

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201407042

郭子武, 江志标, 陈双林, 等. 覆土栽培对高节竹笋品质的影响[J]. 广西植物, 2015, 35(4): 515—519

Guo ZW, Jiang ZB, Chen SL, et al. Influence of soil covered cultivation on shoot quality of *Phyllostachys prominens* [J]. *Guihaia*, 2015, 35(4): 515—519

覆土栽培对高节竹笋品质的影响

郭子武¹, 江志标², 陈双林^{1*}, 叶生月², 李迎春¹, 杨清平¹, 李明良²

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 桐庐县林业技术推广中心站, 浙江 桐庐 311500)

摘要: 为了生产高品质高节竹笋, 提高竹林经济效益, 该研究通过调查并测定了覆土 1 a、覆土 2 a 和不覆土栽培的高节竹林竹笋外观形态和营养物质、呈味物质、氨基酸含量, 分析了覆土栽培对高节竹笋品质与适口性的影响。结果表明: 覆土栽培 1 a 和 2 a 的高节竹笋个体重量及可食率分别较未覆土栽培高节竹笋提高了 107.58%、165.73% 及 8.77%、13.63%, 而且高节竹笋个体重量及可食率覆土栽培年限之间差异显著; 覆土栽培高节竹笋长度总体显著高于未覆土栽培高节竹笋, 且覆土栽培年限之间并无显著差异; 高节竹笋基茎则为覆土栽培 1 a 与未覆土栽培之间无显著差异, 且均显著低于覆土栽培 2 a 的高节竹笋。覆土栽培高节竹笋蛋白质、单宁、草酸、总酸、纤维素、木质素和各类氨基酸含量及氨基酸总量总体上有明显降低, 而脂肪、可溶性糖含量和糖酸比则明显提高; 鲜味、甜味和芳香类氨基酸比例有所升高, 而苦味氨基酸比例则有所降低。综合分析表明, 覆土栽培能明显改善高节竹笋外观形态质量, 增加香味和甜味, 减少酸涩味和粗糙度, 竹笋品质和适口性明显提高, 且覆土栽培 2 a 的影响作用更为明显。

关键词: 高节竹; 覆土栽培; 竹笋外观品质; 适口性**中图分类号:** Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2015)04-0515-05

Influence of soil covered cultivation on shoot quality of *Phyllostachys prominens*

GUO Zi-Wu¹, JIANG Zhi-Biao², CHEN Shuang-Lin^{1*}, YE Sheng-Yue²,
LI Ying-Chun¹, YANG Qing-Ping¹, LI Ming-Liang²(1. *Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China*; 2. *Forestry Technology Extension Central Station of Tonglu County, Tonglu 311500, China*)

Abstract: To enhance the shoot quality and economic profit, appearance quality, content of nutrient, flavour substance and amino acid in *Phyllostachys prominens* shoot from soil covered bamboo cultivation stand (one-year soil covered stand, two-year soil covered stand and non-covered stand) were investigated, and effects of soil covered cultivation on shoot quality and palatability were also analyzed. The results showed that compared to non-covered stand, individual weight increased by 107.58% for one-year soil covered stand and 165.73% for two-year soil covered stand, while edible parts ratios increased by 8.77% for one-year soil covered stand and 13.63% for two-year soil covered stand. Furthermore, there was significant difference among different soil-covered stand on individual weight and edible parts ratios of *P. prominens* shoot. Shoot length of soil covered stand was higher than that of non-covered stand, and there was no difference on shoot length between one-year soil covered stand and two-year soil covered stand. No difference on shoot diameter existed between one-year soil covered stand and non-covered stand, but those all was lower than shoot diameter

收稿日期: 2014-11-24 **修回日期:** 2015-01-24**基金项目:** 浙江省林业科技推广项目(2012B14)**作者简介:** 郭子武(1975-), 男, 山东武城人, 博士, 助理研究员, 从事竹林环境生态研究, (E-mail) hunt-panther@126.com。**通讯作者:** 陈双林, 博士, 研究员, 主要从事竹林生态与培育研究, (E-mail) cslbamboo@126.com。

of two-year soil covered stand. Compared to non-covered stand, content of protein, tannin, oxalic acid, total acid, cellulose, lignin and amino acid of *P. prominens* shoot in soil covered stand decreased apparently overall, while soluble sugar, fat and ratio of sugar to acid of *P. prominens* shoot form soil covered stand increased obviously. Proportion of delicious, sweet and aromatic amino acid increased, and bitter amino acid proportion of *P. prominens* shoot in soil covered stand decreased. All results indicated that shoot appearance quality of soil covered stand enhanced obviously, and fragrance and sweetness increased obviously, while acid and astringent taste of *P. prominens* shoot form soil covered stand decreased evidently, shoot quality and palatability enhanced greatly, and the effects on shoot quality and palatability of two-year soil coverage were more evident and beneficial.

