

控释尿素与普通尿素配施对菊花生理指标及产量和质量的影响

祝丽香^{1,2}, 王建华², 高先涛³

(1 国家缓控释肥工程技术研究中心, 山东泰安 271018; 2 山东农业大学农学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018; 3 山东嘉祥白菊花研究中心, 山东嘉祥 272400)

摘要: 2009 和 2010 年采取田间实验方法研究控释尿素和普通尿素不同施用方式对菊花生长发育及产量和品质的影响。结果表明, 孕蕾期菊花叶片可溶性蛋白质和叶绿素含量、硝酸还原酶活性、根系活力明显高于生长旺盛期和开花期, 且施用尿素高于对照。控释尿素、控释尿素与普通尿素混合一次性基施可促进菊花生长发育前期干物质积累, 分次施用有利于后期干物质积累。施用尿素增加单株花序数、百朵花序鲜重, 对花序直径影响较少。两种尿素分别分次施用菊花产量明显高于一次性基施, 控释尿素与普通尿素等量混合分次施用产量高于其它处理。与普通尿素单施相比, 控释尿素提高了菊花总黄酮、蛋白质和可溶性糖含量, 其中以控释尿素与普通尿素等量混合分次施用的最高。综合菊花产量和品质指标, 在本实验条件下, 控释尿素与普通尿素等量混合分次施用的效果最佳。

关键词: 控释尿素; 施用方式; 菊花; 产量; 品质

中图分类号: S567.9.01; S145.5 文献标识码: A 文章编号: 1008-505X(2012)02-0483-08

Application of controlled-released urea combined with conventional urea on physiological indices, yield and quality of *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

ZHU Li-xiang^{1,2}, WANG Jian-hua², GAO Xian-tao³

(1 Chinese National Engineering Research Center for Slow/Controlled Release Fertilizers, Taian, Shandong 271018, China; 2 College of Agronomy, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Taian, Shandong 271018, China; 3 Shandong Jiexiang Chrysanthemum Research Center, Jiexiang, Shandong 272400)

Abstract: Nitrogen is one of the most important nutrients and plays a vital role in crop growth and yield production, rational nitrogen fertilization is essential to achieve an optimal yield and the desired product quality. Field experiments were conducted from 2009 to 2010 to compare the effects of controlled-release urea and conventional urea on the growth, yield and quality of *Chrysanthemum morifolium*. The results show that the physiological indices, including soluble protein content, chlorophyll content, nitrate reductase and root activities, are highest at the pregnant stage, and the indices in the treatments applied two kind of urea are higher than those of the control. The controlled-release urea and conventional urea applied as single basal application can improve growth and dry matter accumulation at the early stages of *C. morifolium*, while split fertilizations are more favorable to these in the later stages. The amounts of inflorescence number per plant and 100-inflorescence flesh weight are increased under both the controlled-release urea and conventional urea applications, while there are less effects on inflorescence diameters. Consequently, the yield increase is achieved mainly by increasing the inflorescence number per plant and 100-inflorescence flesh weight. The yields treated by split fertilization of both controlled-release urea and conventional urea are higher than those treated by single basal application, and the highest yield is obtained in the application of controlled-release urea combined with conventional urea. Compared with conventional urea application treatments, the controlled-release urea application treat-

收稿日期: 2011-06-12 接受日期: 2012-01-04

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2011BAD11B01; 2011BAD11B02)资助。

作者简介: 祝丽香(1963—), 女, 山东蓬莱人, 博士, 硕士生导师, 主要从事药用植物栽培及中药资源综合开发应用研究。

E-mail: zhulix1965@163.com

ments lead to significant increases of total flavonoid content, chlorogenic acid content, soluble sugar content and protein content of *C. morifolium*, and those of the treatment applied controlled-release urea combined with conventional urea are higher than those others. Taking account of yield and quality, the split fertilization of controlled-release urea combined with conventional urea is the optimum under this experiment condition.

