

文章编号: 1001-1498(2010)06-0856-06

# 角倍单宁酸和没食子酸含量的比较及影响因子分析

吕翔, 杨子祥\*, 邵淑霞, 李杨

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南昆明 650224)

**摘要:** 采用皮粉法和高效液相色谱法分别测定了我国五倍子主产区 14 个产地角倍的单宁酸和没食子酸含量, 分析角倍单宁酸和没食子酸含量与倍子性状及环境因子间的相关性。结果表明: 14 个产地角倍的单宁酸含量为 61.59%~68.30%, 平均含量 64.49%; 没食子酸含量为 70.35%~77.61%, 平均含量 73.92%; 倍壁厚度为 1.55~2.01 mm, 倍子密度为 0.16~0.33 g·mL<sup>-1</sup>。方差分析表明不同产地角倍的单宁酸含量、没食子酸含量、倍壁厚度和倍子密度差异显著。相关分析结果: 单宁酸含量与没食子酸含量呈显著正相关, 单宁酸和没食子酸含量分别与 4—8 月的月均温呈显著负相关, 而与倍壁厚度、倍子密度及经纬度、海拔、湿度等环境因子相关性不显著, 表明温度是影响倍子质量的主要环境因子。聚类分析将 14 个产地的角倍分为 3 类, 分别代表了优良、中等和一般的类群。

**关键词:** 角倍; 单宁酸; 没食子酸; 产地; 环境因子

中图分类号: S899.4

文献标识码: A

## Comparative Analysis of the Tannin and Gallic Acid Contents of Chinese Gallnut and the Influencing Factors

LV Xiang, YANG Zi-xiang, SHAO Shu-xia, LI Yang

(Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Breeding and Utilization of Resource Insects of State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China)

**Abstract:** The contents of tannin and gallic acid of 14 Chinese gallnut samples from different producing areas were determined by hide powder method and high performance liquid chromatography, respectively. The results showed that the tannin contents ranged from 61.59% to 68.30% and the mean content was 64.49%. Gallic acid content ranged from 70.35% to 77.61% and the mean content was 73.92%. The wall thickness of galls ranged from 1.55 to 2.01 mm, and density ranged from 0.16 to 0.33 g·mL<sup>-1</sup>. Correlation analysis indicated that the tannin contents had a positive significant correlation with the gallic acid contents, but the tannin and gallic acid contents had no significant correlations with the wall thickness and density, respectively. Meanwhile, both of the tannin and gallic acid content had a negative significant correlation with mean month temperatures of April to August and had no significant correlations with the relative humidity, precipitation, and sunshine duration respectively. It is suggested that temperature was an important factor affecting the quality of Chinese gallnut. The cluster analysis showed that 14 Chinese gallnut samples could be divided into 3 quality groups which stood for excellent, moderate and common categories.

**Key word:** Chinese gallnut; tannin; gallic acid; producing area; environmental factor

五倍子是瘿绵蚜科(Pemphigidae)的一些蚜虫, 寄生在漆树科盐肤木属植物叶片上所形成的虫瘿, 是我国传统的林特产品<sup>[1]</sup>。五倍子的主要成分为五倍子单宁, 是生产单宁酸、没食子酸和焦性没食子酸

收稿日期: 2010-08-19

基金项目: 国家农业科技成果转化项目“五倍子人工培育技术示范”2008GB24320415、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 Riri200701Z 资助

作者简介: 吕翔(1985—), 女, 贵州贵阳人, 硕士研究生。

\* 通讯作者。

的主要原料,广泛应用于医药、化工、印染、食品、矿冶和石油等行业<sup>[2]</sup>。

我国的五倍子可分为14种,其中由角倍蚜(*Schlechtendalia chinensis* Bell)寄生在盐肤木(*Rhus chinensis* Mill.)上所形成的角倍<sup>[3-4]</sup>,分布面广、数量最多,其产量约占五倍子总产量的80%,在生产上起着决定性的作用<sup>[5]</sup>。角倍分布于东亚,主产中国,以贵州、四川、云南、湖北、湖南和重庆为主要分布区<sup>[6-7]</sup>。不同产地角倍的单宁酸、没食子酸含量和性状特征等存在着明显差异<sup>[2,8-9]</sup>,但前人的研究由于采样范围较小,或测定方法不同,可比性较差。本研究采集了我国五倍子主产区的角倍,测定单宁酸、没食子酸含量、倍壁厚度和密度,分析单宁酸、没食子酸含量、性状特征及其与环境因子的相关性,旨

