

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.03.007

# 不同苗龄楸树叶片营养成分的季节性变化<sup>①</sup>

华雅洁, 胡甜甜, 王良桂, 杨秀莲

南京林业大学 风景园林学院, 南京 210037

**摘要:**以楸树优良无性系杂楸 1 号和杂楸 3 号的 1 年生、2 年生和 3 年生苗龄的幼苗作为供试对象, 测定不同季节叶片含水率、维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、氨基酸以及次生代谢物黄酮、蒽醌类化合物的含量, 对不同苗龄楸树在不同季节叶片营养成分进行综合评价。结果表明: 8 月的 2 年生和 3 年生杂楸 1 号、8 月的 3 年生杂楸 3 号和 10 月的 2 年生杂楸 3 号具有高产量、高含糖量、富含维生素 C 等优点, 综合评价最高, 可进行饲用营养研究。建议采摘 2 年生和 3 年生苗龄的楸树叶片, 采摘时间为 8 月前。

**关键词:**楸树; 叶片生理; 营养评价; 饲用价值; 采收时间

**中图分类号:** S792.99

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2019)03-0049-09

楸树(*Catalpa bungei*)为紫葳科梓属植物, 落叶乔木。自古以来, 楸树就是我国劳动人民生产和生活中的重要树种。据苏轼《格致粗谈》记载, “桐梓二树, 花叶饲猪, 立即肥大, 且易养”<sup>[1]</sup>, 这说明古代劳动人民已使用楸树叶片饲养牲畜。同时, 楸树具有发达的根系, 抗风及抗逆性强, 既能防风固沙, 又能耐寒抗旱和在轻度盐碱与微酸性土壤中正常生长, 还对 SO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub> 等有毒气体有较强抗性<sup>[2]</sup>, 是一种集饲料、观赏、用材和绿化等于一身的优良树种。

目前, 对楸树叶片的综合研究还较初步, 对楸叶的分析仅限于叶片性状<sup>[3-4]</sup>、光合特性<sup>[5-6]</sup>、营养元素<sup>[7-8]</sup>、活性成分<sup>[9-10]</sup>等方面, 而叶片营养成分的季节变化以及与树龄的关系还缺乏详细研究。植物叶片中的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 和氨基酸含量等决定饲料叶片的营养价值, 粗灰分和粗脂肪含量也是其重要的评价指标<sup>[11]</sup>。本试验以杂楸 1 号、杂楸 3 号幼苗为试材, 研究不同苗龄叶片营养成分的季节性变化, 旨在为楸树良种选育、叶片的营养评价和采收时间提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验材料为楸树优良无性系杂楸 1 号(*Catalpa bungei* clone1)和杂楸 3 号(*Catalpa bungei* clone3)1 年生、2 年生和 3 年生幼苗。试验地点为位于河南省偃师市顾县镇的金楸林业发展有限公司的楸树苗木基地。采用单因素随机区组试验设计, 不同无性系不同苗龄楸树随机选择其中 667 m<sup>2</sup> 为一个小区, 共 6 个小区, 每小区选取 5 株作为测量标准株, 并做好标记。生长指标测定和采样分别于 2015 年 6 月 24 日、8 月 25 日、10 月 15 日在楸树基地进行。每次采样均选取与标准株长势相似的 5 株楸树, 分别采取上部以及中部的东、南、西、北 4 个方向长势均等的叶片各 2 枚混装于自封袋, 置于含足量干冰的冰盒中带回南京, 保存于

① 收稿日期: 2018-03-06

基金项目: 国家林业局公益性行业科研专项(201409107); 南京林业大学江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A063)。

作者简介: 华雅洁(1994-), 女, 硕士研究生, 主要从事园林植物遗传育种研究。

通信作者: 杨秀莲, 副教授, 博士。

实验室-80 ℃冰箱中待用.

## 1.2 方法

叶片含水率的测定采用直接干燥法<sup>[12]</sup>; 维生素 C 测定采用亚甲蓝法<sup>[13]</sup>; 可溶性蛋白测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[14]</sup>; 氨基酸测定采用 OPA-FMOC 柱前衍生法<sup>[15]</sup>; 粗脂肪测定采用国标 GB/T5009.6—2003 方法; 粗灰分测定采用国标 GB/T6438—2007 方法; 粗纤维测定采用国标 GB/T5009.10—2003 方法; 蒽醌类化合物测定采用超声提取—分光光度法<sup>[16]</sup>; 黄酮类化合物参照张成等的方法<sup>[17]</sup>测定. 其中蒽醌类化合物和黄酮类化合物的测定是采用叶片的干质量, 其他指标是针对叶片的鲜质量进行测定. 每次取样每项指标重复测定 3 次.

采用 SPSS 18.0、Excel 2010 软件对试验数据进行统计和作图. 通过主成分分析对楸树叶片饲用价值进行评价, 提取  $m$  个主成分, 以各主成分对应的方差相对贡献率作为权重, 由主成分得分和对应的权重线性加权求和, 构建叶片饲用价值的评价函数.

$$C_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k} \quad H_i = \sum_{k=1}^m C_k Z_{ik}$$

式中:  $C_k$  为第  $k$  个主成分的方差相对贡献率;  $\lambda_k$  为第  $k$  个主成分的特征值;  $m$  为提取的主成分个数;  $Z_{ik}$  为第  $i$  个采样时间第  $k$  个主成分得分;  $H_i$  为价值的评价函数, 其值表示第  $i$  个采样时间的总主成分得分<sup>[18]</sup>.

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片含水率

由不同苗龄杂楸 1 号、杂楸 3 号的叶片含水率的测定结果(图 1)可知, 在不同月份(6—10 月), 叶片含水率整体上随苗龄的增大而降低. 月份相同(6 月)、苗龄不同的杂楸 1 号叶片含水率差异不显著, 苗龄不同的杂楸 3 号叶片含水率差异显著; 苗龄相同(1 年生), 不同月份的杂楸 1 号叶片含水率差异不显著, 杂楸 3 号叶片含水率 6 月和 8 月差异不显著, 但均与 10 月叶片含水率差异显著.

