

不同海拔两种天麻仿野生栽培下产量和品质变化

曾勇^{1,2}, 蔡传涛^{1*}, 刘贵周¹, 文平³

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 大方县九洞天麻开发有限公司, 贵州大方 551600)

摘要: 为促进黔西北天麻的稳产高产以及山区经济的发展, 本研究采用完全试验设计的方法, 对天麻(*Gastrodia elata* Blume) 进行仿野生有性繁殖试验, 探讨不同海拔下 2 个天麻品种在产量和品质上的变化, 以及栽培天麻的经济效益分析。结果表明, 在产量上, 海拔 1400 ~ 1800 m 范围内, 红、绿天麻以 1800 m 处的产量最高, 其中红天麻的箭麻产量(2836.80 g/m²)、麻种产量(3799.90 g/m²) 和箭麻数(38.33 个/m²) 均显著高于绿天麻; 在品质上, 红、绿天麻以 1800 m 处品质最优, 其中红天麻在折干率(16.33%) 上显著低于绿天麻(19.25%), 而在天麻素(4.43%) 和天麻多糖含量(36.63%) 上则高于绿天麻(4.26%, 31.10%)。通过对不同海拔下 2 种天麻的经济效益分析可知, 对黔西北地区来说, 在海拔 1800 m 处栽培红天麻能获得较高的经济效益。

关键词: 海拔; 品种; 仿野生栽培; 天麻; 经济效益

中图分类号: Q949.95; S567.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2011)05-0637-07

Yield and Quality Variation in Two Varieties of *Gastrodia elata* Blume in Bionic Wild Cultivation at Different Altitudes

ZENG Yong^{1,2}, CAI Chuan-Tao^{1*}, LIU Gui-Zhou¹, WEN Ping³

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Dafang County Kowloon Development Co. Ltd. *Gastrodia*, Dafang, Guizhou 551600, China)

Abstract: *Gastrodia elata* Blume is a rare species because of its value in Chinese traditional medicine and extensive exploitation. To improve the yield and quality of *G. elata* and to promote the development of the social economy in northwestern Guizhou Province, we carried out complete test design experiments to mimic sexual reproduction of wild *G. elata* to investigate the yield and quality of two varieties of *G. elata* planted at different altitudes, and to analyze their economic effectiveness. Within an altitude range of 1400 – 1800 m, *G. elata* had the highest yield at an altitude of 1800 m, with yield of mature tuber (2836.80 g/m²) and immature and juvenile tuber (3799.90 g/m²) and the number of mature tubers (38.33 individuals/m²) of *Gastrodia elata* Bl. f. *elata* higher than *Gastrodia elata* Bl. f. *viridis* Makino. Furthermore, *G. elata* had the best quality when planted at an altitude of 1800 m. Although the dry rate of *G. elata* f. *elata* (16.33%) was significantly lower than *G. elata* f. *viridis* (19.25%), its gastrodin (4.43%) and polysaccharide (36.63%) contents were higher than *G. elata* f. *viridis*. Based on the economic effectiveness analysis of two varieties of *G. elata* at different altitudes in northwestern Guizhou Province, *G. elata* f. *elata* cultivated an altitude of 1800 m would be most economical.

Key words: Altitude; Variety; Bionic wild cultivation; *Gastrodia elata* Blume; Economic effectiveness

收稿日期: 2011-02-18, 修回日期: 2011-07-01。

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2007BAD53B04); 中国科学院科技支黔项目(ZQ-08-02)。

作者简介: 曾勇(1985-) 男, 硕士研究生, 主要从事药用植物栽培技术的研究(E-mail: zengyong1314155@126.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: caict@xtbg.ac.cn)。