在比较和评价不同产地角倍的质量,探究影响角倍单宁酸和没食子酸含量的环境因子,为完善角倍质量评价标准、角倍品种选育和角倍蚜引种提供依据。

## 1 材料与试剂

### 1.1 材料

角倍样品于2009年9月下旬至10月上旬采自我国五倍子主产区7省市14个产地(表1)。在田间采集成熟但尚未裂口的倍子,用封口袋密封,带回室内测量性状特征,然后烘干、冷却、粉碎后过60目筛,置阴凉干燥处密封保存备用。

角倍引种试验材料为早春季节从原产地峨眉引种春迁蚜到盐津、绥阳和永定,通过挂放性蚜的方法,让倍蚜虫自然上树形成倍子。

表1 各产地的基本情况

产地	经度/(°)	纬度/(°)	海拔/m	月均温/						4—9月均温/	年均温/度/	年均湿度/%	年均降水量/mm	年均光照时数/h	
				4月	5月	6月	7月	8月	9月						
云南	盐津	28.10	104.38	980	17.4	20.8	23.1	25.4	25.0	21.2	22.2	16.6	80.9	1 213	992
贵州	绥阳	28.40	107.08	1 150	14.4	18.1	20.8	23.5	23.2	19.5	19.9	14.0	79.7	1 154	1 035
	湄潭	27.72	107.55	1 000	15.8	19.7	22.6	25.0	24.5	21.1	21.5	15.4	78.7	1 151	1 035
	台江	26.65	108.32	670	17.0	20.7	23.6	25.4	25.1	22.0	22.3	16.3	77.0	1 397	1 111
	印江	27.85	108.47	700	16.4	20.2	23.2	25.5	25.3	21.8	22.1	15.9	81.5	1 191	1 218
四川	万源	32.18	107.70	560	14.8	18.7	22.1	24.4	24.6	19.6	20.7	14.3	72.2	1 181	1 369
	峨眉	29.60	103.40	1 010	15.7	19.3	21.5	23.6	23.4	19.8	20.6	15.1	80.8	1 447	1 050
湖南	永定	29.17	110.28	705	16.4	20.5	23.6	26.4	26.3	22.4	22.6	16.1	78.4	1 462	1 608
	桑植	29.65	110.17	550	16.5	20.5	23.7	26.4	26.5	22.4	22.7	16.3	80.8	1 484	1 222
	古丈	29.58	109.97	620	16.3	20.2	23.5	26.2	26.2	22.1	22.4	16.0	79.2	1 639	1 532
湖北	竹山	32.18	110.30	490	16.0	20.1	23.6	26.4	26.0	21.1	22.2	15.4	75.2	881	1 720
	五峰	30.17	110.87	980	13.9	17.6	20.8	23.7	23.3	19.2	19.8	13.2	75.0	1 456	1 506
陕西	西乡	32.95	107.52	550	15.8	19.9	23.6	25.9	25.6	20.6	21.9	15.1	79.2	872	1 533
重庆	酉阳	28.83	108.77	700	14.8	18.9	22.2	24.8	24.6	20.8	21.0	14.8	79.4	1 415	1 081

注:各产地的温度、湿度、降水量和光照时数来源于1970—2002年全国各气象站点数据。

### 1.2 试验仪器、药品及试剂

十万分之一电子天平,高效液相色谱仪(HP-1200,美国安捷伦公司),恒温水浴锅,振荡器,真空泵,游标卡尺,远红外干燥箱,超声清洗机,超纯水系统,平底蒸发皿,其他玻璃器皿。经过改装的卜氏浸提器<sup>[8]</sup>。纱布,滤布,滤纸等。