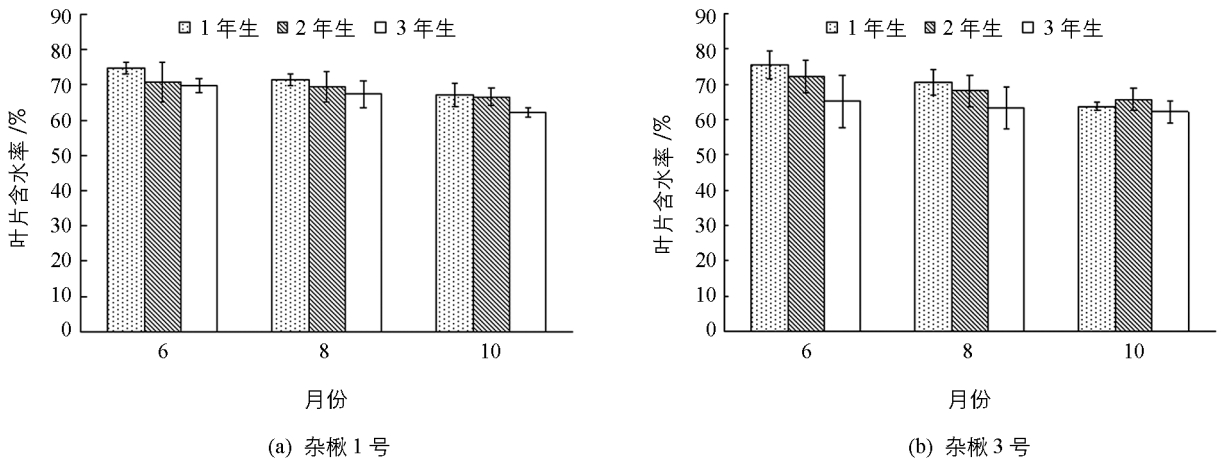


图 1 不同苗龄楸树叶片含水率

### 2.2 维生素 C

由不同苗龄杂楸 1 号、杂楸 3 号的维生素 C 质量分数可知, 10 月维生素 C 质量分数相对较高, 8 月次之, 杂楸 1 号、杂楸 3 号不同苗龄在 10 月的叶片维生素质量分数均在 600  $\mu\text{g/g}$  以上, 3 年生杂楸 1 号在不同月份均保持在较高的水平. 月份相同时(10 月), 杂楸 1 号和杂楸 3 号的 1 年生、2 年生和 3 年生楸树叶片维生素 C 质量分数差异均不显著; 苗龄相同时(3 年生), 杂楸 1 号不同月份维生素 C 质量分数差异不显著, 8 月和 10 月的杂楸 3 号维生素 C 差异不显著, 但均与 6 月的维生素 C 质量分数差异极显著(图 2).

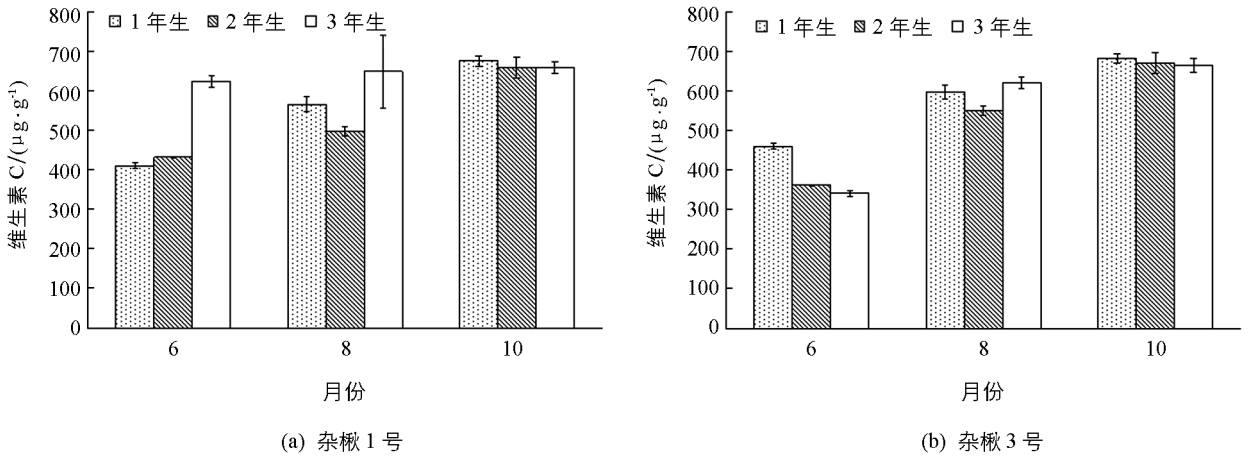


图 2 不同苗龄椴树叶片维生素 C 质量分数

### 2.3 可溶性糖

对杂楸 1 号、杂楸 3 号可溶性糖测定结果发现, 两者质量分数均在 8 月最高, 6 月次之, 10 月最低. 不同苗龄杂楸 1 号在 8 月的叶片可溶性糖质量分数分别达到 79.61, 62.73 和 65.32 mg/g, 不同苗龄杂楸 3 号在 8 月的叶片可溶性糖质量分数分别达到 72.45, 52.16 和 57.11 mg/g, 同一月份, 可溶性糖质量分数为 1 年生显著大于 2 年生和 3 年生椴树, 2 年生、3 年生椴树的可溶性糖质量分数差别不大. 杂楸 1 号、杂楸 3 号在 8 月时, 苗龄不同叶片中可溶性糖质量分数差异极显著; 苗龄相同(1 年生)时, 杂楸 1 号、杂楸 3 号在不同月份可溶性糖质量分数差异极显著(图 3).

