

水氮耦合对滁菊产量和品质的影响

李孝良^{1,2}, 程婷婷¹, 方鸿祥¹, 汪建飞^{1,2}, 谢越¹

(1. 安徽科技学院 城建与环境学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 农业部生物有机肥创制重点实验室, 安徽 蚌埠 233400)

摘要: 采用二因素二次回归旋转组合设计, 以盆栽试验方式研究了水、氮因子对滁菊产量和品质的影响, 探讨了滁菊人工栽培适宜的水氮管理模式。研究表明, 水氮耦合对滁菊花产量、叶片水提总黄酮和氯原酸含量、滁菊花水提总黄酮和氯原酸含量均有极显著影响, 水氮间存在显著交互作用。氮肥因子对滁菊花产量、总黄酮含量、氯原酸含量的影响大于水分因子。当土壤水分水平为 0.284 1, 氮肥水平为 0.403 7 时, 即田间持水量 80%, 氮肥用量 0.257 g/kg 时, 滁菊花产量最高, 达 18.09 g/株; 当土壤水分和氮肥用量均为 -1.414 水平时, 即田间持水量 50%, 氮肥用量为 0 g/kg 时, 滁菊花总黄酮含量和氯原酸含量最大。从滁菊花产量、品质角度综合考虑, 滁菊生育前期水氮管理以中水中氮较为适宜, 滁菊现蕾开花期以低水低氮较为适宜。

关键词: 滁菊; 水氮耦合; 产量; 黄酮; 氯原酸

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0111-05

中图分类号: S158.3, R931.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.024

Effects of Water and Nitrogen Fertilizer Coupling on Yield and Quality of Chuzhou *Chrysanthemum Morifolium*

LI Xiao-liang^{1,2}, CHENG Ting-ting¹, FANG Hong-xiang¹, WANG Jian-fei^{1,2}, XIE Yue¹

(1. College of Urban Construction and Environmental Sciences, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100, China; 2. Key Laboratory of Bio-organic Fertilizer Creation, Ministry of Agriculture, Bengbu, Anhui, 233400, China)

Abstract: According to two-factor quadratic regression rotation design, effects of water and nitrogen fertilizer coupling on yield and quality of Chuzhou *Chrysanthemum morifolium* were studied by a pot experiment and the suitable water and nitrogen management modes were investigated. Results showed that remarkable effects of water and nitrogen coupling on flower yield, total flavonoid content of leaf or flower, chlorogenic acid content of leaf or flower of Chuzhou *Chrysanthemum morifolium* were displayed, and there was a significant interaction between water and nitrogen. Effects of water on flower yield, total flavonoid content and chlorogenic acid content were more significant than those of nitrogen fertilizer. When soil water and nitrogen fertilizer were at 0.284 1 and 0.403 7 levels, respectively, namely, keeping 80% of the field water capacity and 0.257 g/kg nitrogen fertilizer, flower yield of Chuzhou *Chrysanthemum morifolium* reached a maximum up to 18.09 g/plant; and when both of soil water and nitrogen fertilizer were at -1.414 level, namely, keeping 50% of field water capacity and 0 g/kg nitrogen fertilizer, total flavonoid content and chlorogenic acid content of Chuzhou *Chrysanthemum morifolium* flower were maximal. Considered from the field of flower yield and quality, a suitable management mode of water and nitrogen is to keep middle level in the beginning stages of growth of Chuzhou *Chrysanthemum morifolium* and low level in the squaring stage and flowering period.

Keywords: Chuzhou *Chrysanthemum morifolium*; water and nitrogen fertilizer coupling; yield; flavonoid; chlorogenic acid

滁菊(*Chuzhou chrysanthemum morifolium*)是我国原产地域保护中药材,列我国“四大名菊”之首,安徽省四大著名道地药材之一^[1]。滁菊产量和品质

的形成是滁菊遗传特性和水、肥、气、热、光等外在环境因素综合作用的结果,水肥是影响滁菊产量和品质形成的关键,合理的水肥配置是保证产量和品质的重

收稿日期:2013-05-12

修回日期:2013-06-15

资助项目:安徽省教育厅自然科学研究项目“甜叶菊水肥耦合效应及水肥调控技术研究”(KJ2012Z068);安徽科技学院科研项目(ZRC2012305; ZRC2013356)