Key words: *Phyllostachys prominens*; soil covered cultivation; shoot appearance quality; shoot palatability

高节竹(*Phyllostachys prominens*)是优良的笋材兼用竹种,具有竹笋产量高、品质佳、加工性能好、生态适应性强等特点,在浙江省杭州市、湖州市等地广为栽培。目前针对高节竹丰产栽培(方伟等,1998)、病虫害防治(胡国良等,2005;张稼敏,2000)、竹笋保鲜(余学军等,2004)和套袋栽培(白瑞华等,2011)等技术开展了研究,形成了较为系统的高节竹林栽培技术。高节竹笋期为4月中下旬至5月中旬,较雷竹(*Phyllostachys violascens*)、毛竹(*P. edulis*)迟,竹笋价格总体偏低,因而竹林经济效益不佳,在一定程度上影响了高节竹资源的开发利用和发展。为满足市场对高品质竹笋的大量需求,根据高节竹的生物学和生态学特性,自2011年以来,浙江省桐庐县推广应用高节竹林地覆土栽培技术,生产的竹笋个大、色白、鲜嫩,竹林经营效益显著提高,推广规模愈趋增大。高节竹林地覆土栽培后,改变了地下鞭系分布区域和生长环境,竹笋萌发推迟,这是否会对高节竹笋品质与适口性产生影响呢?为此,笔者在高节竹主产区浙江省桐庐县莪山乡对覆土栽培高节竹林竹笋外观形态质量和营养物质、呈味物质、氨基酸含量等进行了调查测定,比较了覆土栽培与不覆土栽培高节竹林竹笋品质与适口性的差异,旨在为高节竹高品质竹笋生产提供参考,为特色高效竹笋业发展提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省桐庐县莪山乡(29°35′~30°05′ N, 119°11′~119°58′ E),属亚热带季风气候区,四季分明,年平均气温 16.6 °C,极端高温 41.7 °C,极端低温-9.5 °C,全年≥10 °C的积温 5 262 °C,年平均无霜期 252 d,年平均降水量 1 462 mm,年平均蒸发量 1 385 mm,年平均相对湿度 81%。土壤为红

壤,土层厚度 80 cm 以上。当地高节竹资源丰富,全乡有高节竹林面积 0.14 万 hm²,是浙江省“高节竹之乡”。以高节竹资源为主的竹产业已成为莪山乡农业支柱产业和特色产业。近年来,为提高高节竹笋品质和竹林经营效益,规模化推广应用高节竹覆土栽培技术措施,具体方法为 9 月份至翌年 2 月份利用建房、林道修建等的土方,在具有丰产林分结构的高节竹林中均匀地加团聚体结构好的黄壤和红壤客土,实行季节性施肥、林地垦复和林分结构调控。一次覆土可保持 3 a 的高节竹高品质竹笋生产,经济效益较不覆土栽培提高 4 倍以上。

1.2 试验方法

2014 年 5 月分别选择立地条件基本一致,面积不少于 0.2 hm²的覆土栽培 1 a、2 a 和不覆土栽培高节竹试验林,分别设置 10 m×10 m 样地,调查其立竹密度、立竹胸径、立竹年龄结构等林分结构状况。覆土栽培 1 a、2 a 和不覆土栽培高节竹试验林立竹密度分别为 11 481、11 586、11 112 株·hm⁻²,立竹胸径分别为 5.83、5.94、5.72 cm,立竹年龄结构 1 a 生:2 a 生:3 a 生分别为 1.21:1.15:1、1.14:1.12:1、1.33:1.29:1。

