

黄芩干物质累积和氮磷钾吸收、分配规律研究

曹鲜艳¹, 王渭玲^{1*}, 徐福利², 王静¹, 张晓虎³

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100; 3. 商洛学院生物医药工程系, 中国中医科学院商洛中药材 GAP 科研工程中心, 陕西商洛 726000)

摘要: 为了探讨黄芩干物质累积和氮、磷、钾吸收与分配的特点及两者间的相互关系, 通过田间试验和采样分析, 研究了黄芩不同生育期植株的干物质和氮、磷、钾累积量。结果表明, 黄芩干物质的累积量随生育进程不断地增加, 出苗后 52 ~85 d 干物质累积量占总累积量的 61.62%。在整个生育期, 黄芩对 K_2O 的吸收累积量最大, N 次之, P_2O_5 最小, N、 P_2O_5 、 K_2O 吸收比例约为 2.8 : 1.0 : 2.9, 并且黄芩地上部氮磷钾的累积量大于根部, 不同生育期, 根部 N、 P_2O_5 、 K_2O 的累积比例呈现增加—降低—增加的趋势。黄芩对氮磷钾的累积量与干物质累积量呈极显著正相关关系。在供试的土壤和施肥条件下, 每生产 100 kg 的黄芩根需要从土壤和肥料中吸收 6.34 kg 的 N, 2.60 kg 的 P_2O_5 , 7.02 kg 的 K_2O 。

关键词: 黄芩; 干物质; 氮; 磷; 钾

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2012)01-0079-06

Absorption and Distribution of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in *Scutellaria baicalensis* Georgi and Their Relationships to Dry Matter Accumulation

CAO Xian-Yan¹, WANG Wei-Ling^{1*}, XU Fu-Li², WANG Jing¹, ZHANG Xiao-Hu³

(1. Northwest A & F University, College of Life Science, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Northwest A & F University, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Shangluo University, Department of Biomedical Engineering, China Academy of Traditional Chinese Medicine, Shangluo GAP Research Engineering Centre for Traditional Chinese Medicine, Shangluo, Shaanxi 726000, China)

Abstract: To study the relationship between the accumulation of dry matter and the absorption characteristics of N, P and K in *Scutellaria baicalensis* Georgi. Field experiments and sampling analysis were used to study the accumulation capacity of dry matter and N, P and K at different growing stages of *S. baicalensis* Georgi. The accumulation of dry matter in *S. baicalensis* Georgi increased with growth, and reached 61.62% of the total accumulation within 52–85 d after germinating. During the whole growth period, the accumulation capacity of potassium was the highest, followed by nitrogen, with phosphorus the lowest. The accumulation ratio of N, P and K was 2.8 : 1.0 : 2.9, and they were all found in higher concentrations in the roots than aboveground parts. The accumulation of N, P and K in the root showed an increasing-decreasing-increasing trend with different growing stages. These results showed that dry matter accumulation and nitrogen, phosphorus and potassium accumulation were correlated positively. To produce 100 kg root, *S. baicalensis* Georgi needed to absorb 6.34 kg of N, 2.60 kg of P_2O_5 , 7.02 kg of K_2O from the soil and fertilizer.

收稿日期: 2011-07-13, 修回日期: 2011-08-09。

基金项目: “十一五”国家支撑计划项目(2007BAD79B06); 陕西省 2007 年科学技术研究发展计划项目[2007K16-02(5)]。

作者简介: 曹鲜艳(1986–), 女, 硕士研究生, 主要从事药用植物生理生态方面的研究(E-mail: yundan_300@163.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: ylwll@163.com)。

Key words: *Scutellaria baicalensis* Georgi; Dry matter; Nitrogen; Phosphorus; Potassium

