

黄花蒿干物质的积累及青蒿素与 N、P、K 量的动态变化研究

漆小雪, 韦 霄, 陈宗游, 王熊军, 蒋运生

中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006

摘要: 目的 通过对黄花蒿干物质的积累及青蒿素与 N、P、K 量的动态变化研究, 了解黄花蒿植株 N、P、K 的需求比例以及干物质的积累及 N、P、K 量和青蒿素量之间的关系, 为肥料的合理配施提供参考。方法 以桂 93001 号黄花蒿为观测对象, 定期采集植株样品, 测定其生物量和根、茎、叶、花中的 N、P、K 以及叶片和花的青蒿素量。结果 黄花蒿 7 月中旬前干物质积累量最少, 青蒿素的积累量最大, 8 月中旬到 9 月底干物质积累量较大, 9 月底叶片的青蒿素量达到最低; 黄花蒿植株 N、P、K 积累量较多的时期主要在其生长前期, 其中 N、K 是黄花蒿需要较多的营养元素, N、P、K 在植株体内分配的比例为 1:0.12:0.76, 每生产 100 kg 黄花蒿需要 N 19.6~28.2、P 2.0~3.4、K 13.6~17.3 kg。结论 施肥的重要时期主要放在生长前期, 而肥料应以 N、K 肥为主, 配施适量的 P 肥, 根据目标产量和土壤 N、P、K 量确定其施肥量。

关键词: 黄花蒿; 干物质; 青蒿素; N; P; K;

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2011)12-2541-04

Dynamic change of dry matter accumulation and relationship between artemisinin and nitrogen, phosphorus, potassium in *Artomisia annua*

QI Xiao-xue, WEI Xiao, CHEN Zong-you, WANG Xiong-jun, JIANG Yun-sheng

Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China

Abstract: **Objective** To study the dynamic change of dry matter accumulation and relationship between artemisinin and nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in *Artomisia annua*, to investigate the needed proportion of N, P, and K, and to provide the reference for reasonable fertilization. **Methods** According to the development period we observed the biomass in the collected plant specimen Gui93001 of *A. annua* and analyzed the contents of N, P, and K in the roots, stems, leaves, and flowers and the contents of artemisinin in leaves and flowers, respectively. **Results** Dry matter accumulation was the least and artemisinin accumulation was the most in *A. annua* before the middle of July; The dry matter accumulation was relatively large from the middle of August to the end of September and the content of artemisinin was the lowest at the end of September; Most period of N, P, and K accumulations was at the early growth stage, in which N and K were the most required nutrient elements, and the distributive ratio of N, P, and K in *A. annua* plant was 1:0.12:0.76. The production of every 100 kg hay of *A. annua* needs N 19.6—28.2, P 2.0—3.4, and K 13.6—17.3 kg. **Conclusion** The most important time of fertilizing is at the early growth stage. The fertilizing amount should be defined by target yield and N, P, K of soil. And the main fertilizers should be N and K. P is moderately needed.

Key words: *Artomisia annua* L.; dry matter; artemisinin; nitrogen (N); phosphorus (P); potassium (K); accumulations

黄花蒿 *Artomisia annua* L. 别名青蒿, 是菊科艾属一年生草本植物, 为我国传统中药。其有效成分青蒿素是目前国际上防治疟疾的首选药物^[1]。20 世纪 70 年代末期, 国家将其列为科研项目, 开展了青蒿素在不同品种或类型、不同产地、不同采收期黄花蒿中的测定分析和提取工艺研究。“八五”期间又对黄花蒿的栽培技术、超

临界 CO₂ 萃取进行研究^[2], 而后在黄花蒿资源调查和良种选育^[3-4], 引种和繁殖^[5]以及黄花蒿的生物学特性^[6-10]、生理生化特征^[11]和影响青蒿素量的生态条件、植物学形态、栽培技术措施因素^[12-16], 采收^[17]等方面进行了深入研究。2007 年, 本课题组开展了青蒿素量、土壤、植株养分量之间关系的研究^[18]。本实验通过对黄花蒿干物质的积累及 N、P、K 和青蒿

