

青蒿素含量与土壤、植株养分含量关系的研究

漆小雪, 韦 霄, 蒋运生, 陈宗游, 唐 辉, 李 锋

(广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国 科学院

摘 要: 调查和分析测定同一产区不同土壤类型的黄花蒿土壤和植株不同部位的养分含量及青蒿素含量, 并对其进行相关分析和因子分析, 结果表明, 青蒿素含量与土壤 Ca 的含量有显著的正相关关系, 与根 N、茎 N 素含量以及植株地下部和地上部的 N 素含量比有显著的负相关关系, 与茎部和叶部的 N 素含量比有极显著负相关关系; 黄花蒿植株叶片的 N 含量与土壤 P 含量有显著的正相关关系; 影响青蒿素含量的主要因子是黄花蒿植株体内的养分含量, 其次是土壤的养分含量以及土壤和植株等综合因子。通过施肥、适当补充土壤中的 Ca 和 P 素营养, 改善土壤养分状况等各种途径来调节植株体内的养分, 降低地下部和地上部的 N 素含量比值, 茎叶部 N 素含量比值, 提高青蒿素的含量, 增施 K 肥, 有利于黄花蒿的生长。

关键词: 青蒿素; 土壤 Ca; 土壤 P; N 素含量比; 影响因子

中图分类号: Q945.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)05-0627-04

Relation to the content of Artemisinin and the contents of the nutrient elements in soil and plant

QI Xiao-Xue, WEI Xiao, JIANG Yun-Sheng,
CHEN Zong-You, TANG Hui, LI Feng

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: The nutrient contents in different types of soil and different parts of *Artemisia annua* plant and the contents of artemisinin were investigated and analysed. The correlation and factor analysis indicated respectively that there was a notable positive correlation between the content of artemisinin and soil Ca, a notable negative correlation between the content of artemisinin and root N, stem N and the ratio of N content in roots to that in the overground parts of the plant, a marked negative correlation between the ratio of stem N to leaf N; And a notable positive correlation between the content of leaf N and soil P; The main factors affecting artemisinin accumulation were nutrient content in *A. annua* plant itself, the contents of the nutrient elements in soil and integrative factor between the soil and the plant. It was beneficial to the growth of *A. annua* and artemisinin accumulation by fertilizing, supplying to Ca, P properly, improving the nutrient status of soil and so on, reducing the ratios of N in the roots to N in the stems and N in the stems to N in the leaves, adjusting the plant nutrient content in the plant. Supplying to fertilizer K can also enhance the growth of *A. annua*.

Key words: *Artemisinin*; soil Ca; soil P; the ratio of N content; influence factors

黄花蒿(*Artemisia annua*)别名青蒿,菊科艾属一年生草本植物。为我国传统中药,民间用作消暑、泻热、凉血、消肿、止汗等。20世纪70年代初,我国医药工作者从黄花蒿中发现一种新型的抗疟成分

收稿日期: 2008-07-22 修回日期: 2009-02-16

基金项目: 中国科学院农办项目(KSCX2-YW-N-44-05);广西科技攻关项目(桂科攻 0663003);广西自然科学基金(桂科基 0731039);广西自然科学基金(桂科自 0640138)[Supported by Agricultural Office of Chinese Academy of Sciences(KSCX2-YW-N-44-05);Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(0663003);Special Item of Science Foundation of Guangxi(0731039);Natural Science Foundation of Guangxi(0640138)]

作者简介: 漆小雪(1963-),女,广西桂林人,副研究员,主要从事植物营养研究。

——青蒿素,对脑型疟、恶性疟、间日疟,具有高效、速效、低毒的特点,是目前国际上防治疟疾的首选药物。黄花蒿是已被世界卫生组织认可、按西药标准研究开发的中药材(李伟等,2003;刘春朝等,2003;杨水平等,2004;刘旭,2003)。广西是全国青蒿素产品主要产地之一,当地黄花蒿植株青蒿素含量最高(青蒿素含量在0.4%~1%之间,高达1.1%)的省(区),年产量4000t以上。目前国内外对黄花蒿资源调查和良种选育(钟国跃等,1998;韦记青等,2005;李锋等,1997)以及黄花蒿的生物学特性(韦霄等,1997;傅德明等,2005)、生理生化特征(耿飒等,2002)和影响青蒿素含量的生态条件、植物学形态、栽培技术(黄正方等,1997;刘春朝等,1999;杨海梅等,2005;王梦琼,2004;雷红松,2005),采收(钟凤林等,1997)等进行了一定的研究,但对影响青蒿素含量的土壤类型和黄花蒿植株体内养分含量关系研究甚少。本文通过对同一产区不同土壤类型生长的黄花蒿进行了调查,测定了土壤和植株养分含量,并探讨其相关性,旨在确定影响青蒿素含量的土壤养分因子和黄花蒿植株体内养分因子,以及不同基质的土壤生长的黄花蒿中青蒿素含量与黄花蒿植株体内养分的差异,为制订黄花蒿合理的土、肥管理技术措施提供科学的理论依据。