黄芩 (*Scutellaria baicalensis* Georgi) 为唇形科黄芩属植物,以根入药,性寒味苦,具有清热燥湿、泻火解毒、凉血安胎等功能^[1]。现研究发现,黄芩还具有清除自由基和抗氧化^[2]、抗菌和抗病毒^[3,4]、抗肿瘤^[5,6]、解热^[7]等作用。近些年随着市场需求量的与日俱增,野生黄芩遭到了疯狂的采挖,濒临灭绝,已经成为国家三级保护植物,与此同时,人工栽培的黄芩面积不断扩大,但人工栽培黄芩生产中存在施肥不当的问题,不仅影响了黄芩的产量和品质,也限制了药材栽种的经济效益,还可能造成环境污染。已经有学者对杭白菊^[8]、生姜^[9]、桔梗^[10]、莲藕^[11]等的氮、磷、钾吸收、分配、累积特点进行了报道。张燕等^[12]就氮磷钾对黄芩生长、有效成分含量的影响亦进行了研究,但是关于黄芩的氮、磷、钾吸收特性尚无报道。本试验通过对黄芩整个生育期内干物质累积动态和氮、磷、钾的吸收、分配特点及两者之间的关系进行研究,以期为黄芩科学合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2010 年在陕西省商洛市商州区香菊药源基地进行。供试土壤为壤质粘土,土壤农化性状见表 1。有机质采用重铬酸钾容量法,碱解氮采用碱解扩散法,速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼钼黄比色法,速效钾采用 1 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定。

1.2 试验设计

结合商洛地区黄芩 (*Scutellaria baicalensis* Georgi) 人工栽培中的经验施肥和张燕的研究^[12],确定施肥量为 N 150 kg/hm², P₂O₅ 225 kg/hm², K₂O 80 kg/hm²,设置 3 个重复小区,每个小区面积

为 24 m²。供试肥料为尿素 (N≥46%)、过磷酸钙 (P₂O₅≥16%)、硫酸钾 (K₂O≥51%)。磷肥、钾肥在播种前整地时作基肥一次施入,氮肥的 1/3 作基肥施入,其余 2/3 追肥时施入。

试验所用黄芩 (*Scutellaria baicalensis* Georgi) 的种子由商洛学院张晓虎教授提供。4 月 16 日播种,5 月 4 日出苗。于出苗后 52、85、115、132、146、162 d 进行 6 次采样,采用对角线取样,每次每小区采 10 株,共 30 株,将样品分茎叶和根两部分,用自来水和蒸馏水冲洗干净,105℃杀青 30 min,80℃烘干至恒重。

1.3 测定方法

烘干的样品用小型植物粉碎机分别粉碎、过筛备用。样品采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后,凯氏定氮法测全氮,钼钼黄比色法测全磷,火焰光度计法测全钾。采用 Excel 2003 和 DPS V7.05 进行数据统计、分析、作图。

2 结果与分析

2.1 黄芩干物质积累特性

在整个生育期内,黄芩植株的干物质累积量不断地增加,不同的时期干物质累积量不同,不同部位干物质累积量也不相同(见表 2)。

黄芩的干物质积累呈现慢—快—慢—快的趋势。苗期(52 d 前)植株小,光合能力弱,干物质积累缓慢,日增长量和阶段积累率均较低;营养生长旺盛期(52~85 d),干物质积累最快,日增长量为苗期的 6.75 倍,这一时期积累的干物质占总累积量的 61.62%;黄芩的开花结果期(85~146 d),营养物质大量被生殖生长所耗,长达两个月的花期积累的干物质仅占总累积量的 15.52%;根部膨大期(146~162 d),这时干物质累积量出现第二次高峰,

表 1 供试土壤农化性状
Table 1 Soil characteristic before field experiment

土壤深度 Depth of soil (cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total nitrogen (g/kg)	碱解氮 Available nitrogen (mg/kg)	全磷 Total phosphorus (g/kg)	速效磷 Available phosphorus (mg/kg)	全钾 Total potassium (g/kg)	速效钾 Available potassium (mg/kg)
0~20	21.94	0.68	86.63	0.75	71.63	13.80	134.11
20~40	13.89	0.47	60.38	0.63	49.95	14.13	111.83

表 2 黄芩单株和不同部位干物质累积动态
Table 2 Dynamic accumulation of dry matter in different organs of *Scutellaria baicalensis* Georgi