Key words: controlled-release urea; fertilization method; *Chrysanthemum morifolium* Ramat.; yield; quality

氮是药用植物生长发育必需的营养元素,不仅影响药用植物生长发育,而且还能够调控植物体内初级代谢和次级代谢,影响中药材的品质^[1]。菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)是我国传统中药材,主要含有挥发油、菊甙、黄酮、绿原酸、氨基酸、维生素和矿质元素等,具有疏风清热、清热明目的功效^[1]。目前关于菊花的研究主要集中在有效成分、药理和栽培技术方面^[2-3],关于施肥对菊花生长发育和产量品质影响的研究主要为氮磷钾配施或有机肥施用效果^[4]。缺氮推迟菊花开花,降低有效分枝数和头茬花所占比例,氮磷钾配施菊花分枝数、头茬花所占比例显著增加,提高可溶性糖、蛋白质含量^[5];施用有机肥菊花总黄酮和绿原酸含量高于施用无机肥料^[6];控释复合肥一次性基施菊花茎秆粗壮,菊花产量和有效成分含量显著高于普通复合肥^[7-8]。控释复合肥具有养分释放与作物吸收同步的特点而成为提高氮肥利用效率和减少环境污染的有效途径之一^[9-10],但由于控释肥料价格较高,难以大面积推广应用。近年来,研究人员根据小麦、玉米等农作物需肥特点采用控释尿素与普通尿素配施,发现作物产量和氮素利用率比普通尿素单施显著提高^[11-12]。综上控释尿素、控释尿素与普通尿素配施对菊花产量和品质影响的研究报道。为此,本文选择山东嘉祥作为实验基地,采用田间小区试验方法研究控释尿素和普通尿素配施对菊花生长发育和产量品质的影响,旨在为合理施肥,提高菊花产量和品质提供理论依据和技术指导。

1 材料与方 法

供试品种为山东嘉祥菊花。树脂包膜控释尿素(控释期5个月,含N量42%)为山东金正生态工程股份有限公司生产,普通尿素(含N量42%)由山东农大肥业生产。

1.1 试验设计

田间试验于2009和2010年在山东嘉祥县纸坊

镇于庄进行。该试验点海拔30~80 m,东经11°63'、北纬35°32'。年平均气温13.0℃,年降水量700~765 mm,无霜期约210 d。供试土壤为棕壤,试验前耕层0—30 cm土壤有机质含量25.34 mg/kg,碱解氮112.45 mg/kg,速效磷116.07 mg/kg,速效钾97.36 mg/kg。试验设6个处理,详见表1。菊花按行距50 cm,株距45 cm移栽。小区面积20 m²,3次重复,随机区组排列。每个处理均在移栽前施过磷酸钙(P₂O₅ 16%)650 kg/hm²;硫酸钾(K₂O 50%)380 kg/hm²。氮肥做基肥在移栽时开沟施入,追肥在孕蕾前(8月下旬)行间开沟施入,常规管理。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 形态指标 菊花开花期,每个处理随机选10株测定株高、茎粗、分枝数、叶面积、株花序数、花序直径。根据测定的单株叶面积与占地面积的比值计算出叶面积系数。

1.2.2 生理指标 菊花生长旺盛期(7月上旬)、孕蕾期(9月中旬)、开花期(11月上旬)取样测定叶片可溶性蛋白质含量、叶绿素含量、硝酸还原酶活性、根系活力。叶片可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝G-250染色法测定;硝酸还原酶活性采用离体法测定;叶绿素含量用95%乙醇提取,比色法测定;根系活力采用TTC法测定^[13]。

1.2.3 生物学产量和经济产量 在菊花生长旺盛期、孕蕾期和开花期每个处理分别取10株测定生物学产量,采收期每个小区取1 m²测定菊花产量。

1.2.4 品质指标 菊花粗蛋白质采用凯氏定氮法测定氮含量乘以换算系数6.25;蒽酮比色法测定可溶性糖^[13];总黄酮采取超声波提取,参照叶丛进^[14]方法测定,绿原酸参照《中国药典》(2010年版第一部)用HPLC法测定^[15]。

试验数据利用DPS统计分析软件进行分析和检验。

表 1 氮肥试验设计方案
Table 1 Scheme of the nitrogen fertilizer experiment design

处理 Treatment	施氮量 (kg/hm ²) N application rate	氮肥 Nitrogen fertilizer	施肥方式 Fertilization mode
CK	0	0	
T ₁	120	PU	50% 基施 Basal application, 50% 孕蕾前追施 Topdressing prior to pregnant period
T ₂	120	PCU	100% 基施 Basal application
T ₃	120	PCU	50% 基施 Basal application, 50% 孕蕾前追施 Topdressing prior to pregnant period
T ₄	120	PU:PCU = 1:1	100% 基施 Basal application
T ₅	120	PU:PCU = 1:1	50% 基施 Basal application, 50% 孕蕾前追施 Topdressing prior to pregnant period

注 (Note): PCU—控释尿素 (控释期 5 个月) Controlled-released urea (Controlled-released time is 5 months); PU—普通尿素 Conventional urea.

