

施肥模式对连作菊花生长状况及产量的影响^①

吕华军^{1,2}, 刘秀梅³, 王辉^{1*}, 董元华¹, 刘德辉²

(1 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室(南京土壤研究所), 南京 210008; 2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095;

3 江苏省盐城市射阳县洋马镇农业技术推广服务中心, 江苏盐城 224335)

摘要: 长期连作以及大量化肥尤其是化学氮肥的投入导致农作物连作障碍严重, 中药材也面临同样的困境。为寻找一种绿色无污染、环境友好、可持续的防控连障方法, 我们在连作药用菊花十余年的田块进行小区试验, 设置当地施肥育苗(D)和优化施肥育苗(T)2种育苗; 当地施肥(CK)、优化施肥+减氮20%(T₁)、优化施肥+减氮40%(T₂)3种施肥, 共6个处理, 研究减氮配合优化施肥种类对连作药用菊花生长状况及产量的影响。试验结果显示: ①T育苗植株地上部生物量、株高、分枝数、叶面积优于D育苗, TCK处理地上部生物量、分枝数分别是DCK的2.26倍和3.5倍, 差异显著; DCK与DT₁处理植株地上部生物量、株高、分枝数和现花蕾期叶面积差异均不显著。②T育苗各个施肥处理的菊花单株花蕾数高于D育苗相应施肥处理, 在CK施肥处理差异极显著, T₁施肥处理中差异显著, DCK与TT₂处理的花蕾数无显著性差异; 单株产量和花蕾比均以T育苗较高但不显著。③小区产量以T育苗和优化施肥的处理较高, TT₁处理小区产量是DCK的1.88倍, 差异极显著。优化施肥模式提高了药用菊花株高、分枝数以及现蕾花期叶面积, 改善了连作菊花的生长状况, 从而提高了地上部生物量; 优化施肥模式有增加花数、提高开花整齐度的趋势, 从而提高产量, 优化施肥模式可弥补减氮的影响; 优化施肥在育苗阶段的效果优于生长阶段。

关键词: 优化施肥; 减氮; 连作; 菊花; 生长状况; 产量

中图分类号: S567.2; S147.23

药用菊花是我国栽培历史悠久的中药材, 具有平肝明目、利血解毒的作用, 菊花所含黄酮和绿原酸具抗癌和预防心血管疾病的作用^[1]。江苏射阳中药材种植始于20世纪60年代, 形成了完善的栽培技术和加工体系。由于品种单一、长期连作以及大量化肥尤其是氮肥的投入, 近年来连作障碍严重, 生长状况和产量下降、品质退化。为贯彻国家中药材GAP宗旨, 严控化肥投入, 保障中药材质量安全^[2], 急需菊花种植中有效减少化肥投入、改善生长状况并提高品质的绿色施肥技术及其产品。

化肥对保障农业生产有重要作用, Hoefl认为, 停止施用氮肥世界农作物将减产40%~50%^[3], 我国粮食安全很大程度上依赖化肥的使用^[4]。过量化肥尤其是氮肥施用对土壤、水、大气以及农作物和食物链造成污染, 威胁人类健康。氮素过量施用会降低植物的抗病性^[5-6], 影响作物生长, 导致作物减产。针对目前药用菊花生产大量施用氮肥、养分投入失衡的状况, 本

试验在减少氮肥投入的同时, 优化施肥种类(在基肥中施用土壤固体调理剂、有机无机复混肥, 在追肥中施用冲施肥, 并配合喷施叶面调理剂), 期望达到克服连作障碍、改善植株生长状况、提高产量与品质的目的, 研究减少氮肥投入配合优化施肥种类对药用菊花的生长状况和产量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在射阳县洋马镇药材村药用菊花基地连作历史十余年的田块进行。洋马镇地处江苏东部沿海, 海洋性季风气候, 年均气温13.8℃, 年日照2320h, 年降水量1024mm, 土壤类型为滨海盐土^[7]。土壤基本农化性质: pH 8.41, 有机质含量12.2mg/g, 全氮1.22mg/g, 速效磷、钾含量为16.5和240.0mg/kg, 常规方法测定^[8]。

供试菊花: 杭白菊。2种育苗方式: ①当地施肥

①基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费(200903011)和中国科学院创新方向项目(KSCX2-EW-B-6)资助。

* 通讯作者(hwang@issas.ac.cn)