出苗后天数 Days after germination (d)	根 Root (g/plant)	地上部分 Aboveground parts (g/plant)	全株 Total plant (g/plant)	全株日增长量 Daily increment of total plant(g/plant)	阶段积累率 Staged cumulative rate (%)
52	0.155 ±0.018	0.880 ±0.855	1.035 ±0.109	0.020 ±0.002	12.62 ±0.16
85	1.160 ±0.107	4.925 ±0.313	6.085 ±0.340	0.153 ±0.021	61.62 ±4.54
115	1.505 ±0.044	5.111 ±0.633	6.616 ±0.636	0.018 ±0.001	6.47 ±0.78
132	1.763 ±0.270	5.218 ±0.422	6.981 ±0.401	0.022 ±0.07	4.46 ±0.55
146	2.517 ±0.192	4.826 ±0.318	7.343 ±0.335	0.026 ±0.007	4.41 ±0.23
162	3.742 ±0.221	4.455 ±0.558	8.197 ±0.551	0.053 ±0.01	10.42 ±0.96

日增长量是苗期的 2.15 倍。

整个生育阶段,黄芩根的干物质累积量是不断增加的,特别是 132~162 d,积累的干物质占总根重的 52.88%;地上部分干物质的累积量呈现增加—降低的趋势,132 d 时达到最大值。132 d 前,地上部分处于旺盛的营养生长和生殖生长时期,光合产物优先供给地上部分生长所需,其干物质累积量较根的增长迅速;132~162 d 因为种子成熟脱落、营养物质向根部转移等多种原因,地上部分干物质累积量降低,与此相反,根部干物质的累积量呈现快速增长的趋势。

2.2 不同生育期黄芩氮、磷、钾累积动态

不同生育期黄芩植株氮磷钾累积量见图 1。整个生育期内,黄芩植株氮磷钾的累积量是不断增加的,这个趋势和干物质累积相似,其中对钾的吸收量最高,氮次之,磷最少,氮、磷、钾总的吸收比例约为

2.8:1.0:2.9。黄芩对氮磷钾的吸收存在阶段性差异,52 d 前,黄芩处于苗期氮磷钾吸收较少,分别仅占总吸收量的 8.5%、4.6% 和 11.1%,比例为 5.1:1.0:7.0;52~85 d 为黄芩营养生长最为旺盛的时期,植株对氮磷钾的吸收量大幅增加,分别占总吸收量的 45.3%、42.0% 和 50.6%,比例为 3.0:1.0:3.5;85~146 d 处于黄芩开花结果期,对氮磷钾的吸收有减缓的趋势,分别占总吸收量的 20.1%、38.2% 和 22.5%,比例为 1.3:1.0:1.6;146~162 d 氮磷钾的吸收量分别占总吸收量的 26.1%、15.2% 和 15.8%,比例为 6.0:1.0:3.8。

2.3 黄芩地上部分和根部氮磷钾累积动态

黄芩不同生育期的地上部和根部的氮磷钾累积动态结果见图 2、图 3 和图 4。

2.3.1 氮的累积动态

黄芩地上部氮的累积量随生长进程不断增加,而且氮的累积量地上部>根部(见图2);根部的氮

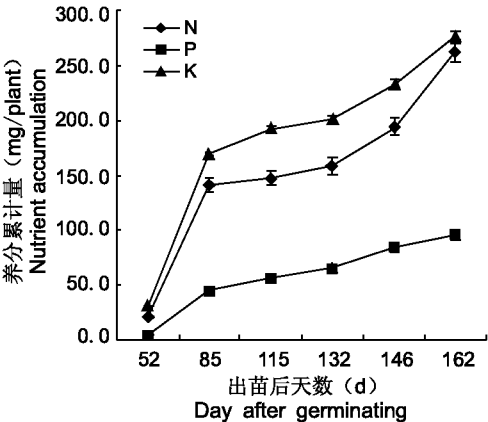


图 1 不同生育期黄芩氮磷钾的累积量
Fig.1 Accumulation of nitrogen, phosphorus, and potassium in *S. baicalensis* Georgi at different growth stages