2 结果与分析

2.1 施氮对菊花农艺性状的影响

农艺性状是植株内在协调性好坏最直接的外观表现。表 2 显示,施用氮肥菊花茎粗、分枝数、有效分枝数、叶面积系数均高于不施肥对照, T₅ 处理的茎粗、分枝数、有效分枝数、叶面积系数最高,分别比对照增加 29.11%、27.85%、39.89%、21.33%,

比 T₁ 处理增加 21.25%、11.94%、18.89%、1.16%。T₂、T₃、T₄、T₅ 处理的菊花株高均显著低于 T₁, 茎粗、有效分枝数均高于 T₁。表明控释尿素、控释尿素与普通尿素配施菊花茎秆矮壮,可促进分枝。有效分枝是指采收时分枝顶端菊花花序达到采收标准的分枝,增加有效分枝有利于提高菊花产量。

表 2 施肥处理对菊花农艺性状的影响 (开花期)
Table 2 Effects of N treatments on agronomic characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem diameter (mm)	分枝数 Branch number (No./plant)	有效分枝数 Effective branches (No./plant)	叶面积系数 Leaf area index
CK	53.57 ± 3.25 e	6.32 ± 0.33 d	29.41 ± 2.41 c	20.13 ± 2.13 d	0.75 ± 0.06 b
T ₁	69.01 ± 3.49 a	6.73 ± 0.33 cd	33.59 ± 7.02 b	23.69 ± 3.15 c	0.86 ± 0.06 a
T ₂	58.88 ± 4.19 c	7.24 ± 0.70 bc	31.23 ± 5.07 c	25.58 ± 1.67 b	0.85 ± 0.04 b
T ₃	64.02 ± 3.75 bc	6.78 ± 0.44 cd	36.02 ± 2.91 a	27.05 ± 2.54 ab	0.89 ± 0.12 a
T ₄	60.21 ± 6.75 cd	7.79 ± 0.57 ab	35.56 ± 5.19 ab	26.91 ± 3.01 ab	0.84 ± 0.07 ab
T ₅	64.72 ± 5.29 b	8.16 ± 0.44 a	37.60 ± 3.05 a	28.16 ± 2.16 a	0.87 ± 0.11 a

注 (Note): 同列数据后不同字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$) Different letters in the same column mean significant difference among treatments at the 0.05 level.

2.2 施氮对菊花生理指标的影响

氮是叶绿素和可溶性蛋白质的主要组成成分,叶片可溶性蛋白质和叶绿素含量反映土壤有效氮的水平。从表 3 可以看出, T₂、T₃、T₄、T₅ 处理不同发育时期菊花叶片可溶性蛋白质含量、叶绿素含量、

硝酸还原酶活性及根系活力均高于 T₁ 和 CK, 孕蕾期最高。生长旺盛期 T₂ 硝酸还原酶活性、叶绿素含量高于 T₃、T₄、T₅, 根系活力高于 T₃、T₅, 低于 T₄, 各处理叶片可溶性蛋白质的含量差异不显著。孕蕾期菊花各种生理指标 T₅ 最高, CK 最低, T₃、T₄