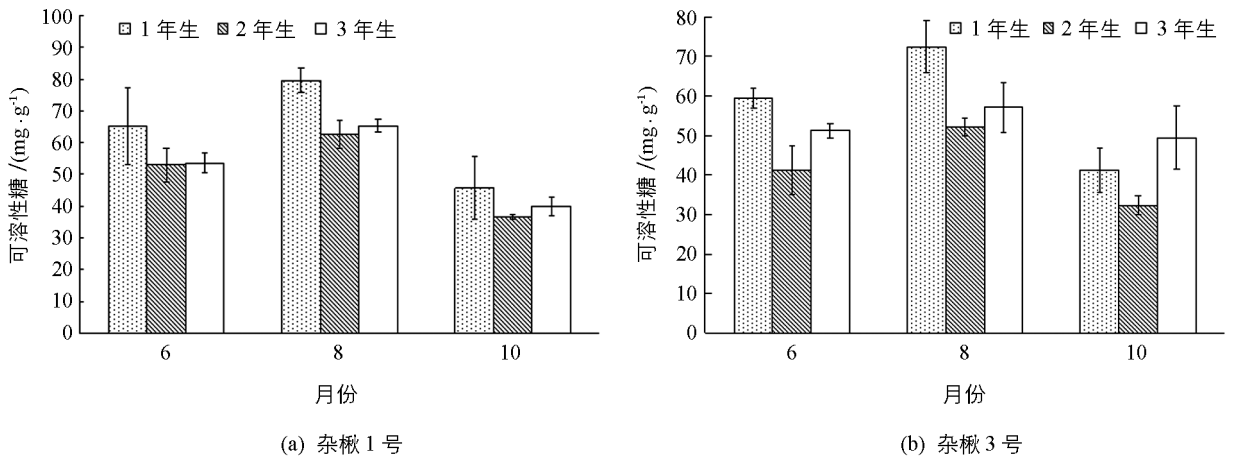


图 3 不同苗龄椴树叶片可溶性糖质量分数

### 2.4 可溶性蛋白

由图 4 可以看出, 杂楸 1 号、杂楸 3 号的可溶性蛋白质量分数均在 8 月达到最高, 6 月次之, 10 月最低, 6 月和 10 月不同苗龄椴树叶片可溶性蛋白差异不大, 6 月杂楸 1 号和杂楸 3 号质量分数为 3.827~4.519 mg/g, 10 月不同苗龄的杂楸 1 号和杂楸 3 号质量分数为 3.023~3.486 mg/g. 8 月杂楸 1 号叶片可溶性蛋白 3 年生质量分数最高, 为 5.84 mg/g, 2 年生次之、1 年生最低, 杂楸 3 号叶片可溶性蛋白质量分数 2 年生最高, 为 5.69 mg/g, 3 年生次之、1 年生最低. 通过多重对比发现, 相同月份(8 月)杂楸 1 号、杂楸 3 号不同苗龄的椴树可溶性蛋白质量分数均差异显著; 相同苗龄(2 年生、3 年生)的杂楸 1 号、杂楸 3 号在不同月份的可溶性蛋白质量分数差异显著.

### 2.5 粗脂肪

由图 5 可以看出, 不同月份、不同苗龄的杂楸 1 号、杂楸 3 号叶片粗脂肪比例为 5.5%~8.5%, 1 年生杂楸 1 号和杂楸 3 号在 6 月与 8 月均没有较大的变化, 至 10 月比例最高, 10 月叶片粗脂肪比例分别为

7.38%, 7.89%; 2年生与3年生杂楸1号、杂楸3号楸树叶片粗脂肪比例在8月达到最大, 均为7.79%~8.63%。8月2年生杂楸1号粗脂肪比例为8.63%, 3年生杂楸3号粗脂肪为8.48%。总体来说, 2年生和3年生的杂楸1号、杂楸3号在8月粗脂肪比例较高。季节相同时(8月), 不同苗龄杂楸1号、杂楸3号楸树叶片粗脂肪比例差异显著, 苗龄分别为2年生、3年生时, 杂楸1号、杂楸3号在不同季节叶片粗脂肪比例差异显著。