铬皮粉:略带灰蓝色羊绒状粉末,符合标准LY/T 1639-2005-1。高岭土(分析纯),没食子酸对照品(含量99.5%,中国林科院南京林化所),甲醇(色谱纯),磷酸(分析纯),明胶(化学纯),氯化钠,重蒸水。

## 2 方法

### 2.1 角倍性状特征的测定

随机选取各产地的新鲜角倍,用排水法测量倍子的体积;剖开倍子,用游标卡尺测量角倍不同部位

的壁厚,每个倍子测量3个有代表性的部位,取平均值。将样品烘干(105℃,10 min;65℃,72 h)后称量干质量,用干质量除以体积,得到倍子的密度。每个产地测量40个倍子,取平均值。

### 2.2 角倍单宁酸、没食子酸的提取和测定

采用皮粉法测定样品的单宁酸含量<sup>[10-11]</sup>,包括角倍水分的测定、单宁酸的提取和测定等步骤。HPLC法测定没食子酸含量<sup>[12]</sup>,色谱柱为Eclipse XDB-C<sub>18</sub>(4.6 mm×150 mm,5 μm),以甲醇-0.1%磷酸(15:85)为流动相,流速0.6 mL·min<sup>-1</sup>,检测波长273 nm,柱温30℃,进样量2 μL。

2.2.1 没食子酸对照品和供试品溶液的制备 精密称取没食子酸对照品500.0 mg,用50%甲醇定容至50 mL,溶解,得到浓度10.0 mg·mL<sup>-1</sup>的没食子

酸对照品溶液。

取角倍粉末(过 4 号筛)约 0.2 g 于 250 mL 具塞三角瓶中,精密加入  $4 \text{ mol} \cdot \text{mL}^{-1}$  盐酸溶液 20 mL,95 水浴中加热水解 3.5 h,冷却,过滤。精密量取续滤液 0.5 mL 于 10 mL 容量瓶中,加 50% 甲醇至刻度,摇匀即得供试品溶液。

2.2.2 标准曲线绘制 精密量取对照品溶液  $10.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,分别稀释成 200、300、400、600、700、800  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  的溶液,以峰面积  $A$  为纵坐标,样品浓度  $C$  ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) 为横坐标,绘制标准曲线。计算得回归方程为:  $A = 26.337C - 58.874$ ,  $r = 0.9998$ 。

2.2.3 方法学考察 精密度试验,对照品溶液连续进样 6 次,测定没食子酸峰面积,求得相对标准偏差  $RSD = 0.22\%$ 。重复性试验,精密称取角倍样品粉末(永定)6 份,在上述色谱条件进行测定,分别求出其含量,计算,平均含量为 74.36%,  $RSD = 1.38\%$ 。稳定性试验,对照品溶液分别于 0、4、8、12、16 h 进

行测定,计算其  $RSD = 0.18\%$ ,结果表明没食子酸至少在 16 h 内稳定。

### 2.3 数据统计与分析

数据分析采用 SPSS 13.0 统计分析软件。方差分析采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和 S-N-K 多重比较。单宁酸和没食子酸含量的相关性分析采用简单相关分析。聚类分析选择与倍子质量密切相关的 4 个测量指标:单宁酸含量、没食子酸含量、倍壁厚度和密度,先进行标准化处理,消除量纲不同的差异;采用分层聚类法(Hierarchical Cluster)进行分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 角倍的单宁酸和没食子酸含量及性状特征分析