表3 施氮处理对菊花生理指标的影响
Table 3 Effects of N treatments on physiological indices

发育时期 Growth stage	处理 Treatment	可溶性蛋白质 Soluble protein (mg/g)	硝酸还原酶 NR activity [mg/(g·h)]	叶绿素 Chlorophyll content (mg/g)	根系活力 Root activity [mg/(g·h)]
生长旺盛期 Vigorous growth period	CK	20.36 ± 0.95 c	4.02 ± 0.36 d	1.25 ± 0.16 c	0.36 ± 0.05 c
	T ₁	25.06 ± 3.12 b	4.34 ± 0.34 c	1.59 ± 0.15 b	0.53 ± 0.10 b
	T ₂	26.31 ± 1.96 a	5.63 ± 0.31 a	1.95 ± 0.10 a	0.61 ± 0.12 ab
	T ₃	26.54 ± 1.84 a	5.34 ± 0.20 b	1.84 ± 0.03 a	0.54 ± 0.08 b
	T ₄	26.49 ± 2.25 a	5.59 ± 0.25 a	1.89 ± 0.04 a	0.68 ± 0.11 a
	T ₅	26.53 ± 1.36 a	5.23 ± 0.18 b	1.86 ± 0.08 a	0.59 ± 0.07 ab
孕蕾期 Pregnant period	CK	25.27 ± 1.42 d	5.13 ± 0.19 e	1.49 ± 0.15 e	0.51 ± 0.06 e
	T ₁	27.39 ± 1.02 c	5.42 ± 0.23 d	1.98 ± 0.12 d	0.64 ± 0.05 bc
	T ₂	30.26 ± 1.65 b	5.95 ± 0.29 c	2.38 ± 0.27 c	0.71 ± 0.06 ab
	T ₃	32.01 ± 2.05 ab	6.37 ± 0.46 b	2.49 ± 0.41 b	0.76 ± 0.10 ab
	T ₄	31.08 ± 1.47 b	5.69 ± 0.31 cd	2.59 ± 0.43 ab	0.74 ± 0.08 ab
	T ₅	33.15 ± 2.46 a	6.93 ± 0.21 a	2.64 ± 0.35 a	0.78 ± 0.15 a
开花期 Flowering period	CK	19.24 ± 0.91 d	3.36 ± 0.64 d	1.01 ± 0.17 c	0.29 ± 0.07 d
	T ₁	24.37 ± 2.14 c	3.69 ± 0.25 d	1.47 ± 0.13 b	0.45 ± 0.09 c
	T ₂	25.04 ± 0.98 bc	5.67 ± 0.44 c	1.64 ± 0.12 b	0.55 ± 0.12 bc
	T ₃	26.37 ± 1.67 a	6.35 ± 0.17 b	2.03 ± 0.16 a	0.69 ± 0.10 a
	T ₄	25.14 ± 1.65 bc	5.29 ± 0.44 c	1.66 ± 0.13 b	0.61 ± 0.09 ab
	T ₅	26.05 ± 2.48 ab	6.78 ± 0.32 a	2.16 ± 0.21 a	0.71 ± 0.18 a

注(Note): 同列数据后不同字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$) Values followed by different letters in the same column mean significant difference between treatments ($P < 0.05$).

差异不显著,但明显高于 T₂、T₁。开花期 CK、T₁、T₂、T₄ 菊花叶绿素含量、硝酸还原酶活性、根系活力低于生长旺盛期, T₃、T₅ 则高于生长旺盛期,各处理叶片可溶性蛋白质含量均下降,CK、T₁、T₂、T₄ 降低幅度明显大于 T₃、T₅,表明孕蕾前追肥有助于提高植株生理活性,促进植株生长。

2.3 施氮对生物量的影响

如表4所示,施氮菊花不同发育时期干物质积累量均显著高于对照,控释尿素单施、控释尿素与普通尿素配施效果优于普通尿素单施。T₂、T₃、T₄、T₅ 处理生长旺盛期、孕蕾期、开花期植株干物质积累量比对照分别增加 7.51%~23.07%、19.12%~35.65%、12.60%~43.46%,增加幅度开花期 > 孕蕾期 > 生长旺盛期;比 T₁ 分别增加 0.41%~11.03%、5.52%~13.87%、2.57%~10.13%,增加

幅度孕蕾期 > 生长旺盛期 > 开花期。生长旺盛期 T₂、T₄ 处理干物质积累量明显高于 T₁、T₃、T₅;孕蕾期 T₄ 处理最高,开花期 T₃、T₅ 处理明显高于 T₁、T₂、T₄,表明氮肥一次性基施有利于前期植株干物质积累,孕蕾前追施控释尿素促进植株后期干物质积累。

2.4 施氮对菊花产量和品质的影响

菊花产量由单株花序数、花序直径和百朵花序鲜重3个因素构成。分析结果显示(表5) T₂、T₃、T₄、T₅ 处理菊花单株花序数、花序直径、百朵花序鲜重和产量比分别对照增加 42.95%~106.48%、0.62%~2.77%、2.12%~11.84%、10.51%~47.52%,比 T₁ 分别增加 30.16%~44.44%、0.61%~2.14%、4.14%~9.52%、16.83%~33.50%。可见,施氮提高了菊花单株花序数、百朵

表 4 施氮处理对菊花生物量的影响

Table 4 Effect of N treatments on dry matter accumulation of *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

