

8个种源香椿种子性状及芽苗菜产量和品质比较

郝明灼¹, 陈德根¹, 彭方仁¹, 梁有旺¹, 李群², 赵军², 袁觉², 王昆荣², 朱卫红²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏南京 210037; 2. 江苏省泰兴市林业技术推广中心, 江苏泰兴 225400)

摘要: 对8个种源香椿 *Toona sinensis* 种子的物理性状、发芽率、芽苗菜产量及其营养成分进行了分析。结果表明: ①不同种源香椿种子的长度、宽度、千粒质量存在 $P < 0.05$ 水平上的显著差异, 含水量和发芽率存在 $P < 0.01$ 水平上的极显著差异; 芽苗菜的长度、产率、可溶性蛋白质质量分数、游离氨基酸质量分数存在 $P < 0.01$ 水平上的极显著差异, 单株鲜质量和维生素C质量分数也存在 $P < 0.05$ 水平上的显著差异。②种子发芽率对芽苗菜产率和芽苗菜维生素C质量分数有极显著影响($P < 0.01$), 种子千粒质量与芽苗菜氨基酸质量分数、芽苗菜长度、芽苗菜鲜质量存在极显著的正相关关系($P < 0.01$), 芽苗菜的游离氨基酸质量分数与可溶性蛋白质质量分数存在极显著的负相关关系($P < 0.01$)。③陕西旬阳种源的种子芽苗菜产率最高, 单位质量种子可生产 $9.23 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ 芽苗菜。成都种源芽苗菜可溶性蛋白质质量分数较高, 石家庄和泰安种源芽苗菜游离氨基酸质量分数较高, 遂宁和泰安种源芽苗菜维生素C质量分数较高。图1表3参9

关键词: 林木育种学; 香椿; 种子检验; 芽苗菜; 营养成分

中图分类号: S722.3 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2012)02-180-05

Comparison of eight *Toona sinensis* provenances for seed properties, sprouting vegetable yield, and sprout nutritional components

HAO Ming-zhuo¹, CHEN De-gen¹, PENG Fang-ren¹, LIANG You-wang¹,
LI Qun², ZHAO Jun², YUAN Jue², WANG Kun-rong², ZHU Wei-hong²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;
2. Taixing City Forest Technology Extentiv Centre, Taixing 225400, Jiangsu, China)

Abstract: Seed physical properties, seed germination rate, sprouting vegetable yield, and sprout nutritional components of eight provenances of *Toona sinensis* seeds were tested using indoor experiment. Results showed: (1) significant differences among provenances for seed length ($P = 0.036$ 8), seed width ($P = 0.025$ 8), seed water content ($P = 0.002$ 9), thousand kernel weight ($P = 0.020$ 0), and seed germination rate ($P < 0.000$ 1). Significant differences were also found for sprout yield ($P < 0.000$ 1), soluble protein content of sprouts ($P = 0.002$ 6), amino acid content of sprouts ($P = 0.003$ 7), and Vitamin C content of sprouts ($P = 0.034$ 0). (2) Seed germination rate have significant positive correlation with sprout yield ($r = 0.692$ 8, $P < 0.000$ 1) and Vitamin C content of sprouts ($r = 0.480$ 9, $P = 0.000$ 6); thousand kernel weight had a significant positive correlation with amino acid content of sprouts ($r = 0.434$ 8, $P = 0.002$ 3), sprout length ($r = 0.531$ 3, $P = 0.000$ 1), and weight per sprout ($r = 0.473$ 5, $P = 0.000$ 8); and content of soluble protein of sprout had a significant negative correlation with content of amino acid of sprout ($r = -0.705$ 6, $P < 0.000$ 1). (3) For high sprout yield, the best provenance was Xunyang with an average of 1 g of seed producing 9.23 g of sprouts. The best provenances were Chengdu for high soluble protein content, Shijiazhuang for amino acid content, and Sui-

收稿日期: 2011-07-07; 修回日期: 2011-10-06

基金项目: 江苏省科技支撑项目(BE2010311); 江苏省林业三项工程项目(lysx[2010]45)

作者简介: 郝明灼, 讲师, 博士研究生, 从事森林培育和风景林改造研究。E-mail: hmz@njfu.edu.cn。通信作者: 彭方仁, 教授, 博士生导师, 从事森林培育和风景林改造研究。E-mail: frpeng@njfu.com.cn

ning for sprout vitamin C content. [Ch, 1 fig. 3 tab. 9 ref.]