各产地角倍的单宁酸、没食子酸含量和性状特征见表 2。

表 2 各产地角倍单宁酸、没食子酸含量和性状特征

产地	单宁酸含量 /% ( $n=3$ )	没食子酸含量 /% ( $n=5$ )	倍壁厚度 /mm ( $n=20$ )	密度 /( $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) ( $n=20$ )
盐津	62.67 ± 0.30 a	70.35 ± 0.41 a	1.62 ± 0.18 ab	0.20 ± 0.05 b
绥阳	66.55 ± 0.58 c	74.94 ± 1.01 bc	1.65 ± 0.22 abc	0.27 ± 0.09 cd
湄潭	64.73 ± 0.47 b	74.62 ± 0.21 bc	1.67 ± 0.20 abc	0.22 ± 0.05 bc
台江	64.44 ± 1.09 b	73.68 ± 0.48 b	1.63 ± 0.17 abc	0.30 ± 0.08 d
印江	61.59 ± 0.36 a	71.56 ± 0.83 a	1.87 ± 0.32 cd	0.33 ± 0.08 d
万源	67.43 ± 0.22 cd	77.61 ± 0.79 e	1.79 ± 0.20 bc	0.27 ± 0.07 cd
峨眉	67.67 ± 0.02 cd	77.08 ± 0.52 de	2.01 ± 0.22 d	0.15 ± 0.04 a
永定	64.72 ± 0.73 b	74.27 ± 1.04 bc	1.85 ± 0.22 bcd	0.26 ± 0.07 bcd
桑植	63.75 ± 0.27 b	73.66 ± 0.56 b	1.85 ± 0.17 bcd	0.27 ± 0.05 cd
古丈	62.55 ± 0.32 a	72.07 ± 0.79 a	1.54 ± 0.20 a	0.27 ± 0.05 cd
竹山	61.72 ± 1.22 a	70.65 ± 0.33 a	1.70 ± 0.09 abc	0.23 ± 0.08 bcd
五峰	65.11 ± 0.35 b	75.86 ± 1.07 cd	1.70 ± 0.22 ab	0.29 ± 0.08 c
西乡	61.64 ± 0.14 a	71.42 ± 0.56 a	1.69 ± 0.13 abc	0.30 ± 0.07 d
酉阳	68.30 ± 0.62 d	77.16 ± 0.57 de	1.84 ± 0.12 bcd	0.26 ± 0.02 bcd
(平均)	64.49 ± 2.31	73.92 ± 2.34	1.74 ± 0.13	0.26 ± 0.05

注:平均值 ± 标准差,同列中有相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

同一产地角倍的单宁酸含量差异较小,14 个产地中有 12 个的差异小于 1%,只有台江和竹山的差异超过 1%,分别为 1.09% 和 1.22%。单因素方差分析结果:不同产地间的单宁酸含量差异极显著,  $F = 47.36$  ( $P < 0.01$ ),变异范围为 61.59% ~ 68.30%,平均含量为 64.49%,其中贵州印江的含量最低,重庆酉阳的含量最高,两地含量相差 6.71%。各产地单宁酸含量从低到高依次为:印江 < 西乡 < 竹山 < 古丈 < 盐津 < 桑植 < 台江 < 永定 < 湄潭 < 五峰 < 绥阳 < 万源 < 峨眉 < 酉阳。

没食子酸的色谱图见图 1,其含量与单宁酸含

量具有相似的变化特点,同一产地的含量差异较小,14 个产地中有 11 个的差异小于 1%,而绥阳、永定和五峰的差异超过 1%,分别为 1.01%、1.04% 和 1.07%。单因素方差分析结果:不同产地间的没食子酸含量差异极显著,  $F = 33.73$  ( $P < 0.01$ ),变异范围为 70.35% ~ 77.61%,平均含量为 73.92%,其中云南盐津的含量最低,四川万源的含量最高,两地含量相差 7.26%。各产地没食子酸含量从低到高依次为:盐津 < 竹山 < 西乡 < 印江 < 古丈 < 桑植 < 台江 < 永定 < 湄潭 < 绥阳 < 五峰 < 峨眉 < 酉阳 < 万源。

总体来看,分布于角倍主产区核心地带如四川

盆地的万源、峨眉和酉阳的种群单宁酸、没食子酸含量较高,而分布于边缘地带的种群如盐津、竹山和西乡的含量较低。从变异范围看,本研究所测定的单

宁酸含量变异范围较前人测定的 65.3%~67.90% 大<sup>[2]</sup>,没食子酸的变异范围远高于韩双等<sup>[8]</sup>测定的 51.43%~60.25%。