天麻(*Gastrodia elata* Blume) 属兰科(Orchidaceae) 多年生草本植物,是我国传统中草药之一,最早以赤箭之名始载于《神农本草经》,被列为上品,多以块茎入药。天麻的化学成分较多^[1 2],其中天麻素和天麻多糖是主要的药效成分,其含量的高低直接影响到天麻药材的品质^[3 4]。天麻在临床上用来预防和治疗高血压、冠心病、老年性痴呆等疾病^[5]。天麻在我国分布范围广,其中陕西汉中、云南昭通和黔西北等地区都是天麻的道地产区^[4]。近年来,人们将天麻栽种在野外荒坡、阔叶树林间,这种方式被称为天麻的仿野生栽培^[6]。仿野生栽培的天麻既保持了野生天麻的品质,又增加了产量^[7 8],其市场价格要高于一般人工栽培(箱式或袋料栽培)。黔西北地区,经济较为落后,在该地开展天麻的仿野生栽培研究,对促进当地经济发展有着重要的意义。目前,天麻有性繁殖的技术已基本成熟,相关的研究报道也很多^[9-13],但在仿野生条件下,探讨天麻的产量和品质对海拔适应的研究报道较少。本研究在黔西北地区仿野生条件下,对天麻进行有性繁殖,分析红、绿 2 种天麻的产量和品质随海拔梯度的变化以及产生的经济效益,旨在寻求天麻高产优质的最适海拔高度和品种类型,为当地农民提供致富渠道,为天麻的稳产高产提供理论依据。

1 试验地概况

1.1 试验地自然概况

试验地点位于贵州省大方县的小屯、坝子、核桃

3 个乡镇,属于乌江上游六冲河北岸,暖温带湿润季风气候明显。该地区年平均气温 11.8 ℃,无霜期 257 d,年平均降水量 1150.4 mm,年日照时数 1335.5 h,属于高海拔低纬度地区。3 个试验样地均为阴坡地段,其中坝子点林地主要树种为壳斗科(Fagaceae) 白栎(*Quercus fabri* Hance),其它 2 个林地主要树种为杉科(Taxodiaceae) 柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr),林地内植株株高约 2~4 m,株距 1~3 m,冠幅直径≤2 m(表 1)。

1.2 试验地土壤养分概况

采用对角线法对 3 个试验地土壤进行取样,取样深度为 20 cm,将每个试验地的土壤采用四分法混合,取约为 1 kg 的土样,带回实验室。采用常规方法对供试土壤进行 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、水解氮、有效磷和有效钾的测定。3 个试验地的土壤均呈酸性且富含有机质(表 2)。天麻在有性繁殖中,其生长繁殖的营养主要来源于萌发菌和蜜环菌,土壤养分成分对其影响甚小。因此,从土壤理化性质上看,在黔西北地区 1400~1800 m 范围的林地均适合天麻的栽培。

2 材料与方法

2.1 试验材料

红、绿天麻蒴果、萌发菌 GSF-8103(福建三明市真菌研究所),蜜环菌 0801(大方县九龙天麻开发有限公司,以下简称“公司”)均由公司提供,其中

表 1 试验地自然概况
Table 1 Description of experimental fields

试验地编号 Experimental fields No.	试验点 Experimental fields	海拔 Altitude(m)	纬度 Latitude(N)	经度 Longitude(E)	郁闭度 Canopy density(%)	主要树种 Main tree species
1	小屯 Xiaotun	1800	27°06.720′	105°36.447′	60~70	柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> Hooibrenk ex Otto et Dietr
2	坝子 Bazi	1600	27°22.237′	105°37.170′	60~80	白栎 <i>Quercus fabri</i> Hance
3	核桃 Hetao	1400	27°20.327′	105°35.821′	60~70	柳杉 <i>C. fortunei</i>

表 2 不同试验地土壤 pH 值和养分含量
Table 2 pH and soil nutrient contents in different experimental fields

试验地编号 Experimental fields No.	pH	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	水解氮 Hydrolyze N (mg/kg)	有效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
1	5.07	56.36	2.84	1.322	13.90	210.00	2.64	174.00
2	4.75	28.75	1.19	0.361	20.88	96.00	3.33	147.00
3	4.16	28.95	1.13	0.206	4.03	102.00	2.69	54.00

培植蒴果的种麻为公司2008年GAP基地无性繁殖采收的箭麻,统一在公司育种场进行育种。菌材由当地农户提供。

试验中天麻的不同品种经贵阳中医学院杨锦刚教授鉴定为红天麻(*Gastrodia elata* Blume f. *elata*)和绿天麻(*Gastrodia elata* Blume f. *viridis* Makino)。

试验菌材桦木科(Betulaceae)亮叶桦(*Betula lunifera* Winkler),以及样地树种白栎(*Quercus fabri* Hance)、柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr)标本由中科院昆明植物研究所尹志坚博士鉴定。