处理 Treatment	生长旺盛期 Vigorous growth period		孕蕾期 Pregnant period		开花期 Flowering period	
	干物质积累量 Dry matter accumulation (g/plant)	与 CK 比较 Compare with control (%)	干物质积累量 Dry matter accumulation (g/plant)	与 CK 比较 Compare with control (%)	干物质积累量 Dry matter accumulation (g/plant)	与 CK 比较 Compare with control (%)
CK	56.31 ± 5.29 c		63.54 ± 6.14 e		73.59 ± 4.81 e	
T ₁	60.30 ± 6.90 b	23.07	75.69 ± 4.54 d	19.12	95.86 ± 4.41 d	12.60
T ₂	65.88 ± 1.01 a	17.00	82.85 ± 5.63 b	30.39	99.95 ± 1.65 bc	31.74
T ₃	61.32 ± 8.99 b	8.90	79.87 ± 4.67 c	25.70	102.62 ± 3.49 ab	39.45
T ₄	66.95 ± 4.43 a	18.90	86.19 ± 10.87 a	35.65	98.33 ± 10.93 cd	34.98
T ₅	60.54 ± 33.49 b	7.51	83.19 ± 11.14 b	30.93	105.57 ± 12.99 a	43.46

注 (Note): 同列数据后不同字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$) Values followed by different letters in the same column mean significant difference between treatments ($P < 0.05$).

表 5 施氮处理对菊花产量及产量构成因素的影响

Table 5 Effects of N treatments on yield and its components of *Chrysanthemum orifolium* Ramat.

处理 Treatment	每株花序数 (No./plant) Inflorescence number per plant	花序直径 (mm) Inflorescence diameter	百朵花序鲜重 (g) 100-inflorescence fresh mass	产量 Yield (kg/hm ²)
CK	25.61 ± 4.69 e	3.25 ± 0.12 b	71.69 ± 574 d	751.04 ± 65.23 d
T ₁	36.61 ± 4.87 d	3.27 ± 0.01 ab	73.21 ± 5.64 cd	829.88 ± 16.15 c
T ₂	47.65 ± 1.26 c	3.29 ± 0.03 ab	76.24 ± 3.94 b	969.56 ± 24.13 b
T ₃	52.11 ± 1.90 a	3.34 ± 0.05 a	77.34 ± 6.37 ab	1003.41 ± 6.08 b
T ₄	49.90 ± 2.03 b	3.31 ± 0.03 a	76.03 ± 5.28 bc	978.97 ± 15.09 b
T ₅	52.88 ± 1.94 a	3.32 ± 0.04 a	80.18 ± 3.15 a	1107.92 ± 23.16 a

注 (Note): 同列数据后不同字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$) Values followed by different letters in the same column mean significant difference between treatments ($P < 0.05$).

花序鲜重和产量,控释尿素单施、控释尿素与普通尿素配施增产效果优于普通尿素单施。各处理间花序直径差异不显著,说明施氮是通过增加单株花序数、百朵花序鲜重提高菊花产量。T₂ 与 T₄、T₃ 与 T₅ 处理菊花产量差异不显著,表明施肥方式相同,单施控释尿素或控释尿素与普通尿素配施对菊花产量影响不显著,但与单施控释尿素相比,控释尿素与普通尿素配施能够降低生产成本。

从表 6 可以看出,施氮提高了菊花可溶性糖和粗蛋白含量,降低了黄酮和绿原酸含量。普通尿素单施(T₁)菊花绿原酸、总黄酮、粗蛋白质和可溶性

糖含量皆低于控释尿素处理。相同肥料配比不同施肥方式比较,与 T₂ 处理相比,T₃ 降低了绿原酸含量,提高了可溶性糖和蛋白含量;T₅ 处理绿原酸、可溶性糖和粗蛋白含量显著高于 T₄; T₂ 与 T₃、T₄ 与 T₅ 处理总黄酮含量差异不显著,表明氮肥分次施用可提高菊花可溶性糖和蛋白质含量,对总黄酮含量影响较少。相同施肥方式不同肥料配比相比,T₄ 处理的总黄酮含量高于 T₂,绿原酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量低于 T₂,但差异不显著;T₅ 处理绿原酸含量显著高于 T₃,总黄酮、可溶性糖和蛋白质含量差异不显著。表明控释尿素与普通尿素配施提高

表 6 施氮处理对菊花品质的影响

Table 6 Effects of N treatments on quantity of *Chrysanthemum orifolium* Ramat.