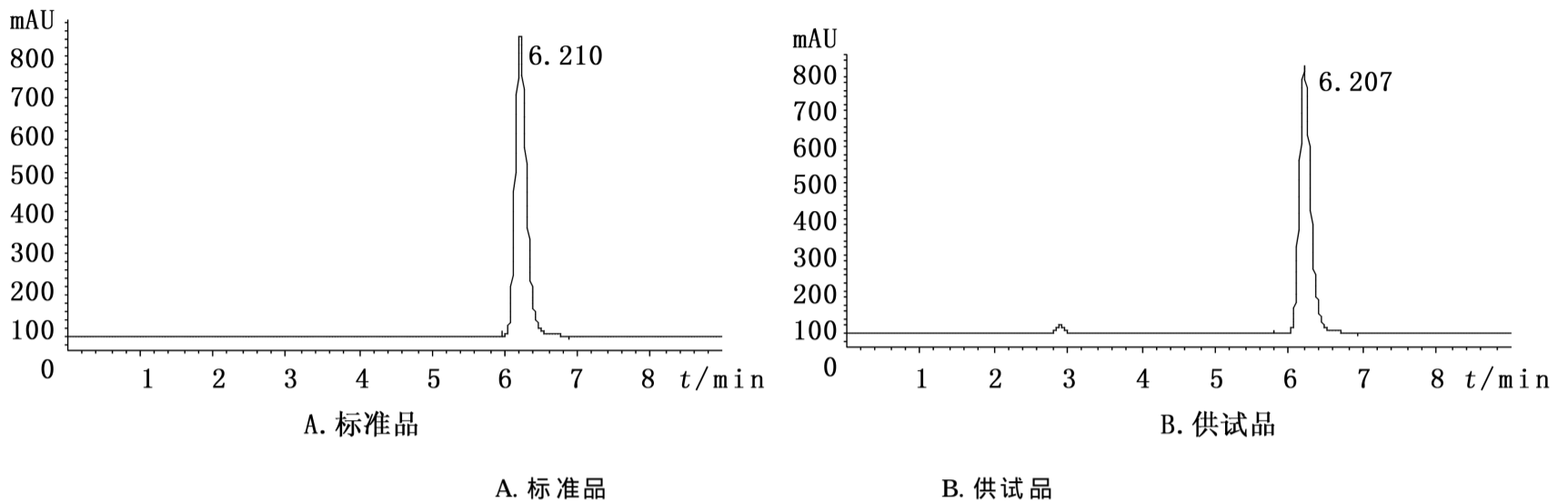


图1 角倍没食子酸 HPLC 图谱

不同产地角倍倍壁厚度变异较大,变异范围为 1.55~2.01 mm,平均厚度为 1.74 mm。单因素方差分析表明:不同产地间的倍壁厚度差异极显著, $F=10.64(P<0.01)$ 。除峨眉的倍壁厚度为 2.01 mm 外,其他 13 个产地的倍壁厚度均小于 2 mm。

不同产地的倍子密度变异较大,变异范围为 0.16~0.33 g·mL<sup>-1</sup>,平均密度为 0.26 g·mL<sup>-1</sup>。单因素方差分析结果:不同产地间的倍子密度差异极显著, $F=16.35(P<0.01)$ 。

进一步对各产地的单宁酸含量、没食子酸含量、倍壁厚度和倍子密度进行多重比较分析,结果见表 2,同一列中用相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著。

### 3.2 聚类分析

聚类分析结果,14 个产地的角倍被分为 3 类:

第 1 类为峨眉、万源和酉阳,均位于角倍主产区核心地带的四川盆地。倍子单宁酸、没食子酸含量均高于平均值,分别在 67.43%~68.30% 和 77.08%~77.61% 之间,单宁酸含量超过角倍 1 级标准约 4%;倍壁厚度均高于平均值,倍子密度较低或中等,为优良的角倍类群。其中峨眉的倍壁厚度最大,为 2.01 mm,密度最小,为 0.15 g·mL<sup>-1</sup>。

第 2 类为印江、西乡、古丈、竹山和盐津,除古丈外,其余 4 个产地均位于角倍主产区的边缘地带。倍子单宁酸、没食子酸含量均低于平均值,分别在 61.59%~62.67% 和 70.35%~71.56% 之间,单宁酸含量达到角倍 2 级标准;倍壁厚度中等,倍子密度较高或中等。代表了一般的角倍类群。