Key words: forest tree breeding; *Toona sinensis*; seed testing; sprouting vegetable; nutritional components

香椿 *Toona sinensis* 芽菜和芽苗菜中富含多种抗氧化成分, 黄酮、蛋白质和维生素非常丰富, 清香宜人, 生拌熟炒腌制皆可, 深受群众喜爱^[1-3]。随着人们对反季节、无污染、绿色蔬菜产品的需求不断增加, 传统的露地栽培和大棚栽培的生产方式, 已不能满足市场需求, 而利用香椿种子直接萌芽形成幼嫩植株代替田间芽菜的生产方式不仅不受季节限制, 而且周期短, 见效快, 效益好。许多研究表明, 不同种源的香椿苗木和幼树生长存在显著差异^[4-5], 田间采摘的芽菜其感官品质及营养成分也存在显著差异^[6-7], 但目前国内外关于香椿芽苗菜生产的研究报道则相对较少, 种子材料差异对芽苗菜产量和品质的影响也未见报道。本研究对 8 个种源香椿种子的物理性状、芽苗菜的产量和营养成分进行了分析比较, 旨在为香椿芽苗菜的科学生产提供指导和依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为国内 8 个香椿产区的香椿种子, 分别来自山东泰安、河北石家庄、四川成都、四川达州、四川遂宁、陕西旬阳、河南栾川和河南卢氏。采种时间为 2009 年 10~11 月。种子采集时, 要求选取当地具有一定代表性的香椿林分, 选择 5~6 株生长健壮, 无病虫害, 树龄为 10~15 年生的母树, 从树冠外围和上部采种, 采后种子均匀混合。

1.2 试验方法

1.2.1 香椿种子物理性状测定 将种子放入纱布口袋中, 轻轻揉搓, 去翅处理后分别测定长、宽、千粒质量、含水量和发芽率等指标。种子长、宽精确到 0.01 mm, 千粒质量精确到 0.01 g。种子在 105 ℃恒温下烘干至恒量, 样品烘干后失去的质量占样品原始质量的百分比即为种子含水量。

1.2.2 香椿种子芽苗菜无土栽培方法 净种后, 先用 20 ℃左右的清水浸种 24 h, 再用 55 ℃的恒温蒸馏水浸种 24 h, 捞出后用湿纱布包好置于 25 ℃的恒温培养箱中催芽, 早晚各翻动 1 次, 适当补充纱布中的水分, 5 d 后待种子芽长为 1~2 mm 时移入育苗盘。育苗盘规格为 25 cm × 15 cm × 5 cm, 盘内垫一层白纸, 纸上平铺 2.5 cm 厚消毒好的珍珠岩, 每个育苗盘内均匀放入 12 g 催芽后的种子, 种子上面再覆盖 1.5 cm 厚的珍珠岩, 覆盖好后立即喷水并保持湿润, 期间温度保持在 20~22 ℃, 相对湿度 80%, 保持通风和光照。光照强度为 5 000 lx 左右, 2 d 喷水 1 次, 3 d 喷营养液 1 次。当芽苗菜长度达到 15~20 cm 左右时即可采收。本试验按以上处理方法重复做 3 次·种源⁻¹, 2010 年 2 月 12 日温水浸种, 2 月 13 日催芽, 2 月 17 日种子移入育苗盘, 3 月 6 日芽苗菜采收。

1.2.3 芽苗菜生长指标测定方法 随机抽取芽苗菜 30 株·种源⁻¹, 去根处理后测定芽长、平均单株鲜质量, 芽苗菜粗度以单株鲜质量与芽长的比值来衡量; 芽苗菜产率以每个育苗盘内全部芽苗菜的产量与香椿种子的投入量(均为 12 g)的比值表示, 测定重复 3 次·种源⁻¹。

1.2.4 芽苗菜营养成分分析方法 考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白质。2,6-二氯靛酚滴定法(GB 6195-1986)测定维生素 C。茚三酮比色法测定游离氨基酸。测定重复 3 次·种源⁻¹。