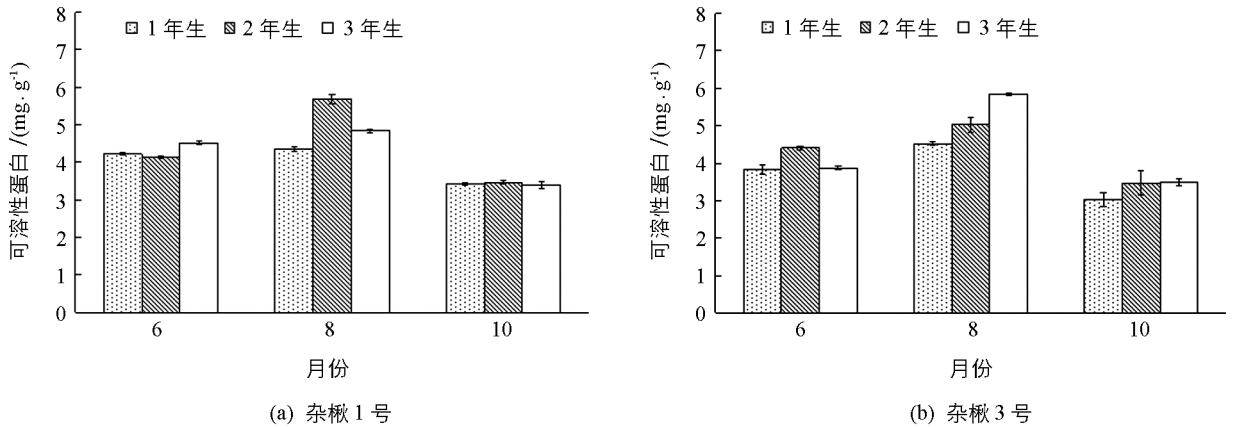


图 4 不同苗龄楸树叶片可溶性蛋白质质量分数

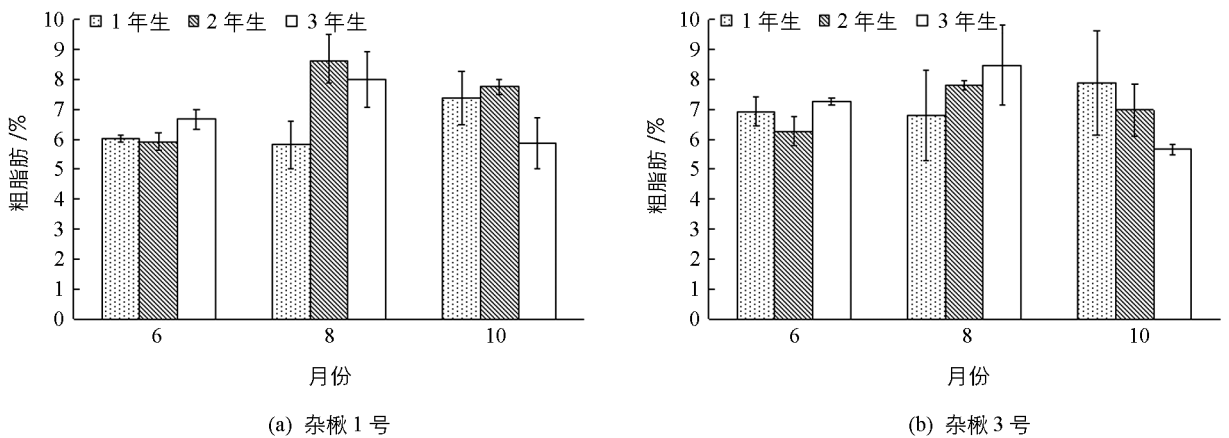


图 5 不同苗龄楸树叶片粗脂肪比例

## 2.6 粗纤维

由图 6 可知, 1年生和3年生杂楸1号叶片中粗纤维比例在6月稍高, 分别为10.36%和10.15%, 2年生杂楸1号在不同月份间变幅较小, 为8.73%~9.37%; 1年生杂楸3号叶片粗纤维比例在10月达到最高, 为10.85%, 2年生与3年生杂楸3号叶片粗灰分比例在8月达到最高, 分别为9.45%、11.22%。总体来说, 3年生苗龄的楸树叶片粗纤维比例高于其他苗龄, 10月粗脂肪比例较高。在10月时, 杂楸1号、杂楸3号不同苗龄的楸树粗纤维比例均差异显著; 3年生杂楸1号粗纤维比例与1年生和2年生相比差异不显著, 杂楸3号3年生粗纤维比例则与其他年份之间表现为差异显著。

## 2.7 粗灰分

由图 7 可知, 粗灰分的比例随着季节推移而增加, 杂楸1号、杂楸3号不同苗龄楸树叶片粗灰分比例均在10月达到最大, 在相同月份, 2年生杂楸1号粗灰分比例较高; 1年生杂楸3号在8月和10月时粗灰分比例高于其他苗龄楸树, 在6月则低于其他苗龄楸树。季节时间相同时(10月), 杂楸1号、杂楸3号2年生与3年生叶片粗灰分差异不显著, 与1年生差异显著。苗龄相同时, 不同季节的杂楸1号和杂楸3号叶片粗灰分均表现为差异显著。