2.2 实验设计

试验采用完全试验设计的方法,探讨在黔西北3个海拔梯度(1800、1600和1400 m)下2个天麻品种(红天麻H和绿天麻L)的产量和品质的变化规律。试验共设6个处理,每个处理50穴。采用公司仿野生栽培天麻的方法^[14],于2009年5月初,按照每穴20 kg菌材和1袋蜜环菌(986.27 ± 56.21 g)进行2层固定菌床的培植,菌材统一选用亮叶桦;穴的规格:1 m×0.5 m×0.25 m(长×宽×深),穴间距0.5~1 m,穴底约呈10°~15°。于2009年6月10~16日蒴果成熟时,采摘花序轴中部蒴果,每穴(1 m²)按16个蒴果、1袋萌发菌(315.28 ± 19.33 g)进行拌种,待萌发菌重新生长后(约4~6 d),于2009年6月15~23日进行天麻的栽培。

2.3 产量测定

箭麻、白麻和米麻是天麻生活史中3个不同的生长阶段,其中箭麻主要用作商品麻进行加工出售,以及用作种麻生产蒴果进行有性繁殖,白麻和米麻主要用来作麻种进行无性繁殖。各部分用途不同,其价格各异,进而产生的经济效益不同,因此在天麻的采收过程中,需将箭麻、白麻和米麻进行分装。

试验于2010年10月28~30日进行天麻的采收,每穴单独收集。于2010年11月1~2日按箭麻、白麻和米麻进行分拣,用电子天平分别称其重量,统计箭麻产量、麻种产量和箭麻数量。麻种产量=白麻重量+米麻重量。

2.4 品质测定

折干率测定:因为箭麻是商品麻的主要来源,其品质的优劣直接影响到商品麻的好坏,所以按不同海拔和品种对采收的箭麻进行取样,带回实验室,洗

净表面泥土,测定其鲜重(W_1),于120℃下蒸至天麻透心后,在50~60℃下烘干至恒重,测定干重(W_2),计算折干率($r = W_2 / W_1$)^[15],每个处理重复5次,取平均值。

天麻素和天麻多糖测定:仪器采用美国Waters高效液相色谱仪(配600泵、717自动进样器、2487紫外检测器),以十八烷基硅键合硅胶为填充剂,以乙腈-0.05%磷酸溶液(3:97)为流动相,检测波长为220 nm。试验中乙腈为色谱纯,水为超纯水,其余溶剂均为分析纯。天麻素、天麻多糖的对照品购自南京郎泽医药科技有限责任公司。对照品溶液和供试品溶液的制备和测定,参照2005版药典^[16]的方法。其中天麻多糖含量以葡萄糖计。

2.5 经济效益分析

依托大方县九龙天麻开发有限公司的收购价格,结合2010年当地天麻市场,计算不同海拔和品种下天麻的产值;根据试验安排时的各项支出,核算天麻从栽培至采收的成本;通过产值和成本计算年均利润。由于箭麻的用途不同,产生的经济效益各异,因此统计中需按用途不同分别进行计算。当箭麻作商品麻时:产值=箭麻产量×商品麻价格+麻种产量×麻种价格;当箭麻作种麻时:产值=箭麻数×种麻价格+麻种产量×麻种价格。年均利润=(产值-成本)/种植年限。红、绿天麻价格平均为:麻种70元/kg,商品麻36元/kg,种麻平均5元/个(参照公司收购价格)。有性繁殖中天麻的种植年限按1.5年计。

2.6 数据统计与处理

运用SPSS16.0(SPSS,Chicago,IL)进行数据处理,采用方差分析方法,比较2个品种天麻的产量(箭麻产量、麻种产量和箭麻数)和品质(折干率、天麻素和天麻多糖含量)随海拔的变化,多重比较选用LSD法,显著水平 $\alpha = 0.05$ 。运用SigmaPlot 11.0(Systat Software Inc)软件进行作图。

3 结果与分析

3.1 不同海拔下两种天麻的产量变化

试验结果表明,海拔对箭麻和麻种产量、箭麻数的影响,品种对箭麻和麻种产量的影响,以及交互作用对麻种产量和箭麻数的影响,均达显著水平($p < 0.05$)(表3)。随着海拔高度的降低,红天麻的箭麻产量、麻种产量和箭麻数均呈先降低后增加的趋势。

表 3 对不同海拔和品种的箭麻产量、麻种产量和箭麻数的方差分析

Table 3 ANOVA of the effects of altitude and variety on the yield of mature tuber, immature tuber and the number of mature tubers in *Gastrodia elata* Blume