1 调查研究方法

1.1 调查区域的选择

广西全州县位于广西东北部中亚热带季风气候区,年平均气温17.7℃,年积温6465℃,无霜期长达299d,年降雨量1492.2mm,野生黄花蒿在全县境内不同土壤上均有分布。其中分布面积较大的有紫色土、红壤和石灰土等。因此,在该县选择3种具有代表性的土壤对黄花蒿进行产区调查和土壤、植株的养分分析。

1.2 样品的采集和处理

在全州县咸水乡、绍水镇、石塘镇,分别选择紫色土、红壤和红色石灰土三种不同类型的土壤,分别采集黄花蒿主根系分布层土壤1kg左右和黄花蒿植株10~20株,称取鲜重后,带回实验室。根据实验的要求,对土壤和植株进行处理,测定青蒿素含量的植株叶片采用自然风干法,测定植株营养成分的根、茎、叶,用去离子水洗净后杀青,烘干,研磨过筛,装入玻璃瓶中分析备用。土壤样品阴干后,研磨过

筛,装入玻璃瓶中分析备用(中国土壤学会农业化学专业委员会编,1984)。

1.3 样品分析

土壤水分测定采用恒温干燥法,有机质采用容量法,N采用开氏定氮法,P、K、Ca、Mg、Fe、Zn、Mn、Mo、Cu、B采用ICP法,土壤S采用EDTA间接滴定法,土壤Cl采用离子色谱法;植株N采用开氏法,植株P、K、Ca、Mg、Fe、Zn、Mn、Mo、Cu、B采用酸溶-ICP法,植株S采用红外线吸收法,植株Cl采用灰化硝酸银滴定法。青蒿素的含量用柱前衍生-RP-HPLC法测定。

2 结果与分析

从表1可知,在不同土壤类型的土壤养分含量和黄花蒿植株的根、茎、叶的养分含量与青蒿素含量的差别。相关分析和因子分析(表2)表明,青蒿素含量与土壤、植株的养分含量有直接的相关关系,其中对青蒿素的含量影响较大的因素有土壤钙、植株的根和茎N元素含量,植株地下部N的含量与地上部N的含量比、植株茎叶N元素含量比等。此外,土壤P和植株体内的Ca、Mg等养分含量以及其他综合因子也影响着青蒿素含量。

2.1 青蒿素含量与土壤养分含量和植株养分含量的相关关系

青蒿素含量与土壤钙含量有极显著的正相关关系,Pearson相关系数为0.958,双尾假设显著性检验Sig.0.004<0.01,这表明土壤钙含量越高,青蒿素含量越高,适当补充土壤钙素营养,可提高青蒿素含量。

青蒿素含量与根N、茎N有显著负相关关系,Pearson相关系数分别为-0.972,-0.990,双尾假设显著性检验Sig.分别为0.028,0.010<0.05,青蒿素含量与植株叶的养分含量相关关系差异不很显著,也就是说,黄花蒿根和茎的N素含量越高,青蒿素含量越低,降低黄花蒿植株根和茎的N素含量,可提高青蒿素含量。

青蒿素含量与植株地下部N的含量与地上部N的含量比有显著的负相关关系、与植株茎叶N元素含量比有极显著的负相关关系,Pearson相关系数分别为-0.969,-0.996。双尾假设显著性检验Sig.分别为0.031<0.05,0.004<0.01。由此可见,地下部(根)与地上部的N养分比值越大,青蒿素含量越低。因此,供给植株足够的N素营养,增