作者简介:李孝良(1974—),男(汉族),安徽省凤阳县人,博士,教授,主要从事水土资源利用与管理研究。E-mail:lixl100@163.com。

要条件,也是突破药菊栽培经济效益徘徊不前瓶颈的关键因子^[2]。近年来,施肥对药菊生长、产量和品质的影响日益受到人们关注^[3-4],氮肥可促进植株生长、花芽分化和提前开花,提高菊花产量,而菊花中绿原酸、总黄酮和可溶性糖的含量与氮肥用量成反比^[5],但对水、肥互作对药菊产量和品质的影响研究较少。本试验通过研究水氮耦合对滁菊产量及品质的影响,探讨滁菊人工栽培适宜的水氮管理模式,为滁菊高产优质生产提供借鉴。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

盆栽试验土壤为砂质潮土,砂粒含量 67.60%,粉粒含量 24.30%,黏粒含量 8.10%,土壤 pH 值 8.42,田间持水量 320 g/kg,有机碳含量 7.04 g/kg,碱解氮含量为 55.4 mg/kg,有效磷含量为 9.33 mg/kg,

速效钾含量为 174.8 mg/kg;供试滁菊为组培扦插苗,由安徽科技学院组培室提供。

1.2 试验方案

试验采用土壤水分含量、氮肥用量二因素二次回归旋转组合设计,共 16 个处理,两次重复。盆栽试验因子水平详见表 1。

1.3 试验方法

盆栽试验于 2012 年 4 月在安徽科技学院种植园进行。每盆装干土 5 kg,按磷肥用量 P_2O_5 0.15 g/kg 土、钾肥用量 K_2O 0.2 g/kg 土施用磷肥(磷酸二氢钙)和钾肥(硫酸钾)。每盆定植滁菊 1 棵,盆栽试验水分管理采用称重法,根据盆、土、水分分别计算各处理总重,在滁菊生育期内每天进行称重,按重量补充水分。在菊花采收期^[6],当菊花花瓣全白、花头有约 50%~70%左右盛开时开始采摘菊花,供计产及品质分析。

表 1 水氮耦合盆栽试验因子水平

编号	因子水平		水分 X_w (占田间持水量)/%	氮肥 X_N / ($g \cdot kg^{-1}$)	尿素/ (g/盆)	磷酸二氢钙/ (g/盆)	硫酸钾/ (g/盆)
	水分 X_w	氮肥 X_N					
1	1	1	93	0.34	3.70	2.75	2
2	1	-1	93	0.06	0.65	2.75	2
3	-1	1	57	0.34	3.70	2.75	2
4	-1	-1	57	0.06	0.65	2.75	2
5	-1.414	0	50	0.2	2.17	2.75	2
6	1.414	0	100	0.2	2.17	2.75	2
7	0	-1.414	75	0	0.00	2.75	2
8	0	1.414	75	0.4	4.35	2.75	2
9	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
10	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
11	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
12	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
13	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
14	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
15	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2
16	0	0	75	0.2	2.17	2.75	2

1.4 数据处理和测试方法

1.4.1 试验用土的理化性质分析^[7] 颗粒组成采用吸管法(国际制);pH 采用酸度计法;田间持水量采用环刀法;有机碳采用重铬酸钾外加热法;碱解氮采用碱解扩散法;有效磷采用 0.5 mol/L pH 值 8.5 Na_2HCO_3 浸提—钼蓝比色法;速效钾采用 1 mol/L 中性乙酸铵浸提—钼蓝比色法。

1.4.2 滁菊花产量测定 干重采用 110 °C 杀青 10 min,65 °C 烘干法。

1.4.3 滁菊花品质分析:

(1) 待测液制备^[8]。准确称取 0.5 g(精确至 0.000 1 g)磨细过筛菊花粉末于带塞三角瓶中,加入

20 ml 90 °C 的蒸馏水,在 80 °C 水浴上浸提 30 min,稍冷过滤,滤渣加入 20 ml 90 °C 的蒸馏水在水浴上重复提取一次,并过滤,再用少许蒸馏水反复漂洗残渣,所有滤液和洗涤液用 50 ml 容量瓶收集,冷却后定容,冷藏保存待测。