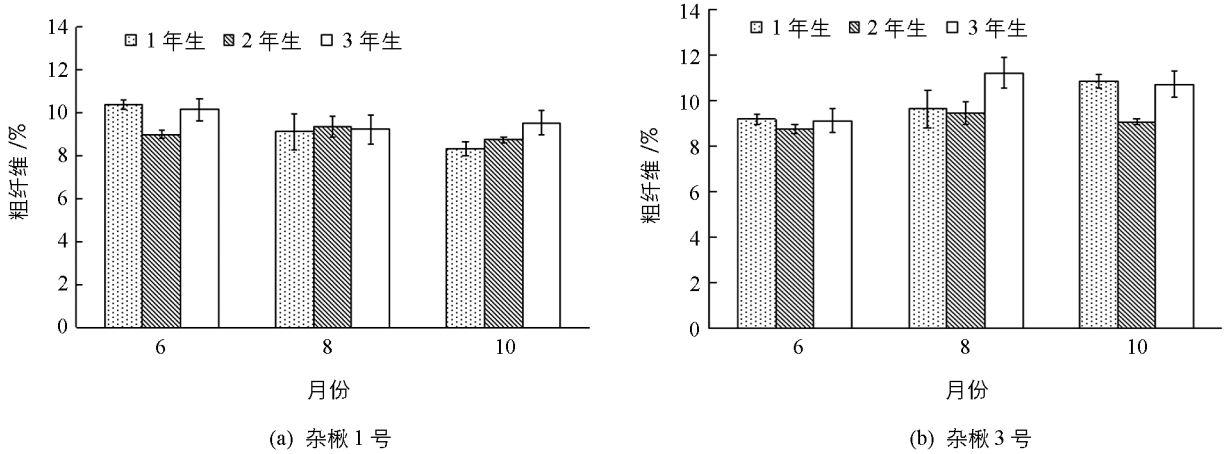


图6 不同苗龄楸树叶片粗纤维比例

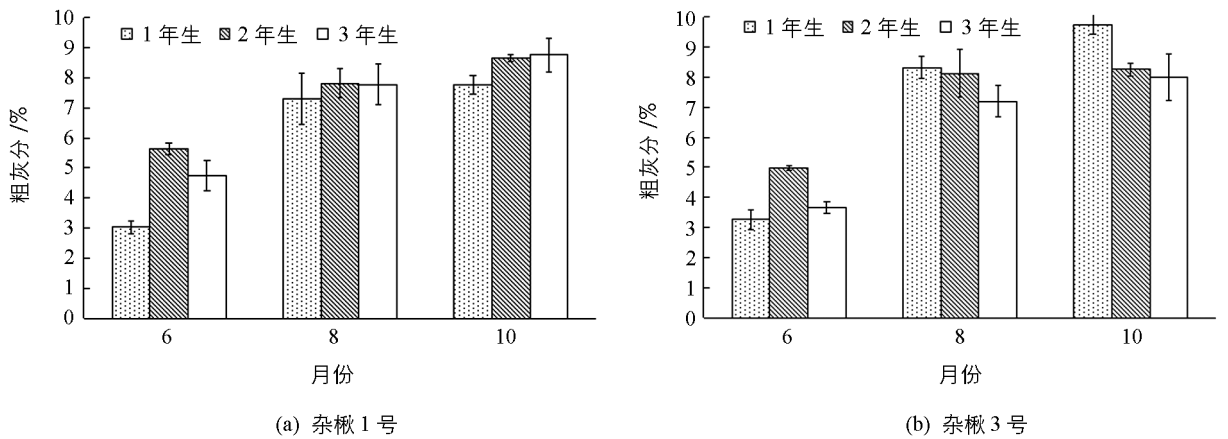


图7 不同苗龄楸树叶片粗灰分比例

## 2.8 氨基酸

对不同苗龄、月份的楸树叶片游离氨基酸进行鉴定,共鉴定出17种,分别是天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、组氨酸、甘氨酸、苏氨酸、精氨酸、丙氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、脯氨酸。不同月份、不同苗龄氨基酸质量分数变幅为0.485~1.016 mg/g,质量分数相对较高的有天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸,这3种氨基酸总质量分数占其叶片内游离氨基酸总量的64.56%~84.19%,但总的来说,氨基酸质量分数偏低,若作为饲料应另外补充氨基酸。由图8可知,1年生和3年生楸树氨基酸质量分数较高,2年生楸树氨基酸质量分数偏低。3年生杂楸1号楸树在6月的氨基酸质量分数最高,为0.99 mg/g;10月次之,为0.876 mg/g;3年生杂楸3号在10月氨基酸质量分数最高,为0.839 mg/g;总体来看,10月杂楸1号、杂楸3号氨基酸质量分数都较高。在10月时,不同苗龄杂楸1号、杂楸3号氨基酸质量分数差异显著,月份相同时,不同苗龄的杂楸1号和杂楸3号氨基酸质量分数差异均显著(图8)。

## 2.9 黄酮类化合物

从图9可以看出,总黄酮在测定过程中基本呈先下降后提高的趋势。当月份相同时,1年生的杂楸1号和杂楸3号较其他苗龄楸树的黄酮质量分数高。1年生杂楸1号和杂楸3号叶片在6月黄酮质量分数最高,分别为5.531 mg/g和6.055 mg/g,2年生、3年生杂楸1号和杂楸3号叶片黄酮质量分数在10月较高,8月黄酮质量分数较低。由此可知,在气温相对较低时黄酮质量分数较高。月份相同时(6月),不同苗龄杂楸1号黄酮类化合物质量分数差异显著,杂楸3号黄酮类化合物质量分数差异极显著,苗龄相同时(1年生),杂楸1号和杂楸3号在不同季节黄酮质量分数均表现为差异显著。