作者简介: 吕华军(1986—), 女, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态学研究。E-mail: lhj312028@yahoo.com.cn

育苗 (D): 1 500 kg/hm² 菜籽饼 + 300 kg/hm² 复合肥作苗基, 缓苗后据生长状况随水追施尿素 3 次, 每次 15 kg/hm²; ②优化施肥育苗 (T): 1 500 kg/hm² 菜籽饼 + 300 kg/hm² 有机无机复混肥 + 450 kg/hm² 土壤固体调理剂混拌施入土壤中作苗基, 缓苗后 I 型叶面调理剂 1 500 g/hm² 1:300 稀释喷施 1 次。之后每间隔 7~10 天喷通用型叶面调理剂 2 次, 每次用量 1 500 g/hm² 1:300 稀释。

2009 年 6 月中旬移苗, 3 种施肥处理: ①当地施肥 (CK): 基肥为 300 kg/hm² 复合肥, 3 次追肥: 前期追肥在缓苗 (移栽后约 15 天) 后 10 天左右 (7 月中旬), 施尿素 150 kg/hm², 中期追肥在 8 月中旬, 尿素 225 kg/hm², 后期追肥在现花蕾期前 (9 月中旬), 施尿素 450 kg/hm²。②优化施肥 1 (T₁): 基肥为 300 kg/hm² 有机无机复混肥 + 450 kg/hm² 土壤固体调理剂, 缓苗后, 用 I 型叶面调理剂 3 000 g/hm², 1:300 稀释, 喷施 1 次; 10 天后 (7 月中旬), I 型冲施肥 150 kg/hm² 随水浇 1 次, 按当地第 1 次追肥施氮量的 80% 施氮, 减去叶面肥中氮素含量, 不足部分尿素补足; 隔 20~25 天, 即 8 月中旬, 冲施肥 150 kg/hm² (1/3 I 型冲施肥 + 2/3 II 型冲施肥) 随水浇 1 次, 按当地第 2 次追肥施氮量 80% 施肥, 减去冲施肥中氮素含量不足部分尿素补足; 花蕾前 (9 月中旬) II 型冲施肥 150 kg/hm² 随水浇一次, 按照当地第 3 次追肥施氮量的 80% 施肥, 减去冲施肥和之后叶面调理剂中氮素含量不足部分尿素补足, 同时通用型叶面调理剂 3 000 g/hm² 1:300 稀释喷施 1 次, 开花前根据叶色 (叶片转黄时), 再用通用型叶面调理剂同样剂量喷施 2 次, 间隔 10 天。③优化施肥 2 (T₂): 施肥种类和时间同 T₁, 用量按当地施氮量 60% 施肥。菜籽饼、复合肥、尿素由当地市场购买, 冲施肥、叶面调理剂、有机无机复混肥、土壤固体调理剂由北京仲元生物技术有限公司提供。肥料中氮磷钾含量及各处理投入氮磷钾总量见表 1、2、3。试验按包装标示含量计算肥料用量, 表中数据为测得含量和实际用量。小区共 6 个处理: DCK、DT₂、DT₁、TCK、TT₂、TT₁, 每个处理 3 个重复, 共 18 个小区, 拉丁方设计。小区面积 2 m×5 m, 14 行, 5 列, 行株距 35 cm×40 cm。

1.2 测定方法

每小区随机选 2 株植株, 即每处理 6 株。洗去泥土, 分根、茎、叶、花装在牛皮纸袋中, 记录花蕾总数和单株总分枝数, 105℃ 杀青 15 min 后将温度调至 55℃, 烘干至恒重。由于分根繁殖育苗, 根系中有老根, 故生物量仅研究地上部。花和蕾干重之和为单株

表 1 供试肥料的全氮、全磷、全钾含量 (g/kg)

Table 1 Total N, P and K contents in different fertilizers

肥料种类	全氮	全磷	全钾
菜籽饼	52.0	8.5	11.2
复合肥	252.0	118.7	75.0
有机无机复混肥	200.3	128.5	150.7
土壤固体调理剂	11.6	0.981	22.021
I 型冲施肥	200.8	16.5	48.4
II 型冲施肥	32.2	0.59	227.8
I 型叶面调理剂	76.5	41.3	33.8
通用型叶面调理剂	104.7	15.9	17.7
尿素	460	0	0