加地上部的 N 素营养物质含量,尤其是植株叶片 N 素含量,可提高青蒿素的含量。

2.2 土壤钙与植株各部位养分之间的关系

土壤 Ca 与黄花蒿植株根部的 N 含量有显著的负相关关系,相关系数为-0.955,双尾假设显著性检

验 Sig. 为 $0.045 < 0.05$ 。土壤 Ca 含量与黄花蒿植株叶片的 Mo 含量,有极显著的正相关关系, Pearson 相关系数为 0.994,双尾假设显著性检验 Sig. 为 $0.006 < 0.01$,增加土壤 Ca 的含量,可以降低黄花蒿植株根部 N 营养元素的含量,提高黄花蒿植株叶

表 1 青蒿素含量与土壤、植株养分含量

Table 1 Artemisinin content and the nutrient element contents in different types of soil and in different plant individual

样方号 Soil sample number	土壤 类型 Soil types	样品 类型 Sample types	青蒿素 Arte- misi- nin (%)	水分 Water (%)	有机质 Organic Sub- stance (g/kg)	养分含量 Nutrient element contents (mg/kg)												
						N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Mo	B	Zn	Cu	Cl
15	紫色土 Purple soil	土壤 Soil	—	1.978	33.2	820	510	15100	29680	11800	120	26000	610	1.67	0.265	69.5	29.3	144
		根 Roots	—	—	—	4360	1030	7350	2020	540	600	140	10.4	0.342	6.46	19.6	6.52	0.62
		茎 Stems	—	—	—	5330	1650	11000	2680	526	530	54.6	10.8	0.335	7.31	23.4	6.38	0.76
		叶 Leaves	0.808	—	—	32320	3890	26400	10200	2184	1220	482	80.2	0.788	50.2	54.8	31.8	2.31
16	红壤 Red soil	土壤 Soil	—	—	37.9	1030	530	15100	8120	10400	500	56000	1264	3.45	0.194	211	46.8	251
		根 Roots	—	1.281	—	4960	490	7450	1960	468	660	185	10.1	0.229	9.18	26.7	8.18	1.01
		茎 Stems	—	—	—	6120	1040	11400	2720	482	530	184	15.8	0.225	8.03	29.8	9.47	1.08
		叶 Leaves	0.674	—	—	32140	3480	26900	9460	1830	1160	178	98.3	0.428	57.5	62.2	32.6	2.16
17	红色石灰土 Red calca- reous soil	土壤 Soil	—	4.057	35.7	1730	850	12400	7920	5800	900	27800	650	1.92	0.12	110	23.6	188
		根 Roots	—	—	—	4990	990	9780	3230	804	440	495	33.1	0.172	36.7	37.9	8.78	0.26
		茎 Stems	—	—	—	6650	2190	14600	4690	869	550	98	33.4	0.24	42.1	40.4	9.68	1.05
		叶 Leaves	0.625	—	—	32.64	4.32	26.0	16.2	2.698	1.38	0.289	132	0.463	53.7	62.4	22.2	1.57
18	棕色石灰土 Brown rendzina	土壤 Soil	—	2.825	44.8	4.93	0.15	11.5	2.16	3.5	4.1	29.7	178	1.17	0.96	67.5	16.9	173
		根 Roots	—	—	—	4.93	1.08	8.88	2.05	0.497	0.71	0.190	18.4	0.247	15.4	18	6.71	0.32
		茎 Stems	—	—	—	6.42	1.28	11.8	2.32	0.534	0.62	0.041	16.6	0.121	24.8	16.9	5.86	0.94
		叶 Leaves	0.640	—	—	31.57	4.44	30.4	10.6	2.371	1.28	0.248	100	0.385	46.4	54.4	22.1	2.08

片 Mo 营养元素和青蒿素的含量。

2.3 植株 N 营养元素含量与土壤养分的关系

黄花蒿植株叶片的 N 含量与土壤 P 含量,有显著的正相关关系, Pearson 相关系数分别为 0.974 双尾假设显著性检验 Sig. 为 $0.026 < 0.05$,由此可见,土壤 P 含量越高,黄花蒿植株叶片 N 营养元素含量越高,供给土壤充足的 P 元素,有利于提高黄花蒿植株叶片的 N 营养元素含量,从而进一步提高植株青蒿素的含量。