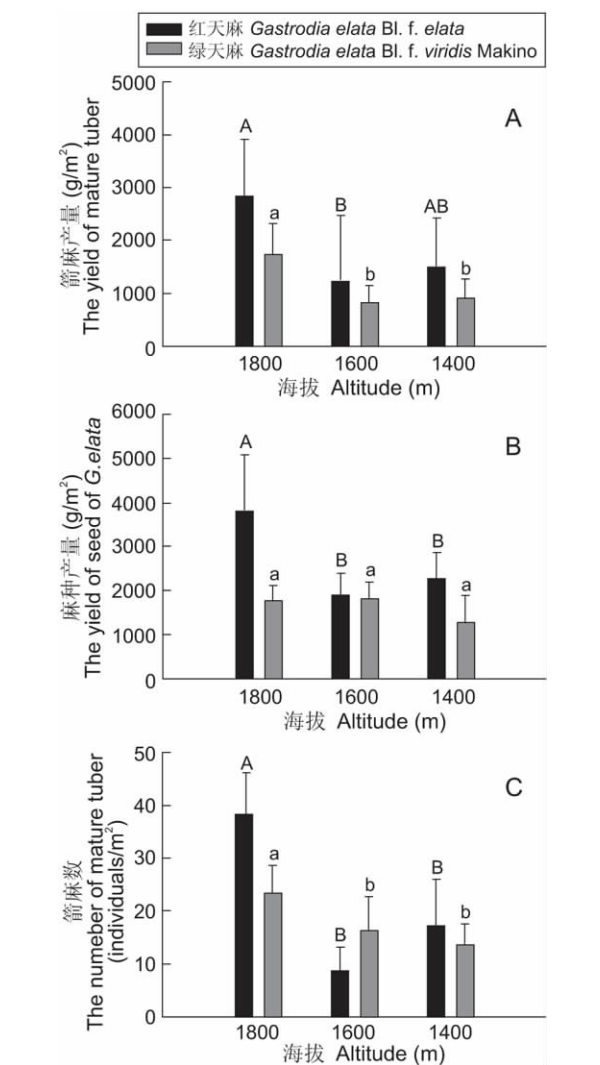
方差来源 Sources of ANOVA	箭麻产量 The yield of mature tuber (g/m ²)		麻种产量 The yield of immature and juvenile tuber (g/m ²)		箭麻数 The number of mature tubers (individuals/m ²)	
	F	p	F	p	F	p
海拔 Altitude	8.27	0.00	5.84	0.01	28.40	0.00
品种 Variety	6.07	0.02	18.42	0.00	2.72	0.11
海拔 × 品种 Altitude × Variety	0.55	0.59	4.50	0.02	9.06	0.00

注: F=组间均方/组内均方, p 为概率, 下同。
Note: F = Mean squares between groups/Mean squares within group. p means probability. The same below.

势 都以海拔 1800 m 处产量最高, 箭麻数量最多, 分别为 2836.80 g/m²、3799.90 g/m² 和 38.33 个/m², 显著高于其他 2 个海拔。绿天麻的箭麻产量随海拔的降低呈先降低后增加的趋势, 其中以 1800 m 处产量最高(1743 g/m²), 显著高于其他 2 个海拔下的产量(图 1: A); 麻种产量在 3 个海拔中差异不显著($p > 0.05$) (图 1: B); 箭麻数呈降低趋势, 其中以 1800 m 处箭麻数量最多(23.43 个/m²)。红天麻在箭麻和麻种产量上均高于绿天麻, 而在箭麻数量上, 红天麻箭麻数在海拔 1800 和 1400 m 处高于绿天麻, 在 1600 m 处则低于绿天麻(图 1: C)。可见, 在海拔 1800 处进行天麻有性繁殖, 红、绿天麻均能获得高产, 而且在箭麻产量、麻种产量和箭麻数上, 红天麻优于绿天麻。

3.2 不同海拔下两种天麻的品质变化

试验结果表明, 海拔、品种以及两者的交互作用对天麻素和天麻多糖含量, 以及品种对箭麻折干率的影响均达显著水平($p < 0.05$) (表 4)。红、绿天麻素含量均以海拔 1800 m 处最高(4.43%和 4.26%), 显著高于其他 2 个海拔下的天麻素含量; 红、绿天麻多糖含量在 1800 m 和 1600 m 处显著高于 1400 m 处。3 个海拔下的红天麻箭麻折干率均低于绿天麻, 其中 1800 m 红天麻折干率为 16.33%, 绿天麻折干率为 19.25% (图 2: A)。不同品种的天麻素和天麻多糖含量有相同的变化规律, 其中以海拔 1800 m 处红天麻的天麻素含量(4.43%) 高于绿天麻(4.26%), 红天麻的天麻多糖含量(36.63%) 高于绿天麻(31.10%), 而在海