第 3 类为湄潭、台江、五峰、绥阳、桑植和永定,倍子单宁酸、没食子酸含量在平均值附近,其中湄潭、五峰、绥阳和永定高于平均值,但台江和桑植的略低于平均值;倍壁厚度中等,倍子密度有高有低。代表了中等的角倍类群。

### 3.3 角倍单宁酸和没食子酸含量与性状特征的相关性分析

相关性分析结果见表 3:单宁酸含量与没食子酸含量呈显著正相关。五倍子单宁是由没食子酸与葡萄糖组成的酯,因而没食子酸与单宁酸含量呈极显著相关。单宁酸和没食子酸含量与倍壁厚度、倍子密度的相关性均不显著。

表 3 角倍单宁酸含量、没食子酸含量、密度和倍壁厚度的相关性分析

指标	单宁酸含量	没食子酸含量	倍壁厚度	密度
单宁酸含量	1			
没食子酸含量	0.948**	1		
倍壁厚度	0.413	0.473	1	
倍子密度	-0.318	-0.173	-0.239	1

注:\*\*表示相关性显著( $P<0.01$ )。

### 3.4 角倍单宁酸和没食子酸含量与环境因子的相关性分析

对不同产地角倍的单宁酸含量、没食子酸含量与环境因子进行相关性分析,结果表明单宁酸、没食子酸与经纬度、海拔相关性不显著。为探讨角倍单宁酸和没食子酸含量与气候因子间的关系,作者根据全国各气象站点 33 年(1970—2002 年)的基础数据,通过内插法计算出各产地 1—12 月月均温、年均温、年相对湿度、年均降水量和光照时数。相关分析

结果(表4)表明:单宁酸含量与4—8月的月均温呈显著负相关,与其他月份的月均温、年均温、年均湿度、降水量和光照时数的相关性不显著。没食子酸含量与4—8月的月均温和年均温分别呈显著负相

关,与其他月份的月均温、年均温、年均湿度、降水量和光照时数的相关性不显著。可见产地的温度,尤其是虫瘿生长期的温度是影响角倍单宁酸、没食子酸含量的主要因子。

表4 单宁酸、没食子酸含量与气候因子的相关性分析

指标	4月 月均温	5月 月均温	6月 月均温	7月 月均温	8月 月均温	9月 月均温	4—9月 月均温	年均温	年均相对 湿度	年均 降水量	年均光照 时数
单宁酸含量	-0.588*	-0.613*	-0.688**	-0.708**	-0.631*	-0.528	-0.671**	-0.513	-0.203	0.351	-0.429
没食子酸含量	-0.666**	-0.668**	-0.674**	-0.681**	-0.591*	-0.528	-0.677**	-0.594*	-0.311	0.387	-0.277

注: \* 表示相关性显著( $P < 0.05$ ), \*\* 表示相关性极显著( $P < 0.01$ )

### 3.5 引种角倍与原产地的单宁酸和没食子酸含量比较

峨眉角倍的单宁酸含量为67.67%,引种到盐津、绥阳和永定后的含量分别为59.93%、65.71%、67.59%。单因素方差分析表明:引种地与原产地单宁酸含量差异极显著, $F=67.70(P < 0.01)$ ;多重比较结果:盐津和绥阳引种种群比原产地显著下降,永定引种种群与原产地差异不显著。与本地种群相比,盐津引种种群比当地种群低,永定引种种群比当地种群

高,绥阳引种种群与当地种群差异不显著(图2)。

峨眉角倍的没食子酸含量为77.08%,引种到盐津、绥阳和永定后的含量分别为71.15%、74.23%、77.05%,单因素方差分析结果:引种地与原产地没食子酸含量差异极显著, $F=43.25(P < 0.01)$ ;多重比较结果:盐津、绥阳引种种群比原产地显著下降,永定引种种群与原产地差异不显著。与本地种群相比,永定引种种群比当地种群高,盐津和绥阳引种种群与当地种群差异不显著(图2)。