(2) 总黄酮的测定^[9]。吸取水提液 2 ml 置于 25 ml 比色管中,加水至 6 ml,加 5% 亚硝酸钠溶液 1 ml,摇匀放置 6 min;加 10% 硝酸铝溶液 1 ml,摇匀放置 6 min,加 1 mol/L 氢氧化钠试液 10 ml,加水至刻度,摇匀,放置 10 min 后以空白为对照,在 512 nm 波长处测定吸收度,通过标准曲线,可求得黄酮的含量。

(3) 氯原酸的测定^[10]。水提液适当稀释后吸取

5 ml 到 10 ml 试管中,加 5 ml 乙醇定容到 10 ml,摇匀,在 324~328 nm 波长处测定各溶液的吸光度(A),根据标准曲线计算氯原酸含量。

1.4.4 数据分析 采用 DPS 统计软件和 Excel 数据分析软件。

2 结果与分析

2.1 水氮耦合对滁菊花产量的影响

滁菊花产量测定结果详见表 2。回归分析结果表明,滁菊干花产量(y)对土壤水分因子水平(X_w)和氮肥因子水平(X_N)符合多项式关系($F=49.11, p=0.0002$),水氮耦合对滁菊花产量有极显著影响。方程极值求解表明,滁菊花产量以 X_w 水平为 0.2841,

X_N 水平为 0.4037,即水分田间持水量的 80.0%,氮肥用量为 0.257 g/kg 时,滁菊干花产量最高,达 18.09 g/株。植物对水氮的吸收是相对独立的过程^[11],但只有可溶性的土壤养分才能被植物吸收利用,而施肥能促进作物根系生长和冠层的发育,扩大作物吸收水分和养分的空间,在总供水量不变或增加不大的情况下,显著提高水分利用效率,水肥存在耦合效应^[12-13]。水氮耦合对滁菊花产量的影响如图 1 所示,随水、氮因子水平增加,滁菊花产量均表现出先增加后降低趋势,过量施肥、灌水会引起明显的负效应,造成滁菊花产量降低。氮肥因子对滁菊干花总产量的影响要大于水分因子,水氮交互作用达极显著水平($F=16.58, p=0.0022$)。

表 2 水氮耦合对滁菊产量和品质的影响

编号	干花产量/(g/株)	叶片		菊花	
		黄酮/(mg·kg ⁻¹)	氯原酸/(mg·kg ⁻¹)	黄酮/(mg·kg ⁻¹)	氯原酸/(mg·kg ⁻¹)
1	17.11	19.53	11.75	21.89	9.65
2	9.87	25.69	18.33	28.67	20.79
3	12.51	18.23	12.94	27.64	15.03
4	11.97	32.89	22.72	46.15	20.75
5	11.66	27.85	19.23	35.55	20.84
6	13.27	23.37	13.33	25.80	12.23
7	7.63	26.22	15.70	40.45	25.74
8	13.74	11.73	7.01	20.60	10.88
9	18.00	19.60	10.63	23.56	12.24
10	18.01	18.89	10.81	24.54	12.14
11	18.12	19.44	11.61	24.31	12.35
12	17.07	18.64	11.71	23.76	11.82
13	18.52	18.37	11.11	23.67	12.04
14	16.63	18.93	10.77	24.33	12.59
15	16.77	19.48	11.11	24.07	12.04
16	17.62	19.05	11.18	24.46	12.76
均值	14.03	21.12	13.12	27.47	14.62