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 广西科学基金应用基础研究专项 (桂科基 0731039); 广西区自然科学基金资助项目 (桂科自 0640138); 中国科学院农办资助项目 (KSCX2-YW-N-44-05); 广西区攻关项目 (桂科攻 0663003)

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工作。Tel: 13517835613 E-mail: qixiaoxue@126.com

素量的动态变化研究,了解黄花蒿植株 N、P、K 的需求比例以及干物质的积累, N、P、K 养分和青蒿素量之间的关系,为黄花蒿配方施肥提供科学依据。

1 材料与实验地概况

1.1 材料

以广西植物研究所李锋等^[3,5]选育鉴定的黄花蒿品系桂 93001 号为试验观测材料。

1.2 实验地概况

试验地位于广西桂林市郊,海拔约 170 m,年平均气温 18.8 ℃,1 月平均气温 6.5 ℃,7 月平均气温为 27.5 ℃,年降水量 1 830 mm,红壤。2007 年试验观测前,采集耕层混合土壤测定其土壤 pH 为 6.5,土壤全氮量为 14.3 g/kg,土壤全磷量为 11.9 g/kg,土壤全钾量为 54 g/kg,土壤速效磷为 5.2 mg/kg,土壤速效钾为 137.0 mg/kg。

2 方法

2.1 土壤样品的制备

采用多点采样法,在试验地采集 5~10 种耕层混合土壤 1 kg,风干,磨碎过筛,备用。

2.2 植株样品的制备

采集黄花蒿品系桂 93001 号植株 10 株,分别测定黄花蒿植株的根、茎、叶、花的鲜质量,并用去离子水洗净,晾干,放置鼓风干燥箱杀青后,烘干,研磨过筛,备用。

2.3 样品分析

分别测定土壤和植株的根、茎、叶、花中的 N、P、K 量以及叶和花的青蒿素量。采用酸度计法测定土壤 pH 值,采用凯氏定氮法测定土壤全 N,采用 NaOH 碱融-钼蓝比色法测定土壤全 P,采用 NaOH 碱融-火焰光度法测定土壤全 K,采用 0.5 mol/L NaOH-浸提钼锑抗比色法测定土壤速效磷。采用凯氏法测定植株中 N 量,采用酸溶-ICP 法测定植株 P、K 量^[19-21]。采用柱前衍生 RP-HPLC 法测定青蒿素量^[22]色谱图见图 1。

3 结果与分析

3.1 黄花蒿干物质积累动态

3.1.1 黄花蒿不同生长时期总干物质积累动态 从图 2 可知,黄花蒿在 8 月中旬以前总干物质的积累量小,8 月中旬到 9 月底,总干物质的积累量达到最大,而后又开始下降。

3.1.2 黄花蒿不同器官干物质积累动态 图 3 表明黄花蒿根干物质变化较为平缓,茎、叶和花的干

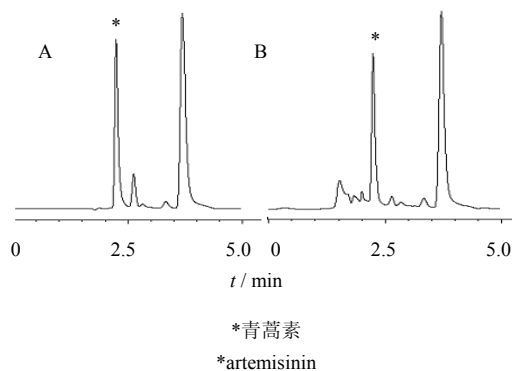


图 1 青蒿素对照品 (A) 与样品 (B) HPLC 色谱图
Fig. 1 HPLC chromatogram of artemisinin reference substance (A) and sample (B)