处理 Treatment	总黄酮 Total flavonoids (%)	绿原酸 Chlorogenic acid (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	粗蛋白 Protein (%)
CK	6.59 ± 0.30 a	0.463 ± 0.04 a	21.80 ± 1.45 c	6.14 ± 0.11 e
T ₁	6.23 ± 0.15 b	0.440 ± 0.06 bc	23.59 ± 3.04 bc	6.38 ± 0.67 de
T ₂	6.47 ± 0.18 a	0.442 ± 0.05 bc	25.04 ± 1.05 ab	6.86 ± 0.24 bc
T ₃	6.44 ± 0.19 ab	0.437 ± 0.03 c	26.39 ± 1.04 a	7.36 ± 0.28 a
T ₄	6.58 ± 0.25 a	0.434 ± 0.05 c	24.93 ± 1.06 ab	6.73 ± 0.13 cd
T ₅	6.56 ± 0.32 a	0.448 ± 0.03 b	26.34 ± 0.97 a	7.29 ± 0.48 ab

注(Note): 同列数据后不同字母表示差异达显著水平($P < 0.05$) Values followed by different letters in the same column mean significant difference between treatments ($P < 0.05$).

了菊花绿原酸和总黄酮含量。

3 讨论

氮素营养是影响作物生长发育和产量的一个重要因素,施氮能够提高作物对养分的吸收从而提高产量,不同氮肥种类和施用量均可影响作物的生理特性和产量^[16-17]。本研究表明,施氮菊花不同发育时期叶片生理指标均高于对照,控释尿素单施、控释尿素与普通尿素配施高于普通尿素单施。已有研究表明,与普通尿素相比,控释尿素缓慢释放养分的特性可减轻土壤淋洗作用造成的养分损失,改善土壤营养条件,促进根系对养分的吸收,提高植株的生理活性^[18-19]。硝酸还原酶为诱导性酶,氮是叶绿素的重要组成部分,硝酸还原酶活性、叶绿素含量与植物体内氮含量正相关。在本试验条件下,开花期 T₃、T₅ 处理的叶绿素含量、硝酸还原酶活性和根系活力高于 T₂、T₄,推测可能是 T₃、T₅ 处理在孕蕾前追肥增强了根系活力,促进了菊花对氮的吸收,提高了植株体内的氮含量。普通尿素氮的释放时间大约 30 d,控释尿素养分释放缓慢持久,菊花从孕蕾至开花间隔约 70 d, T₁ 处理仅追施普通尿素, T₃、T₅ 追施控释尿素,开花期 T₁ 菊花叶片溶性蛋白质含量、叶绿素含量、硝酸还原酶活性及根系活力低于 T₃、T₅,可能与不同尿素种类氮的释放速率有关。孕蕾期是菊花花序形成的关键时期,也是菊花产量形成的关键期。在此期间植株氮吸收量占整个生育期吸收量的 40% 以上^[20]。由此可以推断,孕蕾前追肥可调控土壤养分供应,提高菊花叶片同化能力和根系活力,这可能是菊花增产的生理生化机理。菊花

产量构成因素研究表明,施氮处理菊花单株花序数、百朵花序鲜重明显高于对照,且 T₅ 处理最高,其次为 T₃; 菊花产量 T₅ 最高, T₃ 次之。不同施氮处理菊花花序直径差异不显著,表明花序直径是较为稳定的性状,对产量的影响较少,菊花产量的提高主要是通过增加株花序数和百朵花序鲜重实现的,这与盛蒂^[21]的研究结果相同。

菊花的营养价值、保健作用和入药功效与其蛋白质、可溶性糖、总黄酮、绿原酸含量密切相关。苯丙氨酸通过莽草酸代谢途径生成黄酮和绿原酸,苯丙氨酸也是蛋白质合成的前体物质,蛋白质与黄酮、绿原酸之间存在着底物竞争关系^[22]。Margna 等^[23]发现高氮促进荞麦中苯丙氨酸合成蛋白质,抑制其解氨转化为黄酮和绿原酸等酚类物质。低氮时植株对氮再利用能力较强,其体内合成的苯丙氨酸在苯丙氨酸解氨酶作用下解氨,促进黄酮和绿原酸的合成。本研究中施氮处理菊花可溶性糖、蛋白质含量高于不施氮的对照,总黄酮、绿原酸含量低于对照。施氮能够增加植株对氮的吸收提高植株氮含量^[5],促进苯丙氨酸合成蛋白质,抑制苯丙氨酸解氨酶活性,不利于黄酮、绿原酸合成。对照不施氮肥植株体内氮缺乏,激活苯丙氨酸解氨酶活性,促进黄酮、绿原酸合成。缺氮造成植株早衰,光合能力下降,菊花蛋白质和可溶性糖含量下降,多数研究者也认为施氮能够提高菊花蛋白质、可溶性糖含量^[24],但不合理施肥会降低菊花有效成分含量,根据菊花生长发育特性,合理施肥能够提高其总黄酮、绿原酸含量^[7-8]。菊花开花盛期在 11 月上旬,从孕蕾前追肥至菊花采收间隔时间长达 2 个月,由于 T₃