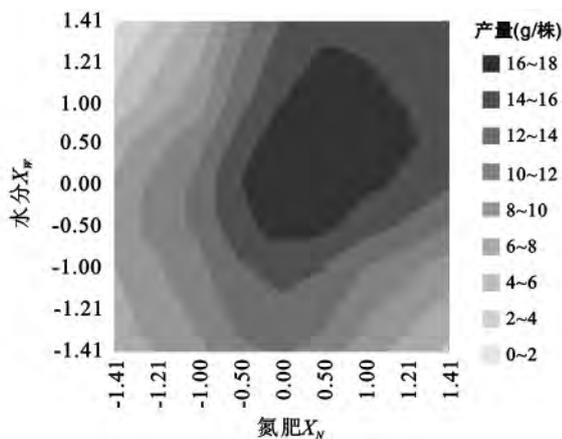


图 1 不同水氮处理滁菊花产量变化

2.2 水氮耦合对滁菊叶片总黄酮和氯原酸含量的影响

滁菊总黄酮及氯原酸含量测定结果详见表 2。

回归分析表明,滁菊叶片水提总黄酮(y)对土壤水分因子水平(X_w)和氮肥因子水平(X_N)符合多项式关系($F=109.04, p=0.0001$),方程极值求解表明,当 X_w, X_N 均为 -1.414 水平时,滁菊叶片总黄酮含量最大,达 40.42 mg/g。水氮交互作用对叶片总黄酮含量有极显著影响($F=23.24, p=0.0007$)。水氮耦合对滁菊叶片总黄酮含量的影响如图 2 所示,氮肥因子对滁菊叶片总黄酮含量的影响要大于水分因子,随盆栽试验土壤水分含量增加,滁菊叶片总黄酮含量呈现先降低后增加趋势,随氮肥用量增加,叶片总黄酮含量呈降低趋势。

滁菊叶片水提氯原酸(y)对土壤水分因子水平(X_w)和氮肥因子水平(X_N)也符合多项式关系($F=33.55, p=0.0001$),方程极值求解表明,当 X_w 和

X_N 均为 -1.414 水平时, 滁菊叶片氯原酸含量最大, 达 25.50 mg/g 。水氮交互作用对叶片氯原酸含量无显著影响 ($F=1.440, p=0.2578$)。水氮耦合对滁菊叶片氯原酸含量的影响如图 3 所示, 氮肥因子对滁菊叶片氯原酸含量的影响要大于水分因子, 随盆栽试验土壤水分含量增加, 滁菊叶片氯原酸含量呈现先降低后增加趋势, 随氮肥用量增加, 叶片氯原酸含量呈降低趋势。

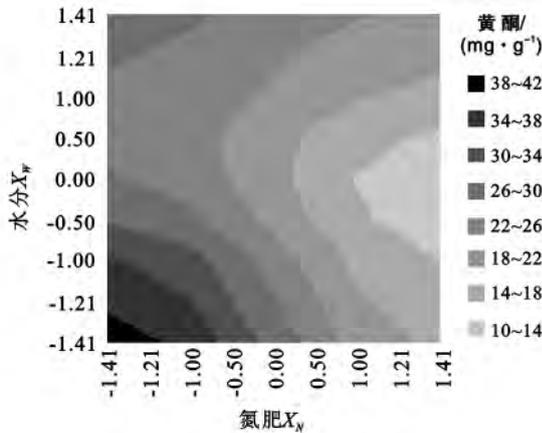


图 2 不同水氮处理滁菊叶片黄酮变化

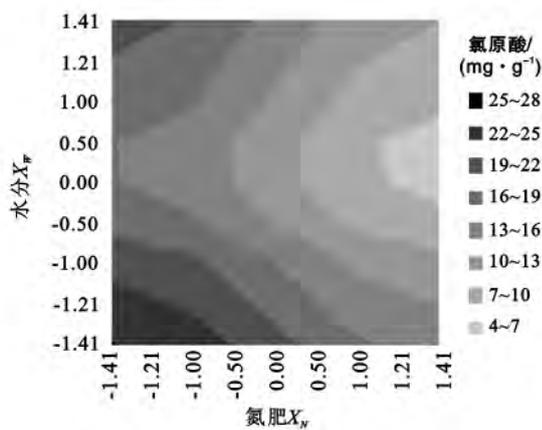


图 3 不同水氮处理滁菊叶片氯原酸变化

2.3 水氮耦合对滁菊花总黄酮和氯原酸含量的影响

滁菊花中水提总黄酮含量平均为 27.47 mg/g , 滁菊花水提总黄酮 (y) 对土壤水分因子水平 (X_W) 和氮肥因子水平 (X_N) 符合多项式关系 ($F=109.47, p=0.0001$), 方程极值求解表明, 当 X_W 和 X_N 均为 -1.414 水平时, 滁菊花总黄酮含量最大, 达 59.44 mg/g 。水氮交互作用对花中总黄酮含量有极显著影响 ($F=25.30, p=0.0005$)。水氮耦合对滁菊花总黄酮含量的影响如图 4 所示。氮肥因子对滁菊花总黄酮含量的影响要大于水分因子, 当土壤水分在低水平时, 随氮肥用量增加, 滁菊花总黄酮含量呈降低趋势; 当土