数据为平均值 ± 标准差。柱状图上不同大写字母表示红天麻在不同海拔之间差异显著 ($p < 0.05$), 不同小写字母表示绿天麻在不同海拔中差异显著 ($p < 0.05$)。下同。
Each value is mean ± SD. Different capital letters on the histogram indicate significant difference at the 0.05 level for *G. elata* f. *elata* at different altitudes, while small letters indicate significant difference at the 0.05 level for *G. elata* f. *viridis*. The same below.

图 1 海拔和品种对天麻箭麻产量 (A)、麻种产量 (B) 和箭麻数 (C) 的影响
Fig.1 The effects of altitude and variety on the yield of mature tuber (A), immature tuber (B) and the number of mature tubers (C) in *Gastrodia elata* Blume

拔 ≤ 1600 m 时, 红天麻的天麻素和天麻多糖含量均低于绿天麻, 而且随着海拔的降低, 红、绿天麻的天麻素(图 2: B) 和天麻多糖(图 2: C) 含量的差距逐渐增大。可见, 在海拔 1800 m 进行天麻的仿野生栽培, 其红、绿天麻品质最佳, 其中红天麻在折干率上, 低于绿天麻, 在天麻素和天麻多糖含量上, 则高于绿天麻。

表 4 不同海拔和品种的箭麻折干率、天麻素和天麻多糖含量的方差分析

Table 4 ANOVA analysis of the effects of altitude and variety on the dry rate of mature tuber ,the content of gastrodin and polysaccharide in *G. elata*

方差来源 Sources of ANOVA	箭麻折干率 The dry rate of mature tuber (%)		天麻素 Gastrodin (‰)		天麻多糖 Polysaccharide of <i>G. elata</i> (%)	
	F	p	F	p	F	p
海拔 Altitude	1.215	0.33	65.13	0.00	458.50	0.00
品种 Variety	10.51	0.01	19.66	0.21	41.24	0.00
海拔×品种 Altitude×Variety	0.16	0.86	18.18	0.00	763.42	0.00

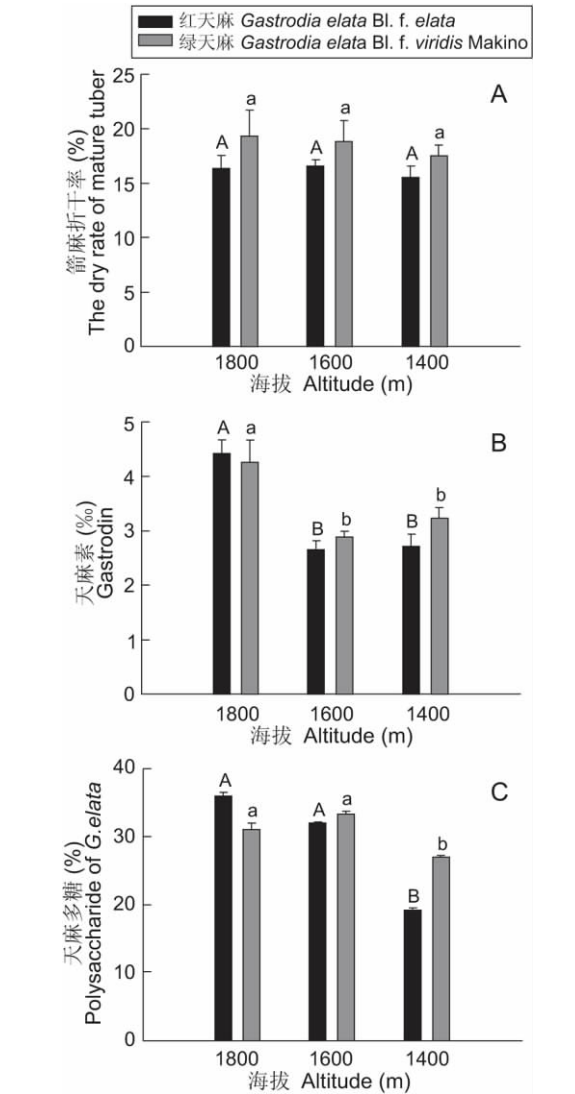


图 2 海拔和品种对箭麻折干率 (A)、天麻素 (B) 和天麻多糖含量 (C) 的影响

Fig. 2 Effects of altitude and variety on dry rate of mature tuber (A) ,the content of gastrodin(B) and polysaccharide(C) in *G. elata*