2 结果与分析

2.1 不同种源香椿种子的物理性状比较

表 1 可以看出: 不同种源香椿种子的长度、宽度、千粒质量存在 $P < 0.05$ 水平上的显著差异, 含水量和发芽率存在 $P < 0.01$ 水平上的极显著差异。其中种子个体形态最大的是河南卢氏种源, 其次是河南栾川和四川达州种源, 而山东泰安、陕西旬阳和河北石家庄种源的香椿种子形态相对较小; 香椿种子的含水量为 9.2%~12.1%, 千粒质量为 10.7~11.7 g, 种子发芽率为 73.3%~94.9%; 陕西旬阳、山东泰安、四川遂宁种源种子发芽率较高, 均在 90.0% 以上, 河南卢氏、河南栾川、河北石家庄、四川成都种源发芽率相对较低, 都在 80.0% 以下。

表1 不同种源香椿种子的物理性状和发芽率

Table 1 Seed physical properties and germination rate among different provenances of *Toona sinensis*

序号	种源	种子长度/mm	种子宽度/mm	含水量/%	千粒质量/g	发芽率/%
1	山东泰安	5.30 ± 0.05 b	3.51 ± 0.27 b	11.32 ± 0.48 a	11.72 ± 0.03 a	91.70 ± 1.18 ab
2	河北石家庄	5.44 ± 0.48 b	3.43 ± 0.36 b	9.36 ± 0.16 c	10.82 ± 0.10 b	77.85 ± 1.60 de
3	陕西旬阳	5.45 ± 0.12 b	3.30 ± 0.27 b	10.66 ± 0.34 ab	10.70 ± 0.06 b	93.89 ± 0.90 a
4	四川成都	5.48 ± 0.31 b	4.00 ± 0.03 a	10.71 ± 0.50 ab	10.86 ± 0.33 b	79.73 ± 0.55 d
5	四川达州	5.74 ± 0.16 ab	3.68 ± 0.42 ab	9.86 ± 0.59 bc	10.68 ± 0.65 b	88.33 ± 1.51 c
6	四川遂宁	5.48 ± 0.19 b	3.76 ± 0.18 ab	11.90 ± 0.16 a	10.97 ± 0.46 b	91.48 ± 1.08 b
7	河南栾川	5.77 ± 0.25 ab	3.71 ± 0.14 ab	10.85 ± 0.52 ab	10.82 ± 0.16 b	75.84 ± 2.10 ef
8	河南卢氏	6.06 ± 0.20 a	4.03 ± 0.08 a	9.46 ± 0.75 c	10.83 ± 0.07 b	73.64 ± 0.56 f
	平均值	5.59 ± 0.32	3.68 ± 0.32	10.44 ± 0.90	10.93 ± 0.41	84.06 ± 7.83
	F 值	2.90*	3.19*	5.25**	3.41*	119.4**

说明：表中同列数据后不同小写字母表示存在 0.05 水平上的显著差异。F 值右上角 * 表示 $P < 0.05$ ，** 表示 $P < 0.01$ 。

2.2 不同种源香椿芽苗菜的生产指标差异

表2 可以看出：不同种源香椿种子芽苗菜的芽长和产率均存在极显著差异($P < 0.01$)，单株鲜质量存在显著差异($P < 0.05$)。不同种源香椿种子芽苗菜的长度为 7.75~13.90 cm，单株鲜质量为 2.4~3.7 g。单位质量种子可生产芽苗菜 5.7~9.2 g·g⁻¹。陕西旬阳种源的种子芽苗菜产率最高，单位质量种子可生产 9.23 g·g⁻¹ 芽苗菜；而河南栾川种源产率最低，单位质量种子仅能生产 5.7 g·g⁻¹ 芽苗菜。

表2 不同种源香椿种子的芽苗菜生产指标比较

Table 2 Production index of sprouting vegetable among different provenances of *Toona sinensis*