处理仅追肥控释尿素,其养分释放高峰期在施肥 30 d 后并保持其释放速度,与菊花开花期相吻合,造成短期内土壤中有效氮含量过高,促进菊花对氮的吸收合成蛋白质、可溶性糖;T₅ 处理追施普通尿素与控释尿素各 50%,两种尿素的氮的释放特性不同,从追肥开始至开花期持续满足菊花对氮素需求,促进菊花光合产物积累。光合产物是合成可溶性糖、蛋白质、黄酮、绿原酸的前体物质,光合产物积累促进可溶性糖、蛋白质、黄酮、绿原酸合成,提高其含量^[21]。本研究中采取控释尿素与普通尿素等量混合基施与追施相结合(T₅)的方式,可达到养分缓、速兼备,满足菊花各生育期对氮素的需求,提高菊花产量和品质的目的。

参 考 文 献:

- [1] 顾瑶华,秦民坚. 我国药用菊花的化学及药理学研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(6): 7-9.
Gu Y H, Qin M J. The advance on the research of chemical constituents and pharmacological activities of *Chrysanthemum morifolium*[J]. Chin. Wild Plant Res., 2004, 23(6): 7-9.
- [2] 秦宏伟,李晓萌. 嘉祥白菊花中黄酮类化合物的分离纯化和结构鉴定[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2009, 23(10): 23-25.
Qin H W, Li X M. Separation, purification and identification of the flavonoids from white chrysanthemum in Jiexiang[J]. J. Beijing Union. Univ. (Nat. Sci.), 2009, 23(10): 23-25.
- [3] 刘大会,朱端卫,周文兵,等. 氮、磷、钾配合施用对福田白菊花产量和品质的影响[J]. 中草药, 2006, 37(1): 125-129.
Liu D H, Zhu D W, Zhou W B *et al.* Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on yield and quality of Futian's *Chrysanthemum morifolium*[J]. Chin. Tradit. Herb. Drugs, 2006, 37(1): 125-129.
- [4] 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, 11(30): 1356-1359.
Liu X, Liu D H, Yang T W *et al.* Effect of nitrogen potassium on growth yield and quality of medical *Chrysanthemum morifolium* [J]. Chin. Med. Mat., 2007, 11(30): 1356-1359.
- [5] 祝丽香,王建华,毕建杰,等. 不同氮素用量对抗白菊养分积累、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 992-997.
Zhu L X, Wang J H, Bi J J *et al.* Effect of N application rates on nutrients accumulation, transformation and yield of *Chrysanthemum morifolium*[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2010, 16(4): 992-997.
- [6] 盛蒂,闫广轩,刘德辉,等. 施肥对药用菊花的产量和总黄酮、绿原酸含量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2007, 30(1): 75-78.
Sheng D, Yan G X, Liu D H *et al.* Effect of fertilization on yields and the content of total flavonoid, chlorogenic acid of *Chrysanthemum morifolium*[J]. J. Nanjing Agric. Univ., 2007, 30(1): 75-78.
- [7] 祝丽香,王建华,孙印石,等. 两种配比的控释肥对抗白菊养分吸收和生长效应的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(7): 1671-1677.
Zhu L X, Wang J H, Sun Y S *et al.* Effects of two controlled-release fertilizers with different proportions of N, P and K on the nutrient uptake and growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. [J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2009, 20(7): 1671-1677.
- [8] 祝丽香,王建华,李玉鹏,等. 控释复合肥对白菊花生长发育及产量品质的影响研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(10): 2570-2572.
Zhu L X, Wang J H, Li Y P *et al.* Application effect of controlled-release fertilizer on *Chrysanthemum morifolium* Ramat. [J]. Lishizhen Med. Mater. Med. Res., 2009, 20(10): 2570-2572.
- [9] 杜建军,毋永龙,田吉林,等. 控/缓释肥料减少氨挥发和氮淋溶的效果研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 49-52.
Du J J, Wu Y L, Tian J L *et al.* Effect of several controlled/slow-release fertilizers on decreasing ammonia volatilization and N leaching[J]. J. Soil Water Conserv., 2007, 21(2): 49-52.
- [10] 郑圣先,刘德林,聂军,等. 控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 137-142.
Zheng S X, Liu D L, Nie J *et al.* Fate and recovery efficiency of controlled-release nitrogen fertilizer in flooding paddy soil [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(2): 137-142.
- [11] 杨雯玉,贺明荣,王远军,等. 控释尿素与普通尿素配施对冬小麦氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 627-633.
Yang W Y, He M R, Wang Y J *et al.* Effect of controlled-release urea combined application with urea on nitrogen utilization efficiency of winter wheat [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(2): 627-633.
- [12] 衣文平,朱国梁,武良,等. 不同量的包膜控释尿素与普通尿素配施在夏玉米上的应用研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1497-1502.
Yi W P, Zhu G L, Wu L *et al.* Application of different release duration controlled-release coated urea combined with conventional urea on summer maize [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2010, 16(6): 1497-1502.
- [13] 赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
Zhao S J, Shi G A, Dong X C. Techniques of plant physiological experiment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002.
- [14] 叶丛进,陈科力,李鹏,刘大会. 湖北福田河白菊花质量的影响因素[J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(11): 1039-1042.
Ye C J, Chen K L, Li P, Liu D H. Study on the quality of flos *Chrysanthemi* growing in Hubei Futianhe region [J]. China Hosp. Pharm., 2005, 25(11): 1039-1042.