3.3 经济效益分析

根据天麻栽培至采收的实际支出项目 ,核算栽培天麻的成本(表 5) 。由于产值和年均利润与产量成正比 ,因此产值和年均利润随海拔、品种的变化与产量的变化规律一致。由表 6、表 7 可知 ,在黔西北地区进行天麻的仿野生栽培 ,能够为当地农民带来可观的经济收入 ,即使在产值最低时(13393. 22 元) ,其投入产出比也高达 1: 7. 38。不同海拔下 ,栽培 50 穴红天麻的年均利润在 10867. 29 ~29695. 67 元 50 穴绿天麻的年均利润在 7718. 88 ~24380. 80 元。其中 红、绿天麻均在海拔1800 m处产生的经济效益最

表 5 成本概况(50 穴)

Table 5 Description of input costs (50 m²)

支出事项 Expenditure items	用量 Amount	单价(元) Unit-price	成本(元) Costs
天麻蒴果 Capsules of <i>G. elata</i>	800	0. 5	400
木材 Timber	1000	0. 4	400
蜜环菌 <i>Armillaria</i>	50	3. 5	175
萌发菌 Germinative fungi	50	2. 5	125
穴 Xue	50	2. 5	125
劳动力 Labor	4	60	240
管理费 Management fee			500
土地租金 The rent of land			100
合计 Sum			1815

表 6 不同海拔和品种的天麻产值比较(50 穴)

Table 6 Comparison of output value in different of altitudes and varieties of *G. elata* (50 m²)

海拔 Altitude (m)	产值(元) Output value			
	红天麻 <i>G. elata</i> f. <i>elata</i> Mature tuber as product	箭麻作种麻 Mature tuber as seed	绿天麻 <i>G. elata</i> f. <i>viridis</i> Mature tuber as product	箭麻作种麻 Mature tuber as seed
1800	37404. 33	46358. 50	18941. 30	24380. 80
1600	18209. 82	18115. 94	16109. 18	21279. 05
1400	21769. 68	24927. 92	13393. 32	16896. 94

表 7 不同海拔和品种的天麻年均利润比较(50 穴)

Table 7 Comparison of annual profit in different of altitudes and varieties of *G. elata* (50 m²)

海拔 Altitude (m)	年均利润(元) Annual profit			
	红天麻 <i>G. elata</i> f. <i>elata</i> Mature tuber as product	箭麻作种麻 Mature tuber as seed	绿天麻 <i>G. elata</i> f. <i>viridis</i> Mature tuber as product	箭麻作种麻 Mature tuber as seed
1800	23726. 22	29695. 67	11417. 53	15043. 87
1600	10929. 88	10867. 29	9529. 47	12976. 03
1400	13303. 12	15408. 61	7718. 88	10054. 63

好,而且栽培红天麻的经济效益要高于栽培绿天麻的,当箭麻作种麻时产生的效益要高于箭麻作商品麻的。

4 讨论与结论

药用植物的产量是由外界条件(如海拔、温湿度等)和自身遗传因素(如品种)共同作用的结果,药材品质体现在有效成分的含量上,有效成分多为药用植物的次生代谢产物,它们在植物体内的积累除受品种的影响外,很大程度上也受生长环境、气候、土壤等外界因素的直接或间接影响^[17]。药用植物通过产量的分配,以及有效成分的积累来响应外界和自身条件的变化^[18-21]。