壤水分处中高水平时, 随氮肥用量增加, 滁菊花总黄酮含量呈先降低后增加趋势。土壤含水量对滁菊花总黄酮含量的影响与氮肥用量相似, 表现在氮肥用量低水平时, 随土壤含水量增加, 滁菊花总黄酮含量呈降低趋势; 当氮肥用量在中高水平时, 随土壤含水量增加, 滁菊花总黄酮含量呈先降低后增加趋势。

滁菊花中水提氯原酸含量平均为 14.62 mg/g , 滁菊花水提氯原酸 (y) 对土壤水分因子水平 (X_W) 和氮肥因子水平 (X_N) 符合二元二次多项式关系 ($F=62.51, p=0.0001$), 方程极值求解表明, 当 X_W 和 X_N 均为 -1.414 水平时, 滁菊花氯原酸含量最大, 达 28.81 mg/g 。水氮交互作用对花中氯原酸含量有显著影响 ($F=7.22, p=0.0228$), 水氮耦合对滁菊花氯原酸含量的影响如图 5 所示。氮肥因子对滁菊花氯原酸含量的影响要大于水分因子, 当土壤水分在高水平时, 随氮肥用量增加, 滁菊花氯原酸含量呈降低趋势; 当土壤水分处中低水平时, 随氮肥用量增加, 滁菊花氯原酸含量呈先降低后增加趋势。土壤含水量对滁菊花总黄酮含量的影响与氮肥用量对滁菊花氯原酸的影响具有相同趋势。

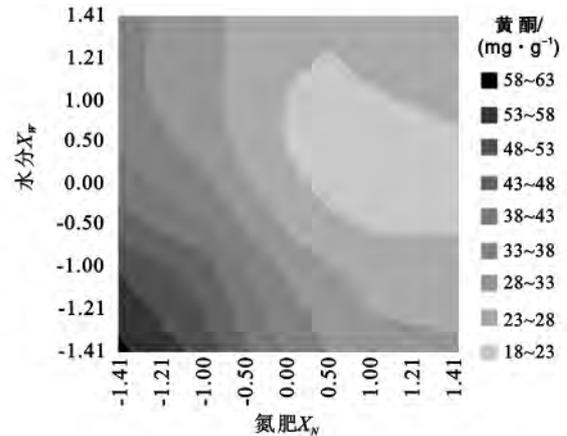


图 4 不同水氮处理滁菊花黄酮变化

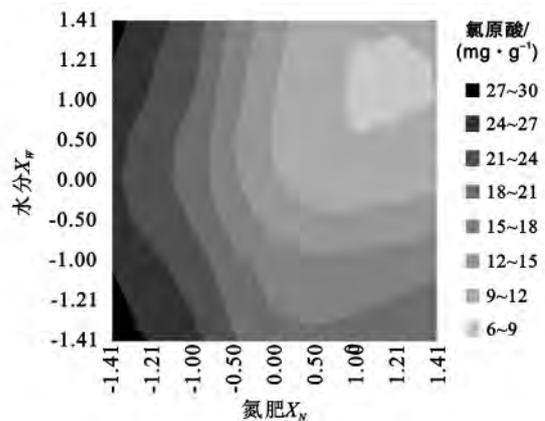


图 5 不同水氮处理滁菊花氯原酸变化

3 结论

水肥耦合对作物产量的影响主要反映在水肥供应水平上,不同肥水条件下,作物的产量表现不同。在水肥不足的情况下,补充水分可增加产量,施肥的增产效果大于水分的增产效果^[14]。本试验结果也表明,氮肥用量对滁菊花产量的影响大于水分因子,水、氮对滁菊花产量的影响符合报酬递减律,过量施肥、灌水会引起明显的负效应,水分与氮肥用量间存在极显著的正相交互作用,这与前人在大田作物玉米上的研究结果一致^[15]。