序号	种源	芽长/cm	单株鲜质量/g	芽苗菜产率/(g·g ⁻¹)	产率排序
1	山东泰安	13.9 ± 0.70 a	3.69 ± 0.43 a	8.02 ± 0.43 bc	3
2	河北石家庄	8.79 ± 0.28 b	2.61 ± 0.01 b	6.66 ± 0.73 de	7
3	陕西旬阳	9.12 ± 0.25 b	2.40 ± 0.06 b	9.23 ± 0.22 a	1
4	四川成都	10.07 ± 2.31 b	2.91 ± 0.67 b	6.69 ± 0.66 de	6
5	四川达州	7.75 ± 1.55 b	2.96 ± 0.33 b	7.01 ± 0.50 dc	5
6	四川遂宁	9.20 ± 0.10 b	3.04 ± 0.30 b	8.95 ± 1.00 ab	2
7	河南栾川	12.53 ± 2.35 a	2.80 ± 0.45 b	5.70 ± 0.78 e	8
8	河南卢氏	13.41 ± 0.74 a	2.77 ± 0.15 b	7.74 ± 0.63 dc	4
	平均值	10.60 ± 2.50	2.90 ± 0.47	7.50 ± 1.28	
	F 值	9.10**	3.27*	10.22**	

说明：表中同列数据后不同小写字母表示存在 0.05 水平上的显著差异。F 值右上角 * 表示 $P < 0.05$ ，** 表示 $P < 0.01$ 。

2.3 不同种源香椿芽苗菜营养成分比较

不同种源香椿芽苗菜的可溶性蛋白质和游离氨基酸均存在 $P < 0.01$ 水平上的极显著差异($F_{\text{蛋白}}=5.39$, $F_{\text{氨基酸}}=5.0$)，维生素 C(V_c)质量分数存在 $P < 0.05$ 水平上的显著差异($F_{Vc}=2.96$)。不同种源间芽苗菜的可溶性蛋白质质量分数变异为 3.3~6.7 mg·g⁻¹，平均为 5.18 mg·g⁻¹；维生素 C 的变异为 0.60~0.97 mg·g⁻¹，平均为 0.83 mg·g⁻¹；游离氨基酸质量分数变异为 2.1~3.3 mg·g⁻¹，平均为 2.8 mg·g⁻¹。图 1-A 可以看出，芽苗菜中可溶性蛋白质质量分数最高的是成都种源，最低为石家庄种源。栾川、卢氏和遂宁 3 个种源的差异不显著，可溶性蛋白质质量分数略低于石家庄种源，略高于泰安和旬阳种源；种源内变异较大的有遂宁、成都和旬阳种源。图 1-B 可以看出，维生素 C 质量分数最高的是遂宁和泰安种源，其次是栾川、

达州、卢氏和旬阳种源, 最少的是石家庄和成都种源; 种源内变异较大的有遂宁和泰安种源。图 1-C 可以看出: 游离氨基酸质量分数最高的是石家庄和泰安种源, 其次是旬阳、成都、遂宁、栾川和卢氏种源, 最低的是达州种源; 种源内变异较大的有成都和栾川种源。

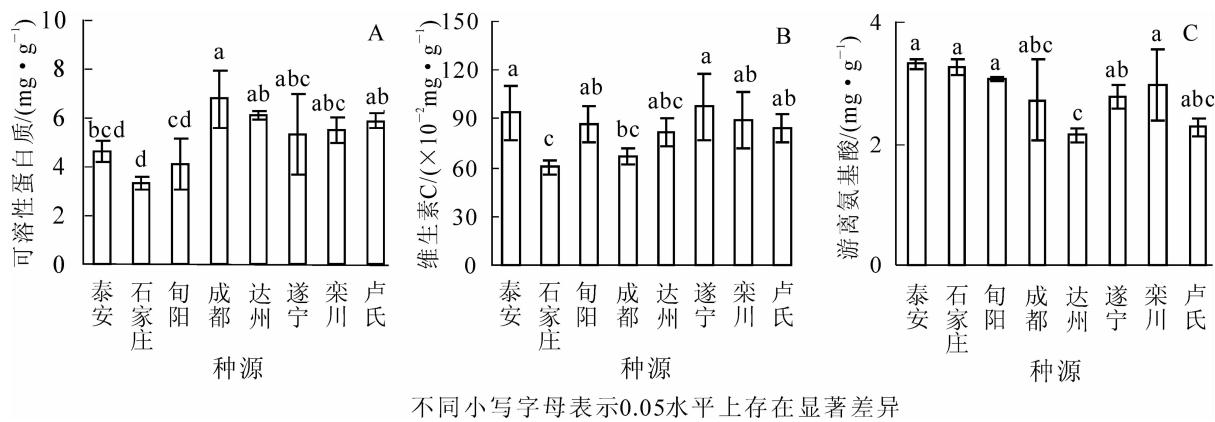


图 1 不同种源香椿芽苗菜可溶性蛋白质、维生素 C 和游离氨基酸比较

Figure 1 Content of soluble protein, vitamin C and amino acid of sprout among different provenances of *Toona sinensis*