4.1 海拔对天麻产量的影响

随着海拔高度的变化,植物的生长环境也发生相应的变化,尤其是温度、湿度的垂直变化,使得植物的生物量和生物量构成受到影响^[22]。海拔每升高100 m,温度降低0.6℃左右是普遍的自然现象,而温度是影响天麻生长的主要环境因子。天麻块茎在地温低于10℃时则处于休眠状态,生长发育完全停止,10℃以上时开始萌动,20~25℃生长最快,30℃生长受抑制;天麻种子在15~28℃能发芽,其中最适温度为25~28℃,30℃发芽受抑制^[23]。在黔西北地区,随着海拔升高,气温降低,湿度增大,这为天麻的生长和繁殖提供了良好的环境。在海拔1400~1800 m范围内,红天麻产量随海拔梯度的上升呈先降低后升高的趋势,而绿天麻产量的变化趋势不是很明显,说明不同品种的天麻对海拔梯度有不同的适应能力。其中红、绿天麻在海拔1800 m处产量最高,而在1400 m处,产量略有降低,反映出天麻对高海拔的良好适应,低海拔的高温低湿可能是影响天麻产量的主要原因。这与王绍柏等^[23]在湖北宜昌1000~1300 m适宜建立红天麻品种园的研究报道不甚一致,这可能与气候和生态环境有密切的关系,因此天麻的栽培要讲究因地制宜。在海拔1600 m处,红天麻的产量变化比绿天麻大,这有可能与试验地的选择有关,虽然天麻生长繁殖的营养主要来源于萌发菌和蜜环菌供给,土壤养分对其影响很小,但生长地的小环境变化尤其是温度、湿度的变化对其有一定影响。林地主要树种不同,会使得林下草本植物的丰富度和物种密度发生变化,而天麻生长有避光、向湿的特点^[24],这种变化反映

了红天麻受生长地物种的影响比绿天麻要大,但是物种丰富度和物种密度如何引起天麻生长繁殖及产量的变化,以及土壤养分怎样随着水分进入菌材,影响蜜环菌生长,至今还未知晓,有待深入的研究。

4.2 海拔对天麻品质的影响

药用植物在次生代谢中积累有效成分的多少反映出药材品质的优劣。本试验中,红、绿天麻折干率在不同海拔下,其差异均不显著,但在不同品种中,绿天麻箭麻折干率显著高于红天麻。各试验点天麻素含量均高于国家药典规定指标(0.2%)^[16],这是天麻长期适应黔西北自然环境的结果,也显示出作为天麻道地药材产区栽培天麻的优势所在。在不同海拔下,1800 m处天麻的天麻素含量显著优于其他2个海拔点,1800和1600 m处天麻的天麻多糖含量显著高于1400 m处,说明天麻有效成分积累与产量高低有一定的联系,天麻在1800 m生长旺盛,使得产量最大,相应品质也最高;2个品种中,天麻素含量差异不显著,这与前人研究结果一致,但品种间天麻多糖含量却有不同。

4.3 仿野生栽培天麻对经济发展的影响

黔西北是我国经济欠发达地区,农民大都外出打工,这使得农村闲置了大量的土地和荒坡、森林等生产资料,同时农村人口大量涌入城市,也给城市带来许多社会问题。天麻的仿野生栽培,就是依托当地自然环境,就地取材,投入少,见效快,收益大,经济效益显著,是一项引导当地农民发家致富,促进地区经济发展的惠农工程。研究结果表明,栽培50穴天麻,年均利润最高可达29695.67元,最低为7718.88元(表7)。可见,栽培天麻的确能为当地农民提供致富渠道,促进地区经济发展。因此,农民可以根据自己的生产资料,选择合适栽培地块和天麻品种,使其创造更多的经济价值。

综上所述,依托黔西北地区的自然环境,进行天麻仿野生栽培,操作简单,经济效益显著,应大力推广天麻仿野生栽培技术。在该地区海拔1800 m处栽培的天麻,产量最高,品质最佳,经济效益最好,其中红天麻在产量、品质 and 经济效益上优于绿天麻。鉴于黔西北地区天麻品质优异,而且栽培天麻的确能为当地农民带来可观的经济收入,引导当地农民发家致富,促进地区经济快速发展,因此建议在黔西北地区,将红、绿天麻规模化种植基地建在海拔1800 m及其附近范围内,农民的零星栽培需

要根据自己的生产资料,可以在更广泛的海拔范围内栽种;同时建议在该地区加强天麻病虫害防治,规模化种植时严格按照仿野生栽培天麻病虫害防治的方法^[25],进一步保证天麻的稳产高产,实时监控天麻市场价格变动,根据经济效益选择合适的生产规模。

致谢: 本研究得到了大方县九龙天麻开发有限公司的大力支持,文章撰写得到中科院西双版纳热带植物园蔡志全老师、文彬老师、唐樱殷和焦冬英同学的细心指导,以及云南省农科院药用植物研究所张霁、中科院昆明植物研究所贺正山的热心帮助,特致谢忱!