注: 叶面调理剂中氨基酸含量≥10%, 微量元素 (Fe、Mn、Cu、Zn、B、Mo) 总量>2%; 冲施肥中有机质+氨基酸≥10%, 中微量元素+有益元素≥8%。

表 2 两种育苗模式各自投入氮、磷、钾总量表 (kg/hm²)

Table 2 Total N, P and K contents in fertilizers applied in two seedling models

育苗模式	N	P	K	N: P: K
当地施肥育苗 (D)	155.4	39.525	33.675	4.61: 1.17: 1
优化施肥育苗 (T)	143.75	51.86	72.03	1.99: 0.72: 1

表 3 3 种施肥处理各自投入氮、磷、钾总量表 (kg/hm²)

Table 3 Total N, P and K contents in fertilizers applied in three different fertilization treatments

施肥处理	N	P	K	N: P: K
当地施肥 (CK)	455.1	35.7	22.5	20.22: 1.59: 1
优化施肥 1 (T ₁)	376.68	42.73	122.03	3.09: 0.35: 1
优化施肥 2 (T ₂)	285.81	42.73	122.03	2.34: 0.35: 1

产量, 最高茎高为株高。现花蕾期叶面积计算按叶面积 = 0.223×叶片长度^[29], 测现花蕾期 15~20 个叶片的长度, 求平均叶面积, 和全株叶片一起烘干称重, 然后按比例计算全株叶面积。小区产量在田间采收后称鲜重。

1.3 数据处理

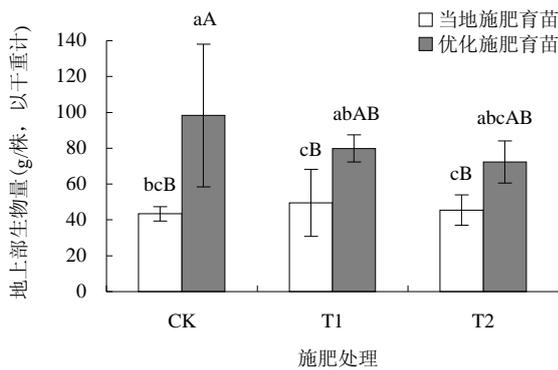
数据处理采用 Excel、SPSS16.0 软件, 采用 LSD 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同施肥模式对连作菊花植株生长的影响

2.1.1 不同施肥模式对单株地上部生物量的影响

如图 1, 优化施肥育苗 (T) 各施肥处理植株地上部生物量均高于当地施肥育苗 (D) 处理。TCK 处理地上部生物量是 DCK 的 2.3 倍, TT₂ 处理地上部生物量是 DT₂ 的 1.59 倍, 差异显著。TT₁ 处理地上部生物量是



(图中小写字母不同表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 大写字母不同表示差异达到 $P < 0.01$ 显著水平, 下同)

图 1 不同施肥模式对单株地上部生物量 (干重) 的影响
Fig. 1 Effects of fertilization models on shoot biomass of single chrysanthemum plant DW

DT₁ 的 1.61 倍, 差异不显著。

当地施肥育苗 (D) 各施肥处理植株地上部生物量以 T₁ 施肥处理最高, T₂ 次之, CK 最低, 差异不显著, 说明 D 育苗植株生长过程中优化施肥抵消了减氮对地上部生物量积累的影响, 但其普适性有待进一步研究。优化施肥育苗 (T) 各施肥处理地上部生物量以 CK 施肥处理最高, T₁ 次之, T₂ 最低, 差异不显著。地上部生物量积累与施氮量呈正相关 ($r = 0.972$)。TT₂ 处理的地上部生物量是 DCK 的 1.66 倍, 差异显著, 这说明 TT₂ 处理的优化施肥模式下减氮对地上部生物量积累的负面影响得到弥补, 本试验中优化施肥可以促进作物地上部生物量积累, 减氮配合优化施肥无损于植株地上部生物量积累。

2.1.2 不同施肥模式对株高的影响 从图 2 可见, T 育苗各施肥处理株高与施氮量呈正相关 ($r = 0.942$)。D 育苗各施肥处理以 T₁ 施肥处理最高, 其氮肥用量是 CK 施肥处理的 80%, 可能是 T₁ 处理优化施肥模式的效果。两育苗模式相比, T 育苗株高稍高: TCK 处理平均株高比 DCK 处理高 20.4%, TT₂ 处理平均株高比 DT₂ 高 29.4%, 差异不显著。TCK 处理株高显著高于 DT₂, 可能是优化施肥育苗和高氮施肥的加和效应。