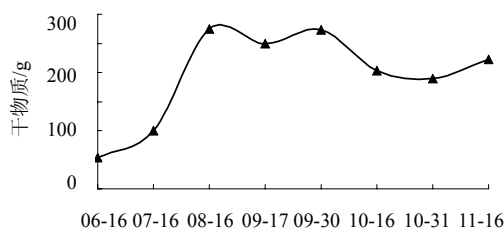


图 2 黄花蒿干物质积累动态

Fig. 2 Dynamic of dry matter accumulation in *A. annua*

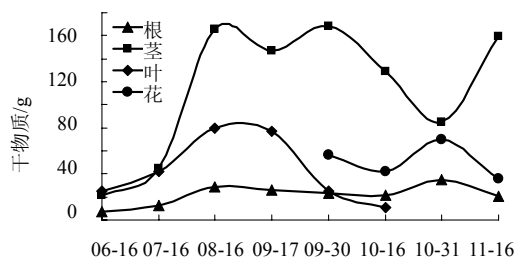


图 3 黄花蒿各器官干物质积累动态

Fig. 3 Dynamic of dry matter accumulation in various organs of *A. annua*

物质变化幅度很大,根的干物质积累从 7 月中旬开始增加一直到 10 月下旬,基本上保持一个较平稳的状态,10 月下旬达到最高后,又开始下降。茎的干物质积累量达到较高的时期是 8 月上旬和 9 月下旬。从 6 月中旬叶的干物质积累量缓慢增加,到 8 月中旬达到最高点后又开始缓慢下降,到 10 月中旬到达最低点;而花的干物质积累从 9 月底开始积累到 10 月底达到最大值后又开始下降,到 11 月底达到最低点。干物质平均分配率 8 月中旬以前,即生长前期叶>茎>根,8 月中旬到 9 月底,即生长中期茎>叶>根,9 月底,即开花结果期茎>花>叶>根,结果期茎>花>根,叶已退化,

基本上转为花和种子。叶是提取青蒿素的主要原料，黄花蒿的最佳采收期控制在 8~9 月叶片干物质积累量较大这段时期。

3.2 黄花蒿的青蒿素量动态变化

从图 4 可知，黄花蒿生长前期青蒿素量较低，7 月中旬达到最高后开始缓慢下降，到 9 月底开花初期叶片的青蒿素量达到最低点，随后又逐渐开始升高，而花的青蒿素量 9 月底量最高，到 11 月中旬达到最低。在其生长期内叶片的青蒿素量远高于花的青蒿素量，可见，采收黄花蒿的最佳时期最好在 7 月到 9 月中旬以前，青蒿素量较高。

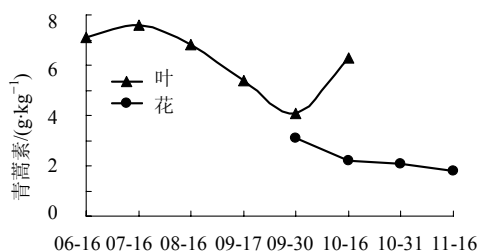


图 4 黄花蒿植株青蒿素积累动态

Fig. 4 Dynamic of dry matter accumulation in *A. annua*

3.3 黄花蒿植株 N、P、K 的吸收动态

3.3.1 黄花蒿植株 N 元素的养分吸收动态 在黄花蒿生长发育期，根的含 N 量在其生长发育的过程中逐渐下降，到 9 月底开花结果初期，N 营养基本保持平稳，直至 11 月中旬生长后期，即结果期，含 N 量达到最低；而茎在其营养生长期，含 N 量较低，以后开始升高，至 9 月中旬开花前期，含 N 量达到最低点，而后又逐渐上升，在整个开花结果期保持平稳的状态；叶片在其营养生长期，N 量较低，至 9 月中旬前开花前期，N 素营养一直保持在较高量状态，到开花期急剧下降，而此时花的含 N 量达到最高，到 10 月中旬开花结果期后，叶片和花的含 N 量基本上达到同一水平，叶片的含 N 量达到最低点，叶片基本由花和果实所取代，花的含 N 量则逐渐增高。N 的积累量是叶 > 花 > 茎 > 根，见图 5。