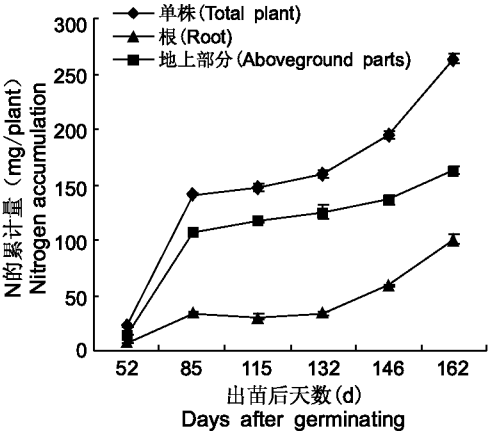


图 2 不同生育期氮在根部和地上部分的累积量
Fig.2 Accumulation of nitrogen in different organs of *S. baicalensis* Georgi at different growth stages

累积量呈现增加—降低—增加的趋势。即52 d前,黄芩植株幼小,根部氮的累积量占全株的33.9%;52~85 d,氮在根部累积量虽然增加,但仅占全株氮累积量的24.4%,分配的比例降低,此时处于黄芩旺盛的营养生长阶段,根部吸收的氮优先供给地上部茎叶的生长;85~132 d黄芩由营养生长转入生殖生长,开花结果耗去大量的营养物质,氮在根部的累积量出现负增长,分配比例约为20.7%;132~146 d黄芩进入种子成熟的后期,根部氮的累积量增加,分配比例提高到30.3%,说明生长中心开始向根部转移;146~162 d,氮在根部迅速积累,达到100.57 mg/株,占总累积量的38.3%(图2)。

2.3.2 磷的累积动态

黄芩根和地上部磷的累积量(图3)随着生育进程不断增加,地上部的磷累积量一直高于根部。

52 d时,根部磷的累积量占总累积量的39.4%,随后黄芩进入了营养生长和生殖生长时期,磷向地上部分转移。根部作为矿质元素的主要吸收部位,虽然磷的累积量随生育期是增加的,但是分配比例却是降低的,在115 d时达到最低,仅占27.6%;到132 d时略有提高,为28.2%;随后迅速增高,到162 d时,累积量为35.21 mg/株,所占比例达到36.9%。

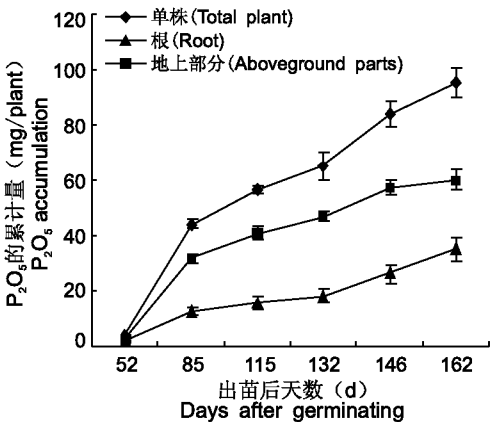


图3 不同生育期磷在根部和地上部分的累积量
Fig.3 Accumulation of P₂O₅ in different organs of *S. baicalensis* Georgi at different growth stages

2.3.3 钾的累积动态

黄芩不同生育期根部和地上部钾的累积量与磷相似(图4),即黄芩单株、根、地上部钾的累积量均呈现渐增的趋势,地上部钾的累积量一直大于根。

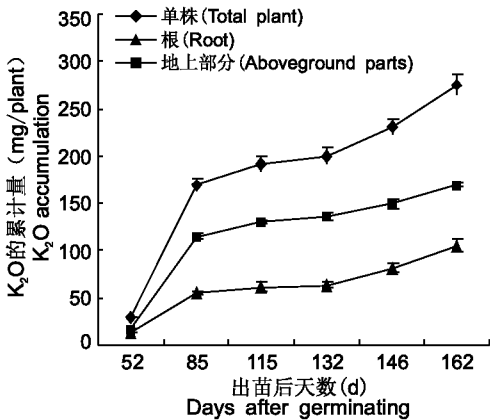


图4 不同生育期黄芩各部位钾的累积速率
Fig.4 Accumulation rate of K₂O in different organs of *S. baicalensis* Georgi at different growth stages