在覆土栽培 1 年、2 年和不覆土栽培高节竹试验林中随机挖取刚出土的完整竹笋各 30 株,测量笋个体重量(g)、基茎(mm)、长度(cm),然后剥去笋壳,称重,计算竹笋可食率(%).另外,分别取竹笋样品约 1 kg,置于冰盒带回实验室,剥去笋壳,用组织捣碎机匀浆,用于蛋白质、脂肪、可溶性糖、草酸、单宁、总酸和氨基酸等测定;并取部分样品在烘箱中 60 °C 烘干,研磨过 40 目筛,用于纤维素、木质素含量测定。测定方法:蛋白质采用凯氏定氮法(中华人民共和国卫生部,2003),脂肪采用索氏抽提法(中华人民共和国卫生部,2010),可溶性糖采用铜还原碘量法(中华人民共和国农业部,2007),草酸采用反相高效液相色谱法(俞乐等,2002),单宁采用分福林酚

比色法(中华人民共和国农业部,2008),总酸采用滴定法(中华人民共和国卫生部,2008),游离氨基酸采用氨基酸分析仪(莫润宏等,2012),纤维素、木质素采用硫酸水解法(王玉万等,1987)。

1.3 数据分析

在 Excel 2003 统计软件中进行数据整理和图表制作,在 SPSS 17.0 统计软件中进行单因素方差分析和 0.05 水平的 LSD 多重比较,分析覆土和不覆土栽培高节竹林竹笋外观形态质量、营养品质和适口性间的差异。

2 结果与分析

2.1 覆土栽培对高节竹笋外观形态质量的影响

由表 1 分析可知,与不覆土高节竹林相比,覆土栽培高节竹笋个体重量显著增加,覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹笋个体重量增幅分别达 107.58% 和 165.73%。覆土栽培后高节竹笋基茎有一定程度增大,覆土栽培 1 a 的高节竹笋基茎较不覆土栽培竹笋有小幅提高,而覆土栽培 2 a 的高节竹笋基茎显著增大。覆土栽培后高节竹笋长度显著增长。高节竹笋可食率高,在 60% 以上,覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹笋可食率有显著提高,与不覆土栽培高节竹笋相比,增幅分别为 8.77% 和 13.63%。竹笋个体重量、基径、可食率覆土栽培 2 a 的较覆土栽培 1 a 的也有显著提高。说明覆土栽培总体上能提高高节竹笋的外观形态质量。

表 1 试验高节竹林竹笋外观形态质量

Table 1 Appearance quality of *Phyllostachys prominens* shoot from experimental stand

试验林 Experimental stand	笋个体重量 Individual weight (g · 株 ⁻¹)	基茎 Shoot diameter (mm)	长度 Shoot length (cm)	可食率 Edible ratios (%)
不覆土栽培 Non-covered stand	184.35 ± 11.08 c	42.95 ± 1.23 b	25.17 ± 1.11 b	60.98 ± 3.56 c
覆土栽培 1 a One-year soil covered stand	382.67 ± 14.21 b	44.87 ± 2.22 b	36.43 ± 1.76 a	69.75 ± 2.87 b
覆土栽培 2 a Two-year soil covered stand	489.87 ± 9.89 a	58.88 ± 1.98 a	36.65 ± 2.01 a	74.61 ± 4.11 a

注:字母不同表示差异显著($P < 0.05$),字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)。下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level. The same letters in the same column show no significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 覆土栽培对高节竹笋营养品质的影响

从表 2 分析可知,覆土栽培后高节竹笋蛋白质含量有较为明显的下降,覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹

笋蛋白质含量较不覆土栽培的高节竹笋分别下降了 42.94% 和 30.83%。覆土栽培的高节竹笋脂肪含量则有明显的提高,覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹笋脂肪含量分别较不覆土栽培的高节竹笋增加 87.79% 和 113.81%。覆土栽培 1 a 的高节竹笋纤维素和木质素含量变化并不明显,但覆土栽培 2 a 的高节竹笋纤维素和木质素含量则有较明显的下降,降幅分别为 12.09%、23.21%。说明覆土栽培能增加高节竹笋的芳香味,降低竹笋粗糙度。

表 2 试验高节竹林竹笋营养品质指标

Table 2 Nutrition quality of *P. prominens* shoot from experimental stand (mg · g⁻¹)

试验林 Experimental stand	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	纤维素 Cellulose	木质素 Lignin
不覆土栽培 Non-covered stand	27.31	8.11	49.05	50.58
覆土栽培 1 a One-year soil covered stand	15.58	15.23	50.62	52.94
覆土栽培 2 a Two-year soil covered stand	18.89	17.34	43.12	38.84