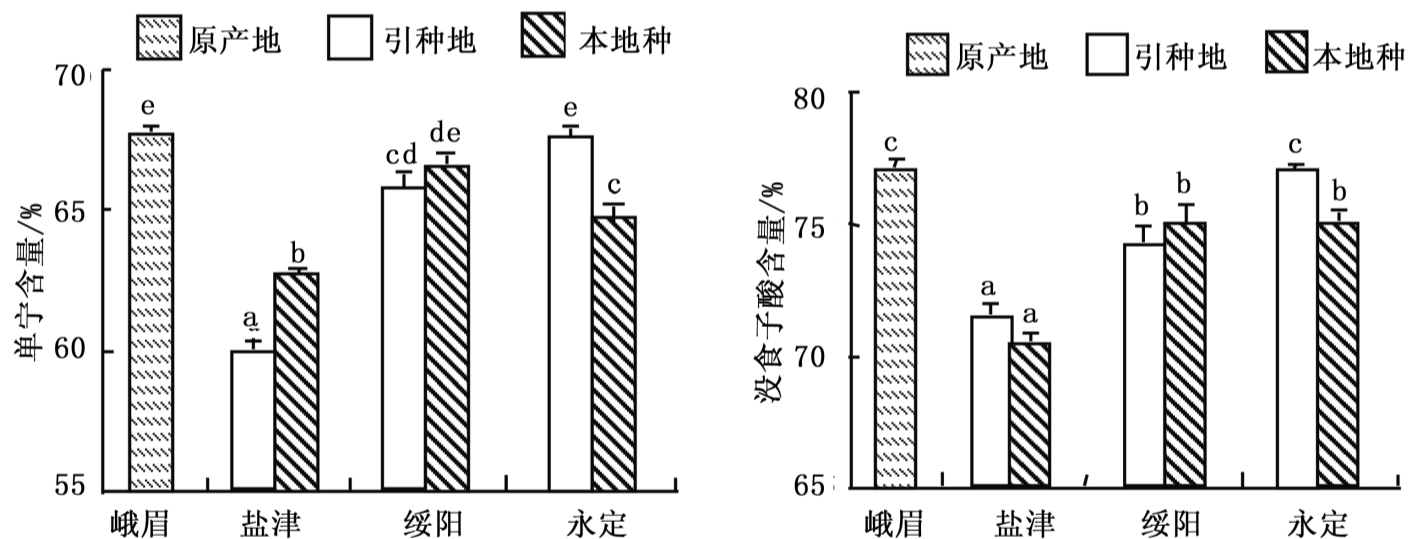


图2 引种角倍与原产地及本地种的单宁酸含量( $n=3$ )、没食子酸含量( $n=5$ )比较

## 4 结论与讨论

(1) 五倍子质量指标一般包括单宁酸含量、总颜色、个体数和水分含量,其中单宁酸含量是最关键的指标,它表示原料的使用价值<sup>[2,11]</sup>。不同种类的五倍子,其单宁酸含量差异较大,如角倍为65.3%~67.9%、肚倍为69.0%~72.4%、倍花为33.9%~38.5%<sup>[2]</sup>,可见倍蚜虫是影响单宁酸含量的主要因子。角倍单宁酸含量在不同产地间差异显著,表明环境因子也是影响单宁酸含量的重要因子。五倍子质量标准规定角倍单宁酸含量大于64%为1级、大于60%为2级<sup>[11]</sup>,本研究所采集的14个产地角倍的单宁酸含量范围为61.58%~68.29%,全部达到

了角倍2级标准,其中有8个产地的角倍达到了1级标准;这14个产地角倍的单宁酸含量较前人报道的变异范围大,除了测定方法和倍子成熟程度的差异外,另一个原因可能是采样的范围广,环境差异更大所致。

(2) 五倍子是倍蚜虫与寄主植物在漫长的进化过程中,对生态环境长期适应的结果<sup>[13]</sup>,单宁酸和没食子酸含量作为倍子的主要特征之一,必然会受到环境因子的影响<sup>[14-15]</sup>。角倍的单宁酸含量、没食子酸含量与4—8月的月均温呈显著负相关,这正好与倍子的生长发育时期相吻合;9月虽然倍子仍在生长,但单宁酸、没食子酸含量已经变化不大,这可能是与9月均温相关性不显著的原因。产地的温度