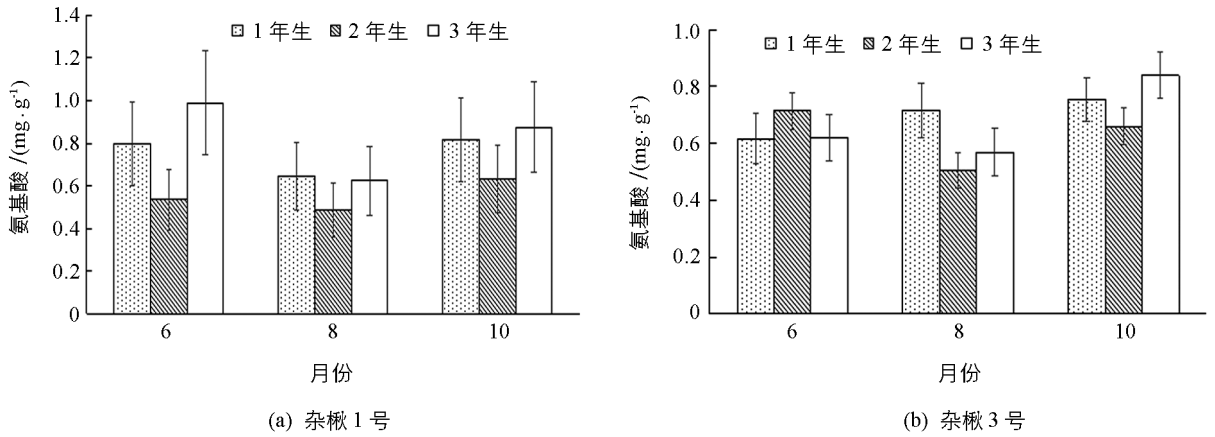


图 8 不同苗龄楸树叶片氨基酸质量分数

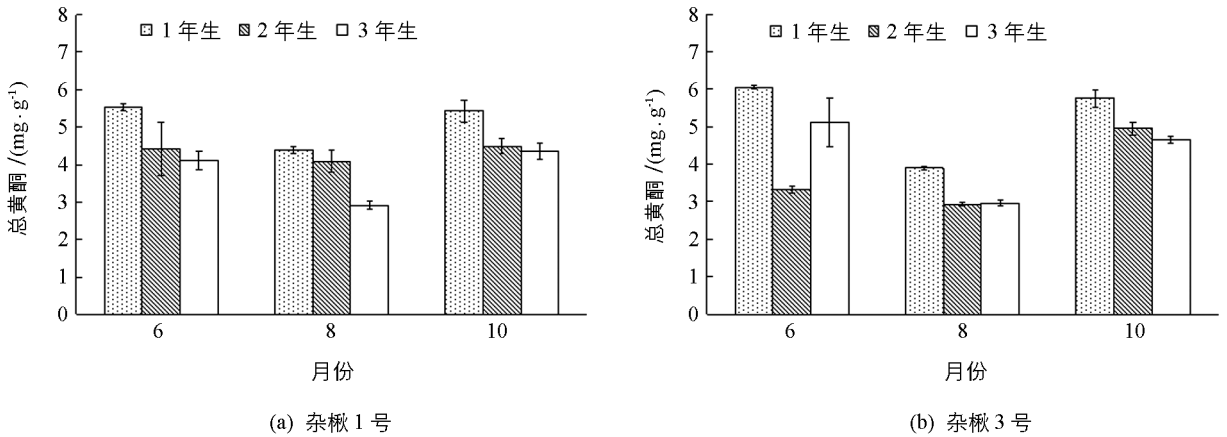


图 9 不同苗龄楸树叶片总黄酮质量分数

## 2.10 蒽醌类化合物

从图 10 可以看出,不同苗龄的杂楸 1 号、杂楸 3 号叶片总蒽醌质量分数在 6—10 月期间总体呈下降的趋势,不同苗龄杂楸 1 号、杂楸 3 号叶片蒽醌类化合物均在 6 月最高.其中 2 年生杂楸 1 号叶片蒽醌质量分数在 6—8 月均高于其他苗龄杂楸 1 号,在 10 月低于其他苗龄的楸树;杂楸 3 号 2 年生苗的叶片蒽醌类化合物均低于其他苗龄楸树.测定 1 年生、2 年生、3 年生杂楸 3 号叶片蒽醌质量分数变化范围分别为:1.172~3.423 mg/g, 0.94~2.05 mg/g, 1.22~2.96 mg/g.不同苗龄杂楸 3 号叶片蒽醌质量分数大小为 1 年生>3 年生>2 年生.苗龄相同时(1 年生),杂楸 1 号、杂楸 3 号在不同季节的总蒽醌质量分数差异均表现为极显著,季节相同时(6 月)不同苗龄的杂楸 1 号、杂楸 3 号叶片总蒽醌质量分数差异极显著.

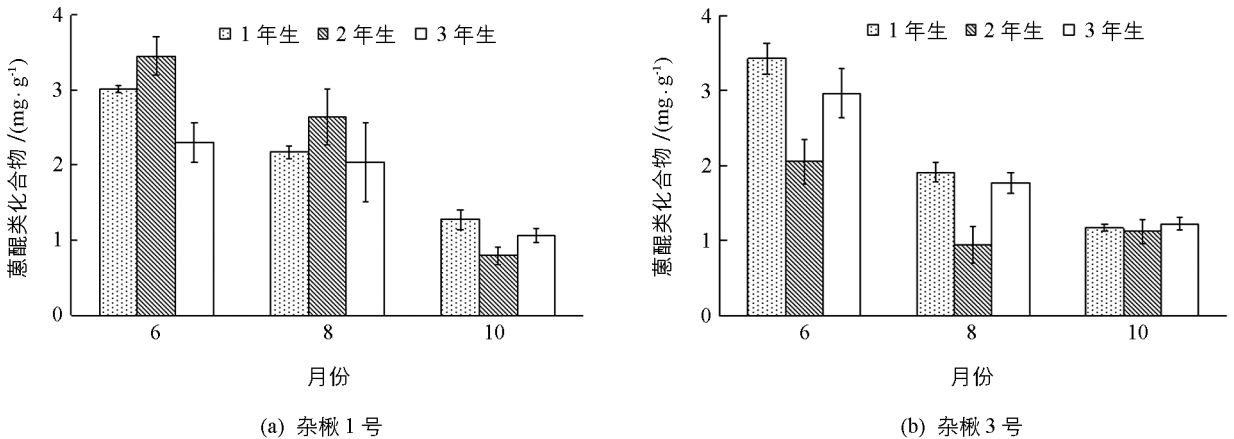


图 10 不同苗龄楸树叶片总蒽醌质量分数

## 2.11 主成分分析

根据叶片饲用指标主成分分析结果, 杂楸 1 号和杂楸 3 号各筛选出 3 个主成分, 杂楸 1 号、杂楸 3 号前 3 个主成分的累计贡献率分别达到 76.517% 和 73.038%, 第 3 个主成分特征值分别为 1.815 和 1.180, 表明前 3 个主成分包含了饲用指标的主要信息(表 1)。杂楸 1 号在第一主成分中, 叶片含水率、维生素 C、粗灰分、萜醌有绝对值较大的得分系数, 决定第二主成分的指标主要有可溶性蛋白、氨基酸, 决定第三主成分的指标有粗纤维、黄酮; 决定杂楸 3 号第一主成分的指标是维生素 C、可溶性蛋白、粗灰分、氨基酸、黄酮, 决定第二主成分的指标是叶片含水率, 决定第三主成分的指标是粗脂肪。

表 1 主成分特征向量、方差贡献率及累计贡献率

指 标	杂楸 1 号			杂楸 3 号		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 1	主成分 2	主成分 3
叶片含水率	0.798	0.226	-0.115	-0.440	-0.602	0.176
维生素 C	-0.823	-0.295	0.164	0.754	0.453	0.068
可溶性糖	0.262	0.559	0.350	-0.474	0.464	-0.183
可溶性蛋白	-0.062	0.752	-0.574	-0.778	0.451	0.255
粗脂肪	-0.367	0.585	0.017	-0.044	0.595	0.601
粗纤维	0.523	-0.317	-0.666	0.599	0.551	0.034
粗灰分	-0.815	0.252	0.365	0.663	0.522	0.006
氨基酸	-0.079	-0.881	-0.108	0.705	-0.314	-0.491
黄酮	0.521	-0.441	0.633	0.708	-0.322	0.460
萜醌	0.714	0.313	0.577	0.334	-0.710	0.480
特征值	3.246	2.591	1.815	3.501	2.622	1.180
方差贡献率/%	32.458	25.908	18.151	35.014	26.222	11.802
累计贡献率/%	32.458	58.366	76.517	35.014	61.236	73.038