2.3 覆土栽培对高节竹笋呈味物质含量的影响

从表 3 分析可知,覆土栽培对高节竹笋可溶性糖含量和糖酸比有明显的提高作用,覆土栽培 1 年、2 年的高节竹笋可溶性糖含量分别较不覆土栽培的竹笋提高 15.31% 和 24.48%,糖酸比分别提高 180.69% 和 64.12%。覆土栽培对高节竹笋单宁、草酸和总酸含量也有明显的降低作用,覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹笋单宁、草酸和总酸含量分别较不覆土栽培的竹笋降低 51.45% 和 13.53%、59.75% 和 44.30%、29.75% 和 55.68%。说明覆土栽培能明显促进高节竹笋可溶性糖的积累,抑制酸涩味物质的产生,提高竹笋甜味,降低竹笋酸涩味。

表 3 试验高节竹林竹笋呈味物质含量

Table 3 Contents of flavor materials of *P. prominens* shoot from experimental stand (mg · g⁻¹)

试验林 Experimental stand	可溶性糖 Soluble sugar	单宁 Tannin	总酸 Total acid	草酸 Oxalic acid	糖酸比 Ratio of sugar to acid
不覆土栽培 Non-covered stand	12.54	3.03	4.94	0.738	2.54
覆土栽培 1 a One-year soil covered stand	14.46	1.47	3.47	0.297	4.17
覆土栽培 2 a Two-year soil covered stand	15.61	2.62	2.19	0.411	7.13

2.4 覆土栽培对高节竹笋氨基酸含量及组成的影响

高节竹笋中共检测到 17 种氨基酸,氨基酸总量

均值为 $4.69 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 其中, 苦味氨基酸、芳香类氨基酸含量较高, 分别占氨基酸总量的比例在 50% 以上和 40% 左右(表 5)。与不覆土栽培的高节竹笋比较, 覆土栽培 1 a、2 a 的高节竹笋氨基酸总量和苦味氨基酸、芳香类氨基酸、人体必需氨基酸、鲜味氨基酸、甜味氨基酸含量均有明显的降低, 降幅分别为

44.83% 和 19.05%、52.79% 和 25.95%、53.29% 和 16.22%、59.15% 和 16.59%、23.06% 和 12.86%、36.67% 和 16.37%(表 4)。说明虽然覆土栽培会引起高节竹笋氨基酸总量降低和组分的变化, 但鲜味、甜味和芳香类等提高竹笋口感的氨基酸比例有所升高, 而苦味氨基酸比例有所降低。

表 4 试验高节竹林竹笋氨基酸含量

Table 4 Amino acid content of *P. prominens* shoot from experimental stand ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

试验林 Experimental stand	人体必需氨基酸 Essential amino acid	苦味氨基酸 Bitter amino acid	鲜味氨基酸 Delicious amino acid	甜味氨基酸 Sweet amino acid	芳香类氨基酸 Aromatic amino acid	总氨基酸 Total amino acid
不覆土栽培 Non-covered stand	1.995	3.581	0.451	1.069	2.539	6.091
覆土栽培 1 a One-year soil covered stand	0.815	1.692	0.347	0.677	1.186	3.362
覆土栽培 2 a Two-year soil covered stand	1.664	2.651	0.393	0.894	2.127	4.934

表 5 试验高节竹林竹笋氨基酸组分比例

Table 4 Amino acid components proportion of *P. prominens* shoot from experimental stand (%)

试验林 Experimental stand	人体必需氨基酸 Essential amino acid	苦味氨基酸 Bitter amino acid	鲜味氨基酸 Delicious amino acid	甜味氨基酸 Sweet amino acid	芳香类氨基酸 Aromatic amino acid
不覆土栽培 Non-covered stand	32.76	58.78	7.41	17.55	41.69
覆土栽培 1 a One-year soil covered stand	26.63	55.23	11.34	22.12	38.76
覆土栽培 2 a Two-year soil covered stand	33.75	53.77	7.97	18.13	43.14