参考文献:

- [1] Li H X, Ding M Y, Li Y W, Lv K, Wei Y, Yu J Y. Identification and determination of the active compounds in *Gastrodia elata* Blume by HPLC [J]. *J Liq Chromatogr Related Technol*, 2001, 24(4): 579–588.
- [2] Jang J W, Lee J Y, Kim C J. Anti-asthmatic activity of phenolic compounds from the roots of *Gastrodia elata* Bl [J]. *Int Immunopharmacol*, 2010, 10(2): 147–154.
- [3] 关萍, 高玉琼, 石建明, 康冀川, 陈放. 不同产地野生及栽培天麻中天麻素含量比较 [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(21): 1698–1699.
- [4] 吴刚, 秦民坚, 康继川, 季祥彪. 不同产地天麻质量评价 [J]. 现代中药研究与实践, 2007, 21(1): 40–43.
- [5] 杨世林, 兰进, 徐锦堂. 天麻的研究进展 [J]. 中草药, 2000, 31(1): 66–69.
- [6] 曲宏国. 天麻仿野生栽培 [J]. 新农业, 2003(5): 16–17.
- [7] 望宏端. 天麻仿野生栽培立体模式设计 [J]. 中国食用菌, 2000, 20(1): 28–30.
- [8] 李平松. 浅谈天麻的仿野生栽培 [J]. 云南农业, 2005(5): 27–28.
- [9] 徐锦堂, 冉砚珠, 郭顺星. 紫萁小菇与天麻种子萌发培养技术: 中国, 1038743 [P]. 1990-01-17.
- [10] 漆爱红, 王顺才, 万红玲. 天麻有性繁殖技术试验研究 [J]. 农林科技, 2005, 34(3): 50–51.
- [11] 李喜范, 王鑫, 李军. 北方天麻有性繁殖高产技术 [J]. 食用菌, 2005(6): 37–39.
- [12] 赵萌, 杜红安, 杨强, 孟克科, 王西方. 天麻有性繁殖速生箭麻的实验观察 [J]. 现代中医药, 2005(3): 7–8.
- [13] 王绍柏, 余昌俊, 许启新, 周富君. 缩短天麻生长繁殖周期的研究 [J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(5): 451–454.
- [14] 蔡传涛, 刘贵周, 文平. 一种天麻仿野生栽培技术: 中国, 101180933 [P]. 2008-05-21.
- [15] 李德勋, 陈桂, 肖顺经. 正交试验法优选鲜的蒸制干燥工艺 [J]. 现代中药研究与实践, 2006, 20(2): 56–57.
- [16] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2005年版一部) [S]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 39.
- [17] 陈士林, 索风梅, 韩建萍, 谢彩香, 姚辉, 李西文, 李滢, 魏建和. 中国药材生态适宜性分析及生产区划 [J]. 中草药, 2007, 38(4): 481–487.
- [18] Kroon H D, Huber H, Stuefer J F, Groenendaal J M. A modular concept of phenotypic plasticity in plants [J]. *New Phytol*, 2005, 166: 73–82.
- [19] Moriuchi K S, Winn A A. Relationships among growth, development and plastic response to environment quality in a perennial plant [J]. *New Phytol*, 2005, 166: 149–158.
- [20] Hermans C, Hammond J P, White P J, Verbruggen N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation [J]. *Trends Plant Sci*, 2006, 11(12): 610–617.
- [21] Geng Y P, Pan X Y, Xu C Y, Zhang W J, Li B, Chen J K. Plasticity and ontogenetic drift of biomass allocation in response to above- and below-ground resource availabilities in perennial herbs: a case study of *Alternanthera philoxeroides* [J]. *Ecol Res*, 2007, 22(2): 255–260.
- [22] 李凯辉, 胡玉昆, 王鑫, 范永刚, 吾买尔, 吾守. 不同海拔梯度高寒草地地上生物量与环境因子关系 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(9): 2019–2024.
- [23] 余昌俊, 王绍柏, 曹斌. 利用海拔温差调控种植天麻的研究 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 48–54.
- [24] 郭顺星. 天麻生长特性及其在栽培种的应用 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(5): 253.
- [25] 蔡传涛, 刘贵周, 蔡志全, 文平, 李友德, 杨俊. 一种仿野生条件人工栽培天麻的病虫害防治方法: 中国, 101695247A [P]. 2010-04-21.

(责任编辑: 张 平)