2.4 植株体内各部位营养元素含量差别的比较

从表 1 可知,黄花蒿根部营养元素含量的大小依次为 $K > N > Ca > P > S > Mg > Fe > Zn > Mn > B > Cu > Cl > Mo$,茎部营养元素含量的大小依次为 $K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Zn > B > Mn > Cu > Cl > Mo$,叶部营养元素含量的大小依次为 $N > K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Cl > Mo$,植株 N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Zn、B、Cu、Cl、Mo 营养元素的平均含量分别为 14.4, 2.2, 16.0, 5.7, 1.2, 0.8, 0.2g/kg, 46.6, 37.2, 29.8, 14.2, 1.2, 0.3 mg/kg, 大小依次为 K

$> N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu > Cl > Mo$ 。可见,黄花蒿在其生长过程中叶片对 N 的需求量高于 K、Ca、P 和其他营养元素,根和茎对 K 的需求量高于 N、Ca、P 和其他营养元素,整个植物体对 K、N 的需求量较高,对 Ca 的需求量仅次于 K、N,而高于 P,是属于需钙较多的植物。

2.5 影响青蒿素含量的主要因子

根据表 1 进行因子分析,影响青蒿素含量的第一因子主要是黄花蒿植株体内的养分含量,黄花蒿植株根系的 K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Mo、B、Zn、Cu 含量,茎 P、K、Ca、Mg、Mn、B、Zn 含量,叶 Ca、Mg、S、Mn、Cu、Cl 含量,土壤水分、P。第二因子是土壤的养分含量因子,土壤 Fe、Mn、Mo、Zn、Cu、Cl 含量,根 P、Cl 含量,叶 P、B、Zn 含量。第三因子是影响青蒿素含量的综合因子,土壤有机质、N、K、Ca、Mg、S、B 含量,根 N、茎 N、Mo、S、Cl 含量,叶 N、K、Fe、Mo 含量。影响青蒿素含量的主要土壤养分因子有: N、K、Mg、S、Mn、Mo、B、Zn、Cu,其次为有机质、Ca、Fe、Cl,最后是水分、P。

表 2 旋转后的因子(主成分)提取结果
Table 2 Rotated component matrix(a)

	主成分 Component											
	土壤 Soil			根 Roots			茎 Stems			叶 Leaves		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
水分 Water	0.886	-0.415	-0.205	—	—	—	—	—	—	—	—	—
有机质 organic substance	-0.195	-0.105	-0.975	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	-0.0368	-0.453	-0.891	0.459	0.511	-0.727	0.670	0.224	-0.708	0.624	0.220	0.750
P	0.732	0.342	0.589	0.263	-0.963	-0.0639	0.843	-0.378	0.383	0.505	-0.719	-0.478
K	-0.495	0.439	0.750	0.860	-0.240	-0.450	0.994	0.0299	-0.101	-0.377	-0.358	-0.854
Ca	-0.305	-0.317	0.898	0.996	-0.0288	0.0797	0.964	0.124	0.235	0.992	-0.114	0.0457
Mg	-0.454	0.317	0.833	0.969	-0.127	0.211	0.992	-0.0975	0.0805	0.820	-0.557	-0.134
S	-0.233	-0.614	-0.755	-0.881	-0.00369	-0.473	-0.0158	-0.493	-0.870	0.888	-0.425	-0.177
Fe	-0.348	0.928	-0.135	0.996	0.0874	-0.0250	-0.00105	0.996	0.0942	-0.106	-0.684	0.722
Mn	-0.104	0.913	0.393	0.965	-0.159	-0.209	0.981	0.130	-0.142	0.937	0.209	-0.282
Mo	-0.139	0.969	0.202	-0.751	-0.462	0.473	-0.0254	-0.0217	0.999	-0.268	-0.418	0.868
B	-0.364	-0.516	-0.775	0.985	-0.0303	-0.169	0.917	-0.201	-0.345	0.185	0.917	0.354
Zn	-0.0751	0.997	0.0124	0.884	0.437	0.165	0.806	0.477	0.351	0.561	0.822	0.0997
Cu	-0.353	0.860	0.368	0.725	0.688	0.00781	0.571	0.803	0.170	-0.649	0.436	0.623
Cl	-0.0170	0.966	-0.258	-0.623	0.722	0.302	0.452	0.765	-0.459	-0.977	-0.0813	0.195

Extraction method: Principal component analysis. Rotation method: Varimax with Kaiser normalization. a Rotation converged in 10 iterations.