3 讨论与结论

竹笋品质包括外观品质、营养品质及风味等, 其决定于竹种的遗传特性, 也受环境因素与栽培措施的影响(朱元洪, 1991; 林海萍等, 2004)。本研究表明确, 高节竹覆土栽培后, 由于笋芽萌发区域的光照、水分、温度等变化的原因, 笋箨色素合成减少, 色泽明显变浅, 基本呈白色, 品相提高, 也使笋箨重量比例下降, 竹笋可食率显著增加, 而且使竹笋个体重量、基径、长度总体上都有显著提高, 明显提高了竹笋的外观形态质量。但高节竹覆土栽培后竹笋蛋白质和氨基酸含量明显下降, 这可能与覆土后竹鞭分布加深, 地下鞭系分布区的温度相对降低, 引起的鞭根 N 素吸收量下降及覆土栽培后笋体成倍增大导致 N 素消耗与养分稀释作用等有关。虽然竹笋氨基酸总量和各类氨基酸含量覆土栽培后均有较为明显的下降, 但鲜味、甜味和芳香类氨基酸比例有一定幅度的升高, 苦味氨基酸含量及其比例降低, 使竹笋口感得到改善。糖、酸、单宁和纤维类物质的含量水

平对果蔬适口性及营养品质有着重要的影响(Lapornik *et al.*, 2005), 特别是单宁和草酸含量不仅影响果蔬风味, 还会影响人体金属离子代谢(赵树田等, 2007)及蛋白质的吸收(Vander, 2001)。本研究发明确, 覆土栽培后高节竹笋可溶性糖、脂肪含量和糖酸比明显提高, 单宁、草酸、总酸、纤维素和木质素含量总体上明显下降, 这与覆土栽培后高节竹鞭系生长区域土壤水分相对充裕, 温度降低, 笋芽处于“暗形态建成”等影响竹笋碳水化合物代谢有关, 一定程度上促进竹笋脂肪、糖类物质合成, 抑制纤维素、木质素和苦涩味物质单宁、草酸等合成, 使竹笋变的细嫩, 芳香味、甜味、鲜味提高, 粗糙度、酸味、苦涩味下降, 从而明显提高了竹笋的适口性。从试验调查测定指标综合分析, 覆土栽培 2 a 比覆土栽培 1 a 的竹笋质量提高作用更为明显。

综上所述, 高节竹覆土栽培后, 对竹笋的外观形态质量和竹笋品质与适口性有明显的提高作用, 而且由于覆土后竹鞭分布区域土壤温度降低, 使高节竹出笋推迟 10 d 左右, 一定程度上提高了竹笋市场价格, 增加了经济效益。由此可见, 高节竹覆土栽培

是项投入少,操作简便,见效快,经济效益显著的实用技术,在高节竹分布区可以规模化推广应用。

参考文献:

- Bai RH(白瑞华), Ding XC(丁兴萃), Du XH(杜旭华), *et al.*. 2011. Influence of covering black film-bags on quality of *Phyllostachys prominens* shoot (套袋栽培对高节竹笋品质的影响)[J]. *J Zhejiang For Sci Technol*(浙江林业科技), **31**(1): 64-67
- Fang W(方伟), Yang DQ(杨德清), Ma ZH(马志华), *et al.*. 1998. The cultivation technique and economic benefit analysis of shoot stand of *Phyllostachys prominens*(高节竹笋用林培育技术及经济效益分析)[J]. *J Bamb Res*(竹子研究汇刊), **17**(3): 15-20
- Hu GL(胡国良), Yu CZ(俞彩珠), Lou JF(楼君芳), *et al.*. 2005. Occurrence regularity and control experiment of shoot wilt in *Phyllostachys prominens*(高节竹梢枯病发生规律及防治试验)[J]. *For Pest & Dis*(中国森林病虫), **24**(5): 38-41
- Lapornik B, Prosek M, Wondra AG. 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time[J]. *J Food Eng*, **71**(2): 214-222
- Lin HP(林海萍), Jiang PK(姜培坤), Fan LM(范良敏). 2004. The affection of the cultivation ways on the quality of the *Phyllostachys praecox* f. *prevenalis* shoot(不同经营措施对雷竹笋的影响品质效应)[J]. *J Bamb Res*(竹子研究汇刊), **23**(1): 22-23
- Ministry of Health of the People's Republic of China(中华人民共和国卫生部). 2003. GB/T 5009.6-2003 Determination of fat in food(食品中脂肪的测定)[S]. Beijing(北京): China Standards Press(中国标准出版社)
- Ministry of Health of the People's Republic of China(中华人民共和国卫生部). 2010. GB/T 5009.5-2010 Determination of protein in food(食品中蛋白质的测定)[S]. Beijing(北京): China Standards Press(中国标准出版社)
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China(中华人民共和国农业部). 2007. NY/T 1278-2007 Determination of soluble sugar content in fruit, vegetable and derived product(蔬菜及其制品中可溶性糖的测定)[S]. Beijing(北京): China Standards Press(中国标准出版社)
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China(中华人民共和国农业部). 2008. NY/T 1600-2008 Determination of tannin content in fruit, vegetable and derived product-spectrophotometry method(水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定)[S]. Beijing(北京): China Standards Press(中国标准出版社)
- Ministry of Health of the People's Republic of China(中华人民共和国卫生部). 2008. GB/T 12456-2008 Determination of total acid in food(食品中总酸的测定)[S]. Beijing(北京): China Standards Press(中国标准出版社)
- Mo RH(莫润宏), Tang FB(汤富彬), Ding M(丁明), *et al.*. 2012. Determination of free amino acids in bamboo shoot by amino acids analyzer(氨基酸分析仪法测定竹笋中游离氨基酸)[J]. *Chemistry*(化学通报), **75**(12): 1 126-1 131
- Vander Wall SB. 2001. The evolutionary ecology of nut dispersal[J]. *Bot Rev*, **67**: 74-117
- Wang YW(王玉万), Xu WY(徐文玉). 1987. Quantitative analysis of cellulose, cellulose and lignin in lignocellulose during solid fermentation(木质纤维素固体基质发酵物中半纤维素、纤维素和木素的定量分析程序)[J]. *Microbiol Chin*(微生物学通报), **5**: 81-84
- Yu L(俞乐), Peng XX(彭新湘), Yang C(杨崇), *et al.*. 2002. Determination of oxalic acid in plant tissue and root exudate by reversed phase high performance liquid chromatography(反相高效液相色谱法测定植物组织及根分泌物中草酸)[J]. *Chin J Analy Chem*(分析化学), **30**(9): 1 119-1 122
- Yu XJ(余学军), Chen QH(陈庆虎), Wu JS(吴家森), *et al.*. 2004. The effects of different fresh-keeping treatments on post-harvest physiology and storage of bamboo shoots in *Phyllostachys prominens*(保鲜处理对高节竹笋采后生理的影响)[J]. *J Bamb Res*(竹子研究汇刊), **23**(1): 46-48, 58
- Zhang JM(张稼敏). 2000. Preliminary report of research on balsania take endangering *Phyllostachys prominens*(高节竹丛枝病研究初报)[J]. *J Zhejiang For Sci Technol*(浙江林业科技), **20**(5): 38, 53
- Zhao ST(赵树田), Zhang SQ(张士青). 2007. Research advances on oxalate metabolism enzymes(草酸代谢酶的研究进展)[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ: Med Sci Ed*(上海交通大学学报·医学版), **27**(10): 1 274-1 277
- Zhu YH(朱元洪). 1992. The effect of fertilization and soil fertility on the nutritive composition of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) shoot(施肥和土壤养分对毛竹笋营养成分的影响)[J]. *Acta Pedol Sin*(土壤学报), **28**(1): 40-48
- titudinal gradients(中华山蓼不同海拔居群的繁殖分配研究)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **46**(6): 830-835
- Zhang TF(张挺峰), Duan YW(段元文), Liu JQ(刘健全). 2006. Pollination ecology of *Aconitum gymnantrum*(Ranunculaceae) at two sites with different altitudes(露蕊乌头(毛茛科)不同海拔居群的传粉生态学)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **44**(4): 362-370
- Zhang J(张健), Li YB(李友宾), Zhang DW(钱大玮), *et al.*. 2006. The investigation of chemical constituents and pharmacological functions of *Chrysanthemum morifolium*(菊花化学成分及药理作用研究进展)[J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*(时珍国医国药), **17**(10): 1 941-1 942
- 的变化)[J]. *J BNU: Nat Sci Ed*(北京师范大学学报·自然科学版), **46**(2): 166-168
- Tan YL(谭亚玲), Hong RK(洪汝科), Chen JF(陈金凤), *et al.*. 2009. Effects of altitude on growth of different rice varieties(海拔高度对不同水稻品种生长的影响研究)[J]. *Seed*(种子), **28**(7): 27-30
- Yan Y(言勇), Yan HH(颜合洪). 2009. Research progress in the effect of climatic factors on the quality of tobacco(气候因子对烟草品质影响的研究进展)[J]. *Crop Res*(作物研究), **23**(5): 339-344
- Zhao F(赵方), Yang YP(杨永平). 2008. Reproductive allocation in a dioecious perennial *Oxyria sinensis*(Polygonaceae) along al-

(上接第 550 页 Continue from page 550)