## 2.12 不同苗龄季节叶片价值开发评价

不同苗龄和季节楸树叶片各主成分得分如下表所示(表 2、表 3), 根据叶片饲用价值综合评价函数可计算各苗龄和月份楸树叶片饲用价值总得分, 并以此进行评价, 得分表按降序排列, 得分越高则综合评价越好。结果表明, 2 年生、3 年生杂楸 1 号在 8 月综合表现较好, 1 年生杂楸 1 号得分较低, 3 年生杂楸 3 号在 8 月综合表现最好, 10 月的 2 年生杂楸 3 号综合评价得分次之。综合来看, 2 年生和 3 年生的杂楸 1 号、杂楸 3 号在 8 月叶片价值较高。

表 2 杂楸 1 号楸树不同苗龄及月份主成份得分情况

苗龄及月份	主成分 1	主成分 2	主成分 3	总得分
3 年生 8 月	1.087	1.485	2.001	4.573
2 年生 8 月	1.059	0.813	0.795	2.667
3 年生 6 月	-0.059	1.214	-1.116	0.039
2 年生 10 月	0.626	-0.775	-0.250	-0.399
1 年生 10 月	0.679	-1.222	-0.018	-0.561
2 年生 6 月	-0.441	0.930	-1.432	-0.943
1 年生 8 月	-0.604	-0.959	0.575	-0.988
3 年生 10 月	0.112	-1.219	-1.083	-2.190
1 年生 6 月	-2.459	-0.267	0.529	-2.197

表 3 杂楸 3 号楸树不同苗龄及月份主成份得分情况

苗龄及月份	主成分 1	主成分 2	主成分 3	总得分
3 年生 8 月	1.432	2.194	0.219	3.845
2 年生 10 月	1.004	-0.457	2.290	2.837
2 年生 8 月	0.906	0.872	-0.673	1.105
1 年生 10 月	0.484	-0.185	0.548	0.847
1 年生 8 月	-0.790	0.537	0.260	0.007
1 年生 6 月	-2.098	0.391	0.584	-1.123
3 年生 6 月	0.594	-1.487	-0.463	-1.356
3 年生 10 月	-0.787	-0.458	-1.085	-2.330
2 年生 6 月	-0.745	-1.407	-1.679	-3.831

### 3 结论与讨论

不同苗龄楸树叶片含水率在生长阶段均呈减少趋势,初期含水量较高,随着生长发育的进程水分逐渐减少,干物质及各种其他营养物质增多.不同苗龄楸树维生素 C 质量分数均较高,最高在 10 月可达 600  $\mu\text{g/g}$  以上,高于其他测定月份,这与宜丽娜研究结果相同,即秋季维生素质量分数相对较高,夏季次之<sup>[19]</sup>.对杂楸 1 号、杂楸 3 号可溶性糖测定发现,均为 8 月最高,6 月次之,10 月最小,可能是 8 月气温较高,植物叶片水分蒸发流失,可溶性糖比重变大.同一月份楸树叶片可溶性糖质量分数 1 年生显著大于 2 年生和 3 年生楸树,这与苏瑾的研究结果相似<sup>[20]</sup>,可能一年生植物在旺盛生长阶段,叶片积累较多糖分供给能量,在甘薯中也有类似现象<sup>[21]</sup>.杂楸 1 号、杂楸 3 号不同苗龄的楸树叶片的可溶性蛋白也是在 8 月质量分数达到最高,6 月次之,10 月最低.赵峰侠等研究认为,空气湿度影响植物叶片的可溶性蛋白质量分数,与之呈显著正相关<sup>[22]</sup>.8 月空气湿度较高,因此可溶性蛋白质量分数也较高.

不同苗龄杂楸 1 号、杂楸 3 号叶片粗脂肪比例在 8 月高于其他月份,不同苗龄楸树叶片粗脂肪比例不同月份均在 5.5%~8.5%之间,高于常用饲料如四倍体刺槐粗脂肪比例 4.60%~4.95%<sup>[23]</sup>.不同苗龄楸树叶片粗纤维比例一般 3 年生高于其他苗龄,粗纤维比例为 8.32%~11.22%,高于常见饲料粗纤维比例,具有高纤维的饲料饲养母猪可提高产仔率<sup>[24]</sup>.不同苗龄楸树叶片粗灰分均在 10 月最大,与桑叶粗灰分 8%~12%的比例相近<sup>[25]</sup>.楸树叶片游离氨基酸共鉴定出 17 种,10 月时氨基酸质量分数较高,但氨基酸质量分数总体偏低,若作为饲料应另外补充氨基酸.

不同苗龄楸树叶片总黄酮质量分数 1 年生总体高于其他苗龄,6 月时黄酮质量分数最高,可能是由于 1 年生楸树处于旺盛生长、快速分化阶段,体内黄酮代谢旺盛,总黄酮质量分数较高,与卓泽群等相关研究结论一致<sup>[26]</sup>.萜醌化合物在叶片中质量分数较高<sup>[27]</sup>,不同苗龄楸树叶片萜醌化合物质量分数一般在生长阶段呈降低趋势,这和徐洪宇的研究结果相似<sup>[10]</sup>.

通过主成分分析,综合评价函数分析,筛选出 8 月的 2 年生和 3 年生杂楸 1 号、8 月的 3 年生杂楸 3 号和 10 月的 2 年生杂楸 3 号综合饲用价值较高.综上所述,楸树叶片适用于作为饲料使用,且建议采摘时间在 8 月前.