2.1.3 不同施肥模式对分枝数的影响 对比两育苗方式 (图 3), T 育苗植株分枝数在各施肥处理中均高于 D 育苗, CK 施肥处理两育苗方式间差异极显著, TT₂ 处理植株分枝数比 DT₂ 多 22.2%, TT₁ 处理比 DT₁ 多 37.5%, 差异均不显著, 可能优化施肥育苗有一定

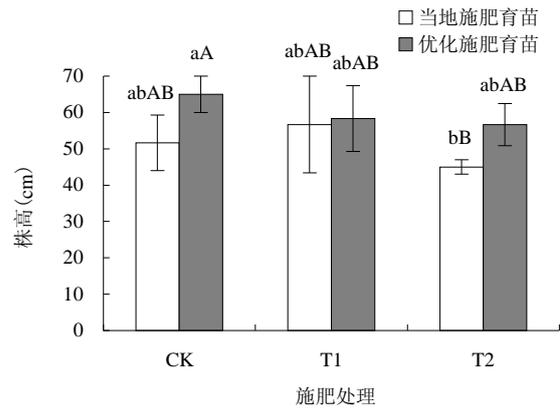


图 2 不同施肥模式对菊花植株株高的影响

Fig. 2 Effects of fertilization models on plant height of chrysanthemum plant

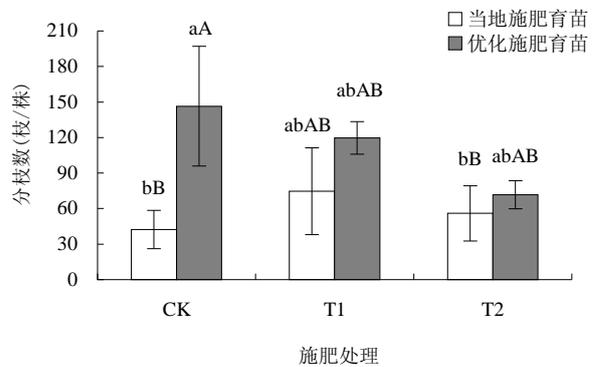


图 3 不同施肥模式对菊花单株总分枝数的影响

Fig.3 Effects of fertilization models on branch numbers of chrysanthemum plant

的促进分枝作用。T 育苗各处理分枝数表现与施氮量相关, TCK 处理分枝数和 TT₂ 差异极显著; D 育苗以 T₁ 施肥处理分枝数最多, T₂ 次之, CK 最低, 优化施肥的效果弥补了减氮的影响。优化施肥育苗可能比生长过程中优化施肥更有效地增加总分枝数。

2.1.4 不同施肥模式对菊花植株现蕾花期叶面积的影响 很明显 T 育苗各施肥处理植株现蕾花期叶面积比 D 育苗大 (图 4)。其中 TCK 处理比 DCK 大 41.9%, TT₁ 处理是 DT₁ 的 1.76 倍, 差异显著; TT₂ 和 DT₂ 处理间差异不显著。D 育苗现蕾花期叶面积与施氮量正相关 ($r = 0.999$), 以 CK 最高, T₁ 次之, T₂ 最低, 差异不显著, T 育苗的现蕾花期叶面积也与施氮量正相关 ($r = 0.993$)。综合来看, TT₂ 与 DCK 处理间无显著差异, 可能因为育苗和生长过程中采用优化施肥模式, 减氮 40% 无显著影响。TT₁ 处理是 DCK 的 1.58 倍, 差异显著, TCK 处理极显著高于 DT₁ 和 DT₂ 处理, 可

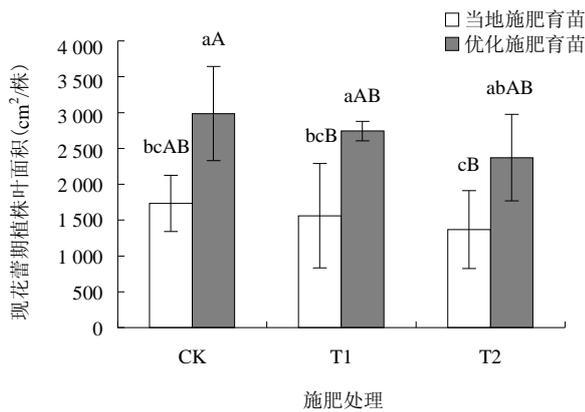


图 4 不同施肥模式对菊花植株现蕾花期叶面积的影响

Fig. 4 Effects of fertilization models on leaf area of chrysanthemum plant at flowering stage