3 结论与讨论

青蒿素含量与土壤 Ca 有显著正相关关系,与黄花蒿植株根部的 N 素含量有显著负相关关系,与茎部的 N 素含量极显著负相关关系,与茎 Mo 有显著正相关关系,青蒿素含量与植株叶的养分含量相关关系差异不是很显著,而与植株地下部 N 的含量与地上部 N 的含量比有显著的负相关关系,茎部 N 素含量与叶部 N 素含量比有极显著的负相关关系。

影响青蒿素含量的土壤因素主要是土壤 Ca 的含量,土壤 Ca 含量越高,青蒿素含量越高,适当补充土壤中的 Ca 素营养,可提高青蒿素含量。这与李锋等(李锋等,1997)在对广西黄花蒿类型调查中的结论相一致,他们发现在同一分布区的不同立地条件生长的黄花蒿类型,其青蒿素含量有明显差异,生长在石山的黄花蒿类型,青蒿素含量明显高于生长在平地、路边的类型,前者比后者含量提高 0.03%~0.28%。

植株体内 N 素含量也影响青蒿素含量,主要是根部、茎部的 N 素含量,以及植株地下部 N 的含量与地上部 N 的含量比以及茎部 N 素含量与叶部 N 素含量比,降低地下部和地上部以及茎部 N 素含量与叶部 N 素含量比值,提高叶部的 N 素含量,可提高青蒿素的含量,因此,可通过增施 NPK 素肥料,来提高

黄花蒿植株体内青蒿素的含量(杨水平等,2004)。

影响青蒿素含量的主要因子是黄花蒿植株体内的养分含量,其次是土壤的养分含量以及土壤和植株等综合因子,在黄花蒿植株整个生长周期中,植株体内养分含量与土壤的养分含量有一定相关关系,因此要提高青蒿素含量,可通过施肥、改善土壤养分状况等各种途径来调节植株体内的养分(陆景陵,2001)。

黄花蒿植株体内 K 积累量最大,在 16 种必需营养元素中占 39.5%,属于喜钾植物,增施 K 肥,有利于黄花蒿的生长。

致谢 乔兰宝同志参加样品的处理和化学分析等工作,在此表示感谢。

参考文献:

- 中国土壤学会农业化学专业委员会. 1984. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 科学出版社
- 韦记青,韦霄,蒋水元,等. 2005. 广西黄花蒿资源及发展策略[J]. 广西农学报,3:24-26
- 李伟,石崇荣. 2003. 青蒿素研究进展[J]. 中国药房,14(2):118-119
- 刘旭. 2003. 近年来青蒿素类药物研究进展[J]. 广西医学,25(10):1950-1953
- 陆景陵. 2001. 植物营养学[M]. 北京:中国农业大学出版社
- 钟凤林,陈和荣,陈敏. 1997. 青蒿最佳采收时期、采收部位和干燥方式的实验研究[J]. 中国中药杂志,22(7):405-406
- 傅德明,蔡正江,毛禄国. 2005. 青蒿生物学特性及规范化栽培(下转第 598 页 Continue on page 598)

其着生位置,兰花蕉有两对具随体染色体,分别是第23对和第27对,而长萼兰花蕉有三对具随体染色体,分别是第16、24和26对(图1)。而总体看不同染色体间的变异幅度相对较小,如在平均臂比、最长染色体和最短染色体之间的比率及染色体型类别等方面两者差异很小(表2)。因此,从核型角度分析,有关数据不足以支持将两者确立为独立的种,而进一步支持吴德邻等(2000)将长萼兰花蕉作为兰花蕉变种处理的结论。

参考文献:

- Fang D(方鼎), Qin DH(覃德海). 1996. Five new species of monocotyledoneae from Guangxi(广西单子叶植物五新种)[J]. *Guihaia*(广西植物), **16**(1):3-8
- Holtum RE. 1970. The genus *Orchidantha* (Labiaceae). *Gardens Bulletin*[J]. *Singapore*, **25**:239-246
- Jenjittikul T, Larsen K. 2002. *Orchidantha foetida* (Labiaceae) a new species from Thailand[J]. *Nordic J Bot*, **22**:405-408
- Larsen K. 1961. New species of *Veratrum* and *Orchidantha* from Thailand and Laos[J]. *Bot Tidsskrift*, **56**:345-350
- Larsen K. 1973. A new species of *Orchidantha* (Labiaceae) from Vietnam[J]. *Adansonia*, **2**:481-482
- Larsen K. 1993. A new species of *Orchidantha* (Labiaceae) from Borneo[J]. *Nordic J Bot*, **13**:285-288
- Levan A, Fredga K, Sandberg AA. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes[J]. *Hereditas*, **52**:201-220
- Mahanty HK. 1970. A cytological study of the Zingiberales with special reference to their taxonomy[J]. *Cytologia*, **35**:13-49
- Nagamasu H, Sakai S. 1999. *Orchidantha inouei* (Labiaceae), a new species from Borneo[J]. *Nordic J Bot*, **19**:149-152
- Pedersen LB. 2001. Four new species of *Orchidantha* (Labiaceae) from Sabah[J]. *Nordic J Bot*, **21**(2):121-128
- Song JJ, Tang YJ, Liao JP, et al. 2003. Chromosome numbers of *Orchidantha* (Labiaceae)[J]. *Acta Bot Yunnan*, **25**(5):609-612
- Stebbins GL. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants [M]. London: Edward Arnold
- Wu TL. 1964. Labiaceae new to the flora of China[J]. *Acta Phytotaxon Sin*, **9**(4):335-343
- Wu TL, Kress WH. 2000. Labiaceae[A]//Wu ZY, Raven PH. Flora of China, Vol. 24[M]. Beijing: Science Press, Beijing and St. Louis. Missouri Botanical Garden Press, 319.
- Zhuang DH, Akira, Masashi Ishida. 1990. Chromosome numbers of *Diospyros kaki* Cultivars[J]. *J Japanese Society Hort Sci*, **59**(2):289-297
- 技术[J]. 中国农技推广, **12**:34-35
- 雷红松. 2005. 青蒿栽培技术[J]. 特种经济动植物, **6**:23-24
- Huang ZF(黄正方), Zheng GH(郑贵华), Li CD(李成东), et al. 1997. A study on factors influencing Artemisinin content of *Artemisia annual* (影响青蒿成分青蒿素含量的因素研究)[J]. *J Southwest Agric Univ* (西南农业大学学报), **19**(1):93-94
- Li F(李锋), Wei X(韦霄), Xu CQ(许成琼), et al. 1997. The investigation on the forms of *Artemisia annual*. in Guangxi(广西黄花蒿类型调查研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **17**(3):231-234
- Geng S(耿飒), Ye HC(叶和春), Li GF(李国凤), et al. 2002. Physiological and biochemical characteristics of *Artemisia annual* and its research progress (中药青蒿的生理生化特征及其研究进展)[J]. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), **8**(1):90-97
- Liu CZ(刘春朝), Wang YC(王玉春), Ouyang F(欧阳藩), et al. 2003. Advances in artemisinin in Research(青蒿素研究进展)[J]. *Pro Gress in Chemistry* (化学进展), **11**(1):41-48
- Liu CZ(刘春朝), Wang YC(王玉春), Kang XC(康学春). 1999. Investigation of light, temperature and cultivated modes on growth and artemisinin synthesis of *Artemisia annual* shoots(适于青蒿芽生长和青蒿素积累的光、温和培养方式探讨)[J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), **25**(2):105-109
- Wang MQ(王梦琼). 2004. Tissue cultivation and plant regeneration of the TCM herbal plant *Artemisia annua* (青蒿的组织培养及植株再生)[J]. *J Beijing Univ TCM* (北京中医药大学学报), **27**(2):74-75
- Wei X(韦霄), Li F(李锋), Xu CQ(许成琼), et al. 1997. Study on biological characteristics of *Artemisia annual* (黄花蒿生物学特性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **17**(2):166-168
- Yang SP(杨水平), Yang X(杨宪), Huang JG(黄建国), et al. 2004. Advances in researches on artemisinin production(青蒿素生产研究进展)[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **12**(2):189-194
- Yang HM(杨海梅), Li MS(李明思), Xie Y(谢云). 2005. Experiments on the water consumption and growth of *Artemisia annual* L. (黄花蒿耗水及生长规律试验研究)[J]. *Journal of Shihezi University(Natural Science)* (石河子大学学报(自然科学版)), **23**(3):339-341
- Zhong GY(钟国跃), Zhou HR(周华蓉), Ling Y(凌云), et al. 1998. Investigation on ecological environment and quantitative analysis of artemisinin of Sweet Wormwood (*Artemisia annual*) (黄花蒿优质种质资源的研究)[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs* (中草药), **29**(4):264-267

(上接第630页 Continue from page 630)