2.4 香椿种子性状指标与芽苗菜指标相关分析

相关分析表明(表 3): 种子发芽率与种子含水量、芽苗菜维生素 C 质量分数、芽苗菜产率存在极显著的正相关关系; 种子千粒质量与芽苗菜氨基酸质量分数、芽苗菜长度、芽苗菜鲜质量存在极显著的正相关关系; 芽苗菜的维生素 C 质量分数与种子含水量、芽苗菜产率存在极显著的正相关关系, 与芽苗菜长度显著正相关; 芽苗菜的游离氨基酸质量分数与可溶性蛋白质质量分数存在极显著的负相关关系, 与芽苗菜长度显著正相关; 芽苗菜的可溶性蛋白质质量分数与芽苗菜鲜质量显著正相关; 芽苗菜长度与芽苗菜鲜质量显著正相关。

表 3 香椿种子性状指标与芽苗菜性状指标相关分析

Table 3 Correlation analysis between sprouting vegetable index and seed properties of *Toona sinensis*

指标	发芽率	千粒质量	种子含水量	维生素 C	氨基酸	可溶性蛋白质	芽苗菜产率	芽苗菜鲜质量
千粒质量	0.262 5							
种子含水量	0.517 8**	0.222 4						
维生素 C	0.480 9**	0.166 3	0.559 9**					
氨基酸	0.246 8	0.434 8**	0.310 9*	-0.042 2				
可溶性蛋白质	-0.216 2	-0.065 9	0.015 5	0.128 5	-0.705 6**			
芽苗菜产率	0.692 7**	0.037 1	0.268 1	0.491 5**	0.056 6	-0.2846		
芽苗菜鲜质量	0.124 7	0.473 6**	0.372 7**	0.269 2	-0.071 1	0.374 2**	-0.082 0	
芽苗菜芽长	-0.229 0	0.531 3**	0.258 8	0.295 0*	0.325 8*	0.010 5	-0.124 1	0.348 5*

说明: 数字右上角 * 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

目前, 国内从事香椿芽苗菜生产的企业和个人数量逐年增加, 而生产芽苗菜的种子品质往往存在差异, 种子发芽率低往往是导致生产失败的重要因素; 此外, 种源选择还关系到芽苗菜的产量和品质。

陈幼生等^[7]研究了不同环境温度对 11 个种源香椿种子发芽率的影响效果, 依据发芽时间、发芽率、根长、胚轴长度, 11 个香椿种源可分为 3 个类群, 不同类群间种子性状存在显著差异。本研究发现, 8 个种源香椿的种子性状确实存在显著差异。目前, 生产上普遍认为应优选大粒种子生产芽苗菜, 但实际

上, 大粒种子的发芽率却未必高。试验中河南卢氏种源的种子形态最大, 其芽苗菜产率在8个种源中排第4位, 而种子形态较小的陕西旬阳种源, 种子发芽率是所有种源中最高的, 其芽苗菜产率也是最高的。相关分析的结果也表明, 种子发芽率与芽苗菜产率、芽苗菜维生素C质量分数存在极显著的正相关关系, 因此, 从提高产率的角度出发, 建议生产用种应重点考虑种子的发芽率, 因为该指标对产率的影响最大。此外, 根据试验结果, 建议优先选择陕西旬阳、山东泰安和四川遂宁种源的种子, 单位质量种子生产的芽苗菜可达9.23, 8.95, 8.02 g·g⁻¹。