能是优化施肥育苗和后期高氮施肥共同作用的结果。

2.2 不同施肥模式对连作菊花产量的影响

2.2.1 不同施肥模式对单株产量的影响 对比图 5 中两育苗方式可见：T 育苗单株产量高于 D 育苗，其中 TCK 处理是 DCK 处理的 1.55 倍，TT₁ 处理是 DT₁ 处理的 1.86 倍，TT₂ 处理是 DT₂ 处理的 1.55 倍，差异均不显著。D 育苗单株产量与施氮量正相关 ($r = 0.967$)。T 育苗单株产量以 T₁ 最高，CK 次之，T₂ 最低，差异不显著。本试验 TT₁ 处理单株产量显著高于 DT₂ 处理，说明优化施肥育苗的增产效果比生长阶段优化施肥增产效果明显。

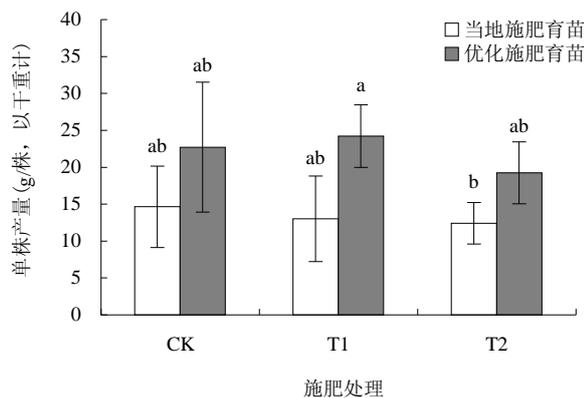


图 5 不同施肥模式对菊花单株产量 (花 + 蕾干重) 的影响

Fig. 5 Effects of fertilization models on yield of chrysanthemum plant

2.2.2 不同施肥模式对花+蕾数的影响 与其他指标相似，T 育苗各施肥处理开花数高于 D 育苗 (图 6)，其中 CK 施肥处理达极显著水平，TT₁ 处理花蕾总数比 DT₁ 高 62.9%，差异显著，TT₂ 处理和 DT₂ 间差异不显著。相同育苗模式各施肥处理花蕾总数与氮肥施用量正相关：D 育苗 $r = 0.938$ ；T 育苗 $r = 0.999$ 。TT₂ 比

DCK 处理高 7%，差异不显著。可能由于优化施肥，减氮的损失未表现出来。

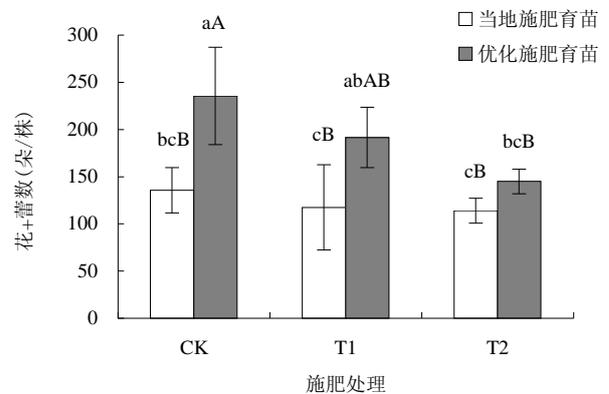


图 6 不同施肥模式对菊花单株花+蕾数的影响

Fig 6 Effect of fertilization models on flower and bud number of chrysanthemum plant

T 育苗各处理花数/蕾数比值 > 1 (表 4)，说明花数多于蕾数，开花较整齐。以 CK 施肥处理最高，可能由于优化施肥育苗以及生长过程高氮处理利于提高开花整齐度。单朵花、蕾干重未表现此规律。相同育苗模式中两优化施肥处理 (T₁、T₂) 单朵干重稍大，但差异不显著。

表 4 各处理花蕾比、单朵花干重及单朵蕾干重

Table 4 Flower-bud ratio, dry weight per flower and dry weight per bud of each treatment