3.3.2 黄花蒿植株 P 元素的养分吸收动态 在黄花蒿生长期，花和叶的 P 量明显高于根和茎，根、茎的 P 量最高，在 8 月中旬，P 的量逐渐下降至 9 月底开花期达到最低点，而后又逐渐上升，到 10 月中旬又开始下降，从 10 月底到 11 月中旬，P 的量基本保持在同一水平；叶的含 P 量变化幅度比较大，有 3 个时期量较低，分别在 6 月中旬、8 月中旬和 10 月中旬，最高在 9 月中旬；而花的 P 量在

整个开花结果期一直高于根、茎、叶，在 9 月底开花前期 P 量最高，10 月中旬开花结果期达到最低，而后又缓慢上升，至 10 月底结果期又开始下降。P 的积累量是花 > 叶 > 根 > 茎。结果期达到最低，而后又缓慢上升，至 10 月底结果期又开始下降。P 的积累量是花 > 叶 > 根 > 茎。见图 6。

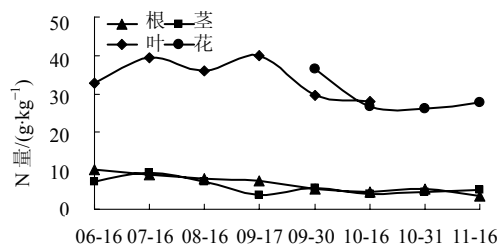


图 5 黄花蒿植株 N 积累动态

Fig. 5 Dynamic of N accumulation in *A. annua*

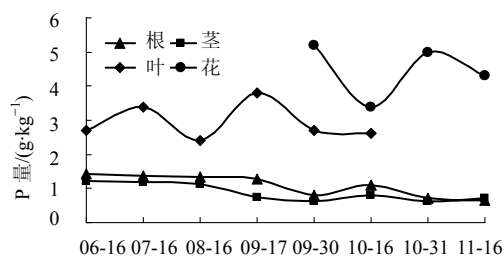


图 6 黄花蒿植株 P 积累动态

Fig. 6 Dynamic of P accumulation in *A. annua*

3.3.3 黄花蒿植株 K 元素的养分吸收动态 从图 7 可知在生长前期，无论根、茎、叶、花的 K 积累量均最高，根和叶片的含 K 量变化呈 S 型，根从 7 月中旬开始到 9 月底，K 量逐渐降低，随后开始下降至 9 月底达到最低点后又开始上升，而茎和花的 K 量变化比较平缓，生长前期高、后期低，茎从 6 月中旬开始到 11 月中旬，一直保持较平稳缓慢的下降趋势，花则从 9 月底开始 K 量逐渐下降，到 11 月中旬略有升高。K 的积累量是叶 > 花 > 根 > 茎。

3.3.4 黄花蒿植株 N、P、K 元素吸收比例与需求

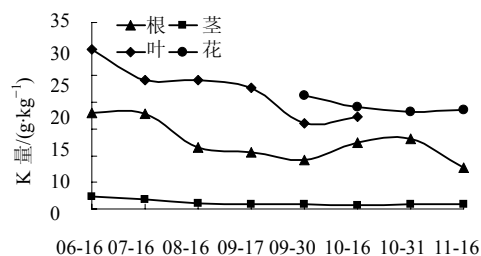


图 7 黄花蒿植株 K 积累动态

Fig. 7 Dynamic of K accumulation in *A. annua*

量 在黄花蒿生长期 N-P-K 的比例为 1:0.12:0.76, N、K 元素是黄花蒿生长期需要量最大的营养元素, 同青蒿素量与土壤、植株养分量关系研究^[18]结果一致。干物质积累量较大的时期在 8 月中旬到 9 月底, 在此期间每生产 100 kg 黄花蒿干燥全草需 N 19.6~28.2、P 2.0~3.4、K 13.6~17.3 kg。

4 讨论

黄花蒿是 N、K 需要量较多的植物, 生长前期积累量较多, 施肥的重要时期为生长前期, 根据目标产量和土壤 N、P、K 的量, 以每生产 100 kg 黄花蒿干燥全草需要 N 19.6~28.2 kg、P 2.0~3.4 kg、K 13.6~17.3 kg 的量来确定其施肥量, 在肥料施用时应以 N、K 肥为主, 配施适量的 P 肥。