#### 参考文献:

- [1] 王树新. “材貌双全”话楸树 [J]. 安徽科技, 2012(4): 23-24.
- [2] 邵金华, 黄国文, 刘 恭. 微波辅助水提梓树根皮中抑菌成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(8): 1081-1084, 1145.
- [3] 赵秋玲, 王军辉, 马建伟, 等. 梓树属植物叶片的气孔特征 [J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(8): 21-24.
- [4] 梅 芳, 王军辉, 贾继文, 等. 楸树种质生长和叶部性状的遗传多样性 [J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 206-210.
- [5] 邱 权, 李吉跃, 王军辉, 等. 水肥耦合效应对楸树苗期叶片净光合速率和 SPAD 值的影响 [J]. 生态学报, 2016, 36(11): 3459-3468.
- [6] 马丽娜, 赵秋玲, 陈 静, 等. 3 种楸树 1 年生苗木叶片光合速率和光合功能的垂直梯度变化 [J]. 西部林业科学, 2014, 43(5): 101-105.
- [7] MACHIDA K, ANDO M, YAOITA Y, et al. Studies on the Constituents of Catalpa Species VI Monoterpen Glycosides From the Fallen Leaves of *Catalpa ovata* G. Don [J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2001, 49(6): 732-736.



- [8] 负慧玲,王军辉,马建伟,等. 楸树叶片营养生物学及基因型间的遗传变异 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(4): 51-56.
- [9] 徐洪宇,张晓茹,王军辉,等. 楸树叶中抗氧化活性成分的分离和鉴定 [J]. 林业科学, 2014, 50(9): 112-117.
- [10] 徐洪宇,朱丽蓉,董娟娥,等. 楸树种子油中活性成分及其粕中黄酮类成分研究 [J]. 中国粮油学报, 2016, 31(2): 64-69.
- [11] DALE J E. The Growth of Leaves [M]. London: Edward Arnold Publishers, 1982.
- [12] 于小禾,江南平. 直接干燥法测定粮食水分的条件优化 [J]. 粮食储藏, 2011, 40(4): 46-49.
- [13] 陈焕文,宋庆宇,刘宏伟,等. 测定抗坏血酸的亚甲蓝褪色光度法 [J]. 分析测试学报, 2001, 20(2): 55-57.
- [14] 张治安,陈展宇. 植物生理学实验技术 [M]. 吉林: 吉林大学出版社, 2008: 111.
- [15] 付迪,沈艳红,宛燕飞,等. OPA-FMOC在线柱前衍生化 HPLC 法测定甘露聚糖肽中氨基酸组成及含量 [J]. 分析实验室, 2016, 35(3): 353-356.
- [16] 鲁彦,郭建宇,朱贤,等. 超声提取-分光光度法测定大黄中总蒽醌类化合物 [J]. 理化检验(化学分册), 2011, 47(3): 297-298, 301.
- [17] 张成,朱科谕,张庞文,等. 苍耳子、田基黄中黄酮类物质提取含量测定及对比研究 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(6): 306-313.
- [18] 徐臣善,高东升. 基于主成分分析的设施桃果实品质综合评价 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(23): 84-88, 94.
- [19] 宜丽娜,白坤栋,李明霞,等. 猫儿山常绿和落叶阔叶树抗性生理生化指标的比较 [J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2012, 30(1): 83-88.
- [20] 苏瑾,王迪海. 黄土区不同林龄刺槐人工林细根的衰老生理特征 [J]. 生态学报, 2016, 36(14): 4423-4429.
- [21] 许森,王永梅,赵亚特,等. 甘薯薯块生长过程中可溶性糖与淀粉质量分数的变化及其相关性分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(10): 31-36.
- [22] 赵峰侠,尹林克,牟书勇. 新疆沙冬青(*Ammopi ptanthus nanus*)渗透调节物质的季节变化与环境因子的关系 [J]. 干旱区地理, 2008, 31(5): 665-672.
- [23] 李云,张国君,路超,等. 四倍体刺槐不同生长期和部位的叶片的饲料营养价值分析 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(5): 580-584.
- [24] 王景富,王静霞,滕云,等. 药食两用植物酸模蒽醌类成分含量测定研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(4): 199-204.
- [25] 杜周和,刘俊凤,左艳春,等. 桑叶的营养特性及其饲料开发利用价值 [J]. 草业学报, 2011, 20(5): 192-200.
- [26] 卓泽群. 楸树生长及叶片中总黄酮合成积累特性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [27] 钱利纯,邹晓庭,许梓荣,等. 饲料纤维水平对妊娠母猪繁殖性能和血清生化参数的影响 [J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(4): 347-349.

## Seasonal Variation in Leaf Nutrient Components of *Catalpa bungei* Plants of Different Ages

HUA Ya-jie, HU Tian-tian, WANG Liang-gui, YANG Xiu-lian

College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

**Abstract:** In order to understand the seasonal variation in feeding value of the leaves of manchurian catalpa (*Catalpa bungei*), leaf samples on the 1-, 2- and 3-year-old plants of the good clones No 1 and No 3 were taken at different seasons, and moisture content, vitamin C, soluble sugars, soluble protein, crude fat, crude fiber, crude ash, amino acids and secondary metabolites of flavonoids and anthraquinone compounds in them were analyzed. Their nutrient compositions were comprehensively studied with principal component analysis. The results showed that the 2- and 3-year-old catalpa clone 1 and clone 3 in August and 2-year-old clone 3 in October had the advantage of high yield and high sugar content, and were rich in minerals and in vitamin C. It is recommended that leaves of 2- and 3-year-old *C. bungei* trees be harvested around August.

**Key words:** manchurian catalpa (*Catalpa bungei*); leaf physiology; nutritional evaluation; feeding value; harvest time