影响了寄主树生长和蚜虫的生长繁殖,从而影响虫瘿单宁酸、没食子酸的累积。同时,虫瘿的形成成为倍蚜虫的生长繁殖提供了相对稳定的小生境,瘿内蚜虫对湿度、降水量和光照的变化不敏感,这可能是倍子单宁酸、没食子酸含量与湿度、降水量和光照时数相关性不显著的原因。

本研究的14个产地虽然地理位置、经纬度和海拔高度的差异较大,但都位于五倍子主产区,具有气候温和、雨量充沛、湿度大等气候特点,属于角倍生长的适宜区域,这可能是各产地角倍的单宁酸、没食子酸含量与经纬度、海拔高度相关性不显著的原因。虽然产地的湿度和降水量对角倍的单宁酸和没食子酸含量的影响不明显,但湿度和降水量会影响倍蚜的越冬世代的成活率,从而影响角倍的产量。当然,影响角倍单宁酸、没食子酸含量的因子非常复杂,除温度外,土壤和寄主植物长势也是可能的影响因子,各种环境因子间还存在着相互关联和相互影响,综合研究环境因子对角倍质量和产量的影响将是今后的研究重点。

(3) 随着五倍子人工培育技术的发展,五倍子生产正在从传统的野生野长、人为采收向人工辅助培育方式转变<sup>[16-17]</sup>。在倍蚜引种和人工培育过程中,利用各地的生态环境和倍蚜种群的多样性,从单宁酸含量较高的地方引种,选择温度较低的小生境建立五倍子培育基地,有助于培育单宁酸和没食子酸含量高、性状特征优良的倍子。

#### 参考文献:

- [1] 张广学,钟铁森. 中国经济昆虫志,第25册,同翅目,蚜虫类(一)[M]. 北京:科学出版社,1983:78-80
- [2] 张宗和. 五倍子加工及利用[M]. 北京:中国林业出版社,1987:1-301
- [3] 唐觉,蔡邦华. 贵州湄潭五倍子的研究[J]. 昆虫学报,1957,7(1):131-140
- [4] 张广学,乔格侠,钟铁森,等. 中国动物志(昆虫纲14卷,同翅目,蚜科,瘿绵蚜科)[M]. 北京:科学出版社,1999:256-272
- [5] 邱明生,赵志模. 角倍蚜秋季迁飞和生殖能力的研究[J]. 西南农业大学学报,1995,17(1):39-41
- [6] 赖永祺. 五倍子丰产技术[M]. 北京:中国林业出版社,1987:1-19
- [7] 李志国,杨文云,夏定久. 中国五倍子研究现状[J]. 林业科学研究,2003,16(6):760-767
- [8] 韩双,席先蓉,黄平. 贵州不同地区五倍子中没食子酸含量测定与品质评价[J]. 中国中医药信息杂志,2009,16(5):52-53
- [9] 张燕平,郑兴峰,杨力真,等. 角倍及盐肤木叶片形态构造解剖分析[J]. 南京林业大学学报,2001,25(6):6-11
- [10] 包松莲,李志国,张建云. 苏木科云实属植物塔拉单宁分析方法研究[J]. 西南农业学报,2007,20(4):782-786
- [11] 夏定久,袁佩华,徐春贵,等. 国家标准局. 中华人民共和国国家标准-五倍子,GB5848-86[M]. 北京:中国标准出版社,1986
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [13] Moran N A. A 48-million-year-old aphid-host plant association and complex life cycle: biogeographic evidence[J]. Science, 1989, 245:173-175
- [14] 唐觉. 五倍子及其繁殖增产的途径[J]. 昆虫学报,1976,19(3):282-296
- [15] 邱明生,赵志模,徐学勤,等. 角倍蚜与寄主间营养关系的研究[J]. 西南农业大学学报,1996,18(6):613-618
- [16] 张燕平,赖永祺,李坚强,等. 角倍蚜虫袋挂放方法与结倍效果[J]. 林业科学研究,1996,9(4):388-393
- [17] 王家玉. 五倍子的人工培育技术[J]. 生物学通报,1993,28(9):44-45