8个种源香椿芽苗菜的可溶性蛋白质、维生素C和游离氨基酸质量分数存在极显著差异, 但没有一个种源同时符合高蛋白、高维生素C和富含氨基酸的要求。试验中还发现芽苗菜的游离氨基酸质量分数与可溶性蛋白质质量分数存在极显著的负相关关系, 因此, 从提高芽苗菜的营养品质出发, 种源选择可分别予以考虑。本研究认为, 成都种源可溶性蛋白质质量分数较高, 遂宁和泰安种源维生素C较高, 石家庄和泰安种源游离氨基酸质量分数较高。

许慕农等^[8]分析了9个香椿品种5年生幼树田间苗木头茬芽的营养成分质量分数, 结果发现: 红香椿营养成分质量分数最高, 香椿芽菜的蛋白质为7.7~8.3 mg·g⁻¹, 维生素C为0.54~0.79 mg·g⁻¹。杨玉珍等^[9]研究了6个种源的香椿2年生播种苗不同采摘时期芽菜营养成分的变化规律, 依据测定结果, 南京地区4月上旬田间采摘的香椿芽菜游离氨基酸为1.3~3.5 mg·g⁻¹。根据本研究试验结果, 不同种源芽苗菜的可溶性蛋白质为3.3~6.7 mg·g⁻¹, 维生素C为0.60~0.97 mg·g⁻¹, 游离氨基酸为2.1~3.3 mg·g⁻¹。参照最佳种源的最高值, 香椿芽苗菜的可溶性蛋白质略低于田间生产的芽菜, 游离氨基酸与田间生产的芽菜差异不大, 而维生素C略高于田间生产的芽菜。

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, **19** (3): 3~6.
PENG Fangren, LIANG Youwang. Biological characteristics and utilization prospects of *Toona sinensis* [J]. *Chin For Sci & Technol*, 2005, **19** (3): 3~6.
- [2] HSEU Y C, CHANG W H, CHEN C S, et al. Antioxidant activities of *Toona sinensis* leaves extracts using different antioxidant models [J]. *Food & Chem Toxicol*, 2008, **46** (1): 105~114.
- [3] 毕丽君. 香椿嫩叶中黄酮类化合物的提取[J]. 浙江林学院学报, 2000, **17** (2): 28~31.
BI Lijun. Extracting flavonoid compounds from *Toona sinensis* leaves [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2000, **17** (2): 28~31.
- [4] 梁有旺, 彭方仁, 陈德平. 不同种源香椿苗期生长差异比较[J]. 林业科技开发, 2007, **21** (2): 38~41.
LIANG Youwang, PENG Fangren, CHEN Deping. The variations of seedling growth among provenances in *Toona sinensis* [J]. *Chin For Sci & Technol*, 2007, **21** (2): 38~41.
- [5] 孙鸿有, 王鹏飞, 方炳法, 等. 香椿地理变异与种源选择[J]. 浙江林学院学报, 1992, **9** (3): 237~245.
SUN Hongyou, WANG Pengfei, FANG Binfang, et al. Geographic variation and provenance selection of Chinese mahogany [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1992, **9** (3): 237~245.
- [6] 陈德根, 郝明灼, 梁有旺, 等. 不同种源香椿芽菜感官品质及营养成分分析[J]. 林业科技开发, 2011, **25** (3): 40~43.
CHEN Degen, HAO Mingzhuo, LIANG Youwang, et al. Analysis on sensory and nutritional dynamics among different provenances of *Toona sinensis* [J]. *Chin For Sci & Technol*, 2011, **25** (3): 40~43.
- [7] CHEN Yousheng, SZIKLAI O. Preliminary study on the germination of *Toona sinensis* (A. Juss.) roem. seed from eleven Chinese provenances [J]. *For Ecol Manage*, 1985, **10** (3): 269~281.
- [8] 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** (2): 137~143.
XU Munong, CHEN Xiangling, LI Desheng, et al. Study on bud nutrition of different *Toona sinensis* cultivars [J]. *J Shandong Agric Univ*, 1995, **26** (2): 137~143.
- [9] 杨玉珍, 彭方仁, 李洪岩. 不同种源香椿芽菜营养成分的变化研究[J]. 河南农业科学, 2007 (4): 16~20.
YANG Yuzhen, PENG Fangren, LI Hongyan. Changes of the nutritive compositions of *Toona sinensis* bud in different provenances [J]. *J Henan Agric Sci*, 2007 (4): 16~20.