干物质积累量较多的时期在 8 月中旬到 9 月底, 虽然青蒿素的积累量在 7 月中旬最大, 但此时干物质的积累量较低, 采收黄花蒿较理想的时期在 8 月中旬到 9 月中旬, 即生长盛期至花(蕾)期之前, 与钟凤林等^[17]的研究结果基本一致。

参考文献

- [1] Liu C X, Xiao P G, Peng Y, *et al.* Challenges in research and development of traditional Chinese medicines [J]. *Chin Herb Med*, 2009, 1(1): 1-28.
- [2] 陈 平. 黄花蒿资源及开发利用概述 [J]. 广西林业科学, 1998, 27(1): 35-36.
- [3] 李 锋, 韦 霄, 许成琼, 等. 广西黄花蒿类型调查研究 [J]. 广西植物, 1997, 17(3): 231-234.
- [4] 韦记青, 韦 霄, 蒋水元, 等. 广西黄花蒿资源及发展策略 [J]. 广西农学报, 2005, 3: 24-26.
- [5] 韦 霄, 李 锋, 付秀红, 等. 黄花蒿类型引种试验 [J]. 广西科学院学报, 1998, 14(1): 28-31.
- [6] 韦 霄, 李 锋, 许成琼, 等. 黄花蒿生物学特性研究 [J]. 广西植物, 1997, 17(2): 166-168.
- [7] 陈大霞, 彭 锐, 李隆云, 等. 我国黄花蒿天然群体遗传多样性的 SRAP 分析 [J]. 中草药, 2011, 42(8): 1591-1595.
- [8] 郑丽屏, 王剑文, 谭仁祥. 黄花蒿种质资源的 RAPD 分析 [J]. 中草药, 2007, 38(4): 602-605.
- [9] 傅德明, 蔡正江, 毛禄国. 青蒿生物学特性及规范化栽培技术 [J]. 中国农技推广, 2005, 12: 34-35.
- [10] 邓 婧, 陈 新, 宣 朴. 黄花蒿 SRAP-PCR 反应体系的建立与优化 [J]. 中草药, 2007, 38(1): 125-128.
- [11] 耿 飒, 叶和春, 李国凤, 等. 中药青蒿的生理生化特征及其研究进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(1): 90-97.
- [12] 杨海梅, 李明思, 谢 云. 黄花蒿耗水及生长规律试验研究 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2005, 23(3): 339-341.
- [13] 黄正方, 郑贵华, 李成东, 等. 影响青蒿成分青蒿素含量的因素研究 [J]. 西南农业大学学报, 1997, 19(1): 93-94.
- [14] 王梦琼. 青蒿的组织培养及植株再生 [J]. 北京中医药大学学报, 2004, 27(2): 74-75.
- [15] 雷红松. 青蒿栽培技术 [J]. 特种经济动植物, 2005, 6: 23-24.
- [16] 韦 霄, 李 锋, 许成琼, 等. 不同栽培措施对黄花蒿产量和青蒿素含量的影响[J]. 广西科学院学报, 1999, 15(3): 132-136.
- [17] 钟凤林, 陈和荣, 陈 敏. 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, 1997, 22(7): 405-406.
- [18] 漆小雪, 韦 霄, 蒋运生, 等. 青蒿素含量与土壤、植株养分含量关系研究 [J]. 广西植物, 2009, 29(5): 627-630.
- [19] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [20] 森林植物与森枯枝落叶层全硅、铁、铝、钙、镁、钾、钠、磷、硫、锰、铜、锌的测定 [S]. 1999.
- [21] 电感耦合等离子体原子发射光谱方法通则 [S]. 1996.
- [22] 刘金磊, 李典鹏, 韦 霄, 等. 黄花蒿中青蒿素含量的 RP-HPLC 法测定 [J]. 广西植物, 2007, 27(5): 808-810.