- [15] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)(2010年版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
Pharmacopoeia Committee of the People's Republic of China. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2010 Edn)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [16] 朱新开, 郭凯泉, 李春燕, 等. 氮肥运筹比例对稻田套播强筋小麦产量及花后旗叶衰老的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(5): 900-904.
Zhu X K, Guo K Q, Li C Y *et al.* Effects of N application ratio on grain yield and flag leaf senescence characteristics of strong-gluten wheat interplanted in paddy field[J]. J. Triticeae Crops, 2010, 30 (5): 900-904.
- [17] 邵国庆, 李增嘉, 宁堂原, 等. 不同水分条件下常规尿素和控释尿素对玉米根冠生长及产量的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 118-123.
Shao G Q, Li Z J, Ning T Y *et al.* Effects of normal urea and release-controlled urea on root and shoot growth and yield of maize in different water conditions[J]. Acta Agron. Sin., 2009, 35(1): 118-123.
- [18] 苏琳, 董志新, 邵国庆, 等. 控释尿素施用方式及用量对夏玉米氮肥效率和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(4): 915-920.
Su L, Dong Z X, Shao G Q *et al.* Effects of different application modes and rates of controlled release urea on fertilizer nitrogen use efficiency and grain yield of summer maize[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2010, 21(4): 915-920.
- [19] Fernández-Escobar, Benlloch M, Herrera J M García-Novelo. Effect of traditional and slow-released N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching[J]. Sci. Hortic., 2004, 101: 39-49.
- [20] 祝丽香, 王建华, 孙印石, 等. 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, 34(23): 3003-3009.
Zhu L X, Wang J H, Sun Y S *et al.* Absorption and distribution of nitrogen, phosphorus and potassium in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. [J]. Chin. J. Chin. Med., 2009, 34(23), 3003-3009.
- [21] 盛蒂. 不同栽培类型药用菊花性状比较和施肥对菊花产量、品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学硕士学位论文, 2006.
Sheng D. The comparative study on the characteristics of different cultivars and effects of fertilizers on yield and quality of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. [D] Nanjing: MS thesis, Nanjing Agricultural University, 2006.
- [22] 程水源, 王燕, 李俊凯, 等. 银杏叶黄酮类化合物合成代谢规律的研究[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 60-63.
Cheng S Y, Wang Y, Li J K *et al.* Study on the synthesis and metabolism of the flavonoids in Ginkgo biloba leaf [J]. Sci. Silv. Sin., 2002, 38(5): 60-63.
- [23] Margna U, Margna E, Vainjarv T. Influence of nitrogen on the utilization of L-phenylalanine for building flavonoids in buckwheat seedling tissues[J]. J. Plant Physiol., 1989, 134: 697-702.
- [24] 刘大会, 郭兰萍, 朱端卫, 等. 施肥和覆盖地膜对福田河菊花产量与品质的影响[J]. 中草药, 2009, 40(5): 788-792.
Liu D H, Guo L P, Zhu R W *et al.* Effect of fertilization and plastic film on yield and quality of *Chrysanthemum morifolium* flower[J]. Chin. Tradit. Herb. Drugs, 2009, 40(5): 788-792.