Result of field germination experiment of seeds of different individuals of *Toona sinensis* Roem. from Jiulianshan in Jiangxi

单株号 No. of individual	场圃发芽率/% Field germination rate	种子出土日期 (MM-DD) Date of emergence	真叶出现日期 (MM-DD) Emergence date of euphylls
1	35.67 ± 6.13	04-15	04-25
2	31.33 ± 3.00	04-15	04-25
3	34.00 ± 3.40	04-18	04-25
4	38.33 ± 3.20	04-18	04-25
5	41.00 ± 5.30	04-18	04-25

1号与2号单株的种子在4月15日破土,3号、4号和5号单株的种子在4月18日破土。所有单株种子真叶出现时间均为4月25日。

3 结论和讨论

研究表明,不同种源香椿种子的形态指标、种子品质及营养成分含量均存在较大差异。可以用种子生活力作为指标代替种子发芽率的测定,进行香椿种子播种品质鉴定。从综合发芽率和场圃发芽率等指标可以看出,种子播种品质较好的种源为河北邢台、江西崇义、江西九连山以及湖南洞口;江西九连山种源的5个单株中,5号单株的播种品质较好。此外,同一种源内各单株的种子形态指标及播种品质指标均存在一定的差异,个别单株表现出更优的性状。因此,在香椿育苗过程中,除注意选取优良种源外,还应在种源内进行优良单株的筛选。

研究发现,不同产地香椿种子的营养成分含量差异很大,与采种母树生长环境的不同有关,光照、降雨量、土壤状况等因素对种子中各营养成分的积累也均有一定的影响。不同种源香椿种子的游离氨基酸含量为 $1.545 \sim 3.226 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与王鹏程等所报道的“香椿芽中游离氨基酸含量 $2.274 \sim 1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ”处于同一水平^[6]。不同种源香椿种子蛋白质含量为 $12.514 \sim 97.150 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,高于香椿芽的蛋白质含量 $(8.21 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1})$ ^[6];种子粗脂肪含量在

$26.407\% \sim 38.158\%$ 之间,与文献记载的“香椿种子含油率达 38.5% ”^[5]基本一致,明显高于香椿芽的粗脂肪含量 (8.78%) ^[7];不同种源香椿种子的可溶性糖含量为 $0.048 \sim 0.084 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,远高于香椿芽中可溶性糖含量 $(0.015 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1})$ ^[6]。上述结果表明,香椿种子含有丰富的营养成分,具有较高的开发利用价值,因此,可考虑在香椿种子的营养价值利用、营养物质提取及加工方面开展进一步的深入研究。

由于香椿结实过程存在“大小年”现象,种源数量收集有限,因而,难以对香椿种源种子性状及生长特性的地理变异规律作出描述,仍有待于继续收集更多具有代表性的种源进行研究。

参考文献:

- [1] 彭方仁,梁有旺. 香椿的生物学特性及开发利用前景[J]. 林业科技开发, 2005, 3(19): 3-6.
- [2] 国家质量技术监督局. 林木种子检验规程(GB 2772—1999)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [3] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 王晶英,敖红,张杰,等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.
- [5] 国家林业局国有林场和林木种苗工作总站. 中国木本植物种子[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [6] 王鹏程,涂炳坤,叶要妹,等. 不同时期不同种源香椿芽营养成分分析[J]. 湖北农业科学, 2001(6): 56-57.
- [7] 许慕农,陈香玲,李德生,等. 优良品种香椿芽营养成分的研究[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26: 137.