钾在植物体内移动性很大,可被植物重新分配利用。52 d时,虽然根部钾的累积量是整个生育期中最低的,但所占总累积量的比例最大,为41.32%;52~85 d黄芩根部钾的分配比例降至32.4%;随后85~132 d基本维持在这个比例,132~162 d比例有所增加;到162 d时,根部钾的累积量达最大为105.53 mg/株,所占比例上升至38.3%。

2.4 黄芩生育进程中氮、磷、钾含量与干物质累积的关系

植株干物质累积与氮磷钾累积有密切的关系,氮磷钾累积是干物质累积的基础^[8,10]。在黄芩生育期间,其氮、磷、钾含量随干物质累积量的增加而呈直线增加(见图5),其方程为: $y_N = 29.022x - 20.955$,

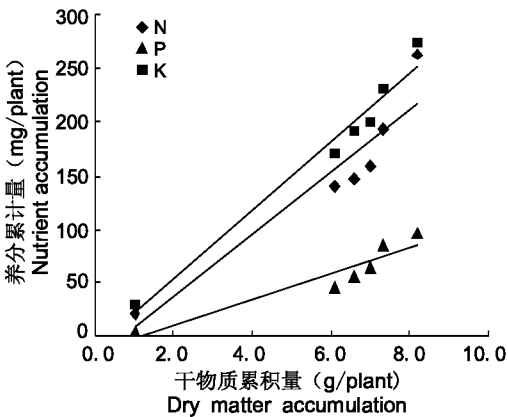


图5 黄芩氮、磷、钾含量与干物质累积的关系
Fig.5 Relationship of N,P,and K accumulation to dry matter accumulation

$R^2 = 0.8844^{**}$; $y_p = 11.913x - 13.604$, $R^2 = 0.892^{**}$; $y_k = 32.116x - 10.509$, $R^2 = 0.9678^{**}$ ($n = 6$, $p < 0.01$ 均达到极显著水平)。由拟合的方程可以看出,以钾积累的直线斜率最大,其次为氮,最后为磷,说明磷的生产效率最高,其次为氮,钾最低。以黄芩根的干重作为产量,每生产 100 kg 的黄芩根,需要从土壤和肥料中吸收 6.34 kg 的 N、2.60 kg 的 P_2O_5 、7.02 kg 的 K_2O 。

3 小结与讨论

干物质的累积是产量形成的基础,黄芩以根作为收获对象,特别要重视根部干物质的累积变化。黄芩干物质的累积量随生育进程不断增加,在 52 ~ 85 d 出现第一个累积高峰,146 ~ 162 d 是黄芩根膨大期,干物质累积出现第二次高峰。根和地上部在不同生育期干物质累积量不同,且地上部高于根,132 ~ 162 d 地上部干物质累积量降低,而根部迅速增加,说明要提高黄芩产量需要满足地上部对于养分的需求,从而为根提供更多的光合产物。

本试验结果表明,整个生育期内,黄芩对氮磷钾的吸收量不相同。黄芩对氮磷钾的吸收量为钾 > 氮 > 磷,吸收比例约为 2.8:1.0:2.9,这一点和张燕等人^[12]的研究结论不一致,张燕认为氮磷钾合适配比为 2N:3P:1K,这可能是因为张燕是基于供试土壤的养分和施肥对黄芩株高、地径、芦头直径、叶片数、光合速率、植株干重等指标的影响,综合得出的施肥配比,而本研究是通过考察黄芩植株体内氮磷钾的累积量得到的结论。52 ~ 85 d 是养分吸收的最大效率期,这一时期吸收的氮磷钾分别占总累积氮磷钾的 45.3%、42.0% 和 50.6%,所以要特别重视这一时期养分的供给。

此外,由不同生育期黄芩氮磷钾累积动态可知,在苗期(52 d)和根膨大期(146 d),氮的吸收累积的比例大,磷则是在开花结果期(85 ~ 146 d)时吸收累积的比例大,而钾则为苗期(52 d 前)吸收累积的比例大。此结果可指导黄芩的施肥,即磷钾肥宜作底肥;而在根膨大初期应追施适量的氮肥。