在低氮条件下,滁菊花、叶片中总黄酮含量和氯原酸含量均较高,随氮肥用量增加,总黄酮含量和氯原酸含量呈降低趋势,这与前人对苹果叶片中黄酮含量的研究结果相一致^[16-18]。柯用春等^[19]对金银花的研究发现,在轻度水分胁迫下,花体可能是为了适应逆境而分泌大量的绿原酸;谢宝东等^[20]对银杏研究结果表明,适度缺水有利于黄酮的积累,充足供水和水淹条件均不能有效地提高银杏叶黄酮的含量。本研究结果表明,水分胁迫有利于提高滁菊叶片中总黄酮和氯原酸的含量,而适度干旱条件下滁菊花中总黄酮含量较高,而在低氮条件下的水分胁迫,利于滁菊花中氯原酸的累积。生长/分化平衡假说认为^[16,21],任何对植物生长与光合作用有不同程度影响的环境因子,都会导致次生代谢物质的变化,对植物生长抑制作用更强的因素将增加次生代谢产物。水分胁迫对滁菊生长产生抑制作用,增加滁菊次生代谢产物(黄酮和氯原酸)的含量。

滁菊花产量是滁菊种植经济效益的保证,而总黄酮和氯原酸含量是滁菊花药用品质的主要表现,适宜的水氮管理方式,可以协调产量与品质间的关系,达到高产优质的目的。本研究结果显示,中水中氮滁菊花产量较高,而低水低氮滁菊药用品质较高,综合考虑,在滁菊生育前期,滁菊水氮管理以中水中氮模式较为适宜,通过培育健壮的滁菊个体,达到提高滁菊花产量的目的;在滁菊现蕾开花期,以低水低氮模式较为适宜,通过适当的逆境胁迫,增加滁菊次生代谢产物,提高滁菊花药用品质。

[参 考 文 献]

- [1] 陈少工,黄元宁,郑冬梅. 无公害滁菊优质高效栽培技术[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2172.
- [2] 刘乡,刘大会,杨特武,等. 氮、钾对盆栽药菊的生长、产量及品质影响[J]. 中药材, 2007, 30(11): 1356-1359.
- [3] 刘大会,朱端卫,周文兵,等. 氮、磷、钾配合施用对福田

白菊产量和品质的影响[J]. 中草药, 2006, 37(1): 125-129.

- [4] 祝丽香,王建华,毕建杰,等. 不同氮素用量对杭白菊养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 992-997.
- [5] 刘大会,朱端卫,郭兰萍,等. 氮肥用量对药用菊花生长及其药用品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 188-195.
- [6] 刘大会,杨特武,朱端卫,等. 不同钾肥用量对福田河白菊产量和质量的影响[J]. 中草药, 2007, 38(1): 120-124.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 213-214.
- [9] 李鹏,陈科力,叶从进. 湖北福田河白菊质量研究[J]. 中药材, 2004, 27(2): 102-103.
- [10] 陈勇敢,王荔,王焕. 菊花速溶片中绿原酸含量的测定[J]. 现代中药研究与实践, 2003, 17(3): 55-56.
- [11] Viets F G. Water deficits and nutrient availability [M]//Kozlowski T T. Water Deficits and Plant Growth. New York: Academic Press, 1972.
- [12] 肖自添,蒋卫杰,余宏军. 作物水肥耦合效应研究进展[J]. 作物杂志, 2007(6): 18-22.
- [13] Wiedenfeld B, Enciso J. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semiarid South Texas[J]. Agronomy Journal, 2008, 100(3): 665-671.
- [14] 陈亚,代先强,袁玲,等. 水氮耦合对土壤理化性状及作物生长的影响研究进展[J]. 河南农业科学, 2009(5): 11-15.
- [15] 孙占祥,孙文涛. 水肥互作对玉米生长发育及产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(3): 275-278.
- [16] 刘大会,朱端卫,郭兰萍,等. 氮肥用量对药用菊花生长及其药用品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 188-195.
- [17] Bryant J P, Chapin F S, Klein D R. Carbon /nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory[J]. Oikos, 1983, 40(3): 357-368.
- [18] Strissel T, Halbwirth H, Hoyer U, et al. Growth-promoting nitrogen nutrition affects flavonoid biosynthesis in young apple (*Malus domestica* Borkh.) leaves [J]. Plant biology (Stuttgart, Germany), 2005, 7(6): 677-685.
- [19] 柯用春,周凌云,徐迎春,等. 土壤水分对金银花总绿原酸含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(15): 1201-1202.
- [20] 谢宝东,王华田,常立华,等. 土壤水分含量对银杏叶黄酮和内酯含量的影响[J]. 山东林业科技, 2002(4): 1-3.
- [21] Wareing P F, Phillips I D J. Growth and differentiation in plants [M]. Oxford: Pergamon Press, 1981.