不同生育期氮磷钾在根部和地上部的分配总趋

势是地上部大于根部,但不同生育期有所差异。就根而言,在 52 d 前,根中氮磷钾累积量最少,但是所占总累积量比例较大,随着黄芩进入旺盛的营养生长和生殖生长,根部氮磷钾累积总量虽不断增加,但是所占总累积量比例却有所降低,到 146 d 后,根进入膨大期,同时伴随地上部分营养物质的转移,根中氮磷钾累积量比例逐渐上升并达到最大,分别为 100.57、35.21、105.53 mg/株。而在 85 ~ 146 d 期间地上部氮磷钾累积比例较大,因为此时是地上部分营养生长和生殖生长期,根吸收的氮磷钾营养首先保证地上部生长发育的需要。尤其是氮营养,此时有一个吸收累积高峰,所以在黄芩营养生长末期(85 d)可适当追施氮肥。

干物质累积是作物产量形成的基础,氮、磷、钾的积累对植株干物质生产和产量的形成至关重要^[8,10]。通过拟合方程,可以看出黄芩对氮、磷、钾的积累量与干物质累积量呈极显著正相关关系,表明氮、磷、钾中任何一种元素的含量在一定范围内均有利于干物质的积累。根据植物营养理论,植物体内的每一种必需营养元素都有其特定的功能,不能为其他元素所替代,同时各元素间又可相互作用,每一种元素功能的发挥还受养分最小因子律的影响。因此,施肥要根据黄芩对养分吸收的特性均衡施肥。在本试验土壤和施肥条件下,每生产 100 kg 的黄芩根需要从土壤和肥料中吸收 6.34 kg 的 N、2.60 kg 的 P_2O_5 和 7.02 kg 的 K_2O 。

此外,在 52 d 以前,黄芩处于幼苗期,植株个体小,对氮、磷、钾吸收总量小,因此早期应以基肥为主不宜追肥,否则容易导致养分流失和肥料利用率下降。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中国药典(2010 年一部)[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2010: 282-283.
- [2] 刘玉萍, Purusotam Basnet, 小松かつ子, 曹晖. 黄芩清除自由基活性与黄芩苷含量的相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2002, 22(8): 575-579.
- [3] 汪长中, 程惠娟, 张雄飞, 徐胜利, 官妍, 俞丽华, 云云. 黄芩苷对非白念珠菌生物膜抑制作用的研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(5): 639-641.

- [4] 初正云,初明,滕宇. 黄芩苷体内抗流感病毒作用[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(22): 2413–2415.
- [5] Yu J Q, Liu H B, Tian DZ, *et al.* Changes in mitochondrial membrane potential and reactive oxygen species during wogonin-induced cell death in human hepatoma cells[J]. *Hepatol Res*, 2007, 37(1): 68–76.
- [6] 汤立建,赵良才,李庆林,朱国旗,王训翠. 黄芩黄酮类成分抗肿瘤作用及机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(1): 21–26.
- [7] 李倩楠,葛晓群. 黄芩苷的解热作用及对细胞因子的影响[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(8): 1068–1072.
- [8] 祝丽香,王建华,孙印石,马红兵. 杭白菊氮磷钾吸收、积累及分配规律研究[J]. 中国中药杂志, 2009, (23): 2999–3003.
- [9] 王馨笙,徐坤,杨天慧. 生姜对氮、磷、钾吸收分配规律研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1515–1519.
- [10] 祝丽香,王建华,耿慧云,关昕,韦海,焦静,姜超. 桔梗的干物质累积及氮、磷、钾养分吸收特点[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 197–202.
- [11] 刘冬碧,熊桂云,范先鹏. 莲藕干物质和氮磷钾养分的累积与分配研究[J]. 植物科学学报, 2011, (1): 124–129.
- [12] 张燕,刘勇,王文全,王继勇. 氮磷钾肥对黄芩产量及黄芩苷含量的影响[J]. 中药材, 2007, (4): 386–388.

(责任编辑: 王豫鄂)