处理	花数/蕾数	单朵花干重 (g)	单朵蕾干重 (g)
DCK	0.95 ± 0.59 a	0.150 ± 0.012 a	0.083 ± 0.049 a
DT ₁	0.78 ± 0.17 a	0.159 ± 0.021 a	0.070 ± 0.016 a
DT ₂	0.73 ± 0.41 a	0.170 ± 0.020 a	0.069 ± 0.009 a
TCK	1.24 ± 0.68 a	0.166 ± 0.024 a	0.079 ± 0.003 a
TT ₁	1.06 ± 0.67 a	0.165 ± 0.016 a	0.077 ± 0.023 a
TT ₂	1.13 ± 0.18 a	0.172 ± 0.018 a	0.087 ± 0.031 a

注：表中同列数据小写字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

综上，优化施肥模式单株产量增加的机理可能是：育苗阶段采用优化施肥育苗利于花蕾期开花整齐度提高，而生长过程中优化施肥利于增加单朵花的重量，从而单株产量增加。

2.2.3 不同施肥模式对小区产量的影响 如图 7，T 育苗各施肥处理小区产量 T₁ 最高、T₂ 其次、CK 最低，T₁ 施肥处理小区产量比 T₂ 高 34.6%，差异显著，比 CK 施肥处理高 77.8%，差异极显著。T₂ 与 CK 施肥处理间差异不显著。D 育苗各施肥处理之间，T₁ 比 T₂ 施肥处理小区产量高 11.2%，比 CK 施肥处理高 19.9%，

T₂施肥处理小区产量比CK施肥处理高7.8%，差异均不显著。T育苗小区产量高于D育苗小区产量。其中T₁施肥处理两育苗方式间差异极显著，T₂和CK两施肥处理均无显著差异。优化施肥育苗比生长过程中采用优化施肥模式的增产作用更为突出。

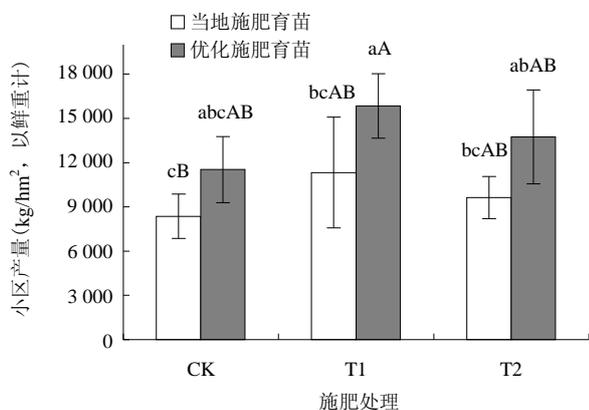


图7 不同施肥模式对小区产量的影响

Fig. 7 Effects of fertilization models on plot yields

3 讨论

3.1 减少氮肥投入配合优化施肥改善连作菊花植株的生长状况

蒋志平等^[10]发现菊花各生长指标随着施氮量的增加呈先增后减趋势，刘乡等^[11]的研究发现氮肥可增加药菊株高和分枝数，提高叶片叶面积和叶绿素含量。氮素通过影响叶肉细胞数目和大小，对叶片的大小影响显著^[12]。在本试验各施肥处理中连作菊花植株的株高、分枝数、叶面积与氮素施用量正相关，氮肥施用的正效应充分体现出来。当地施肥育苗和优化施肥育苗的处理进行综合比较可见，优化施肥育苗处理的各项指标优于当地施肥育苗的处理，优化施肥育苗+优化施肥的处理植株生长指标优于当地施肥育苗+当地施肥的处理，在分枝数和叶面积上表现尤为显著，优化施肥弥补了减氮的影响。

研究表明，苗期适宜的施肥管理可以改善植株生长发育的平衡，培育出优质的幼苗，为高产奠定基础^[13]，因而在本试验中优化施肥育苗比当地施肥育苗的效果要好。

优化施肥模式与当地施肥模式相比，对大量元素氮磷钾肥料的施用比例作了调整，降低了氮、磷肥在肥料中的使用比例，提高了钾肥的使用比例，更符合平衡高效施肥研究结果的推荐施肥比例^[14]，在植株生长状况改善和产量提高中应该有良好的效果。优化施肥采用的土壤固体调理剂、冲施肥和叶面调理剂含有

丰富的有机质和氨基酸以及中、微量元素。有机质和氨基酸可以作为土壤微生物的营养源和资源库，调控土壤微生物群落结构和功能，改善土壤质量^[15]。调理剂的施用有利于土壤有益微生物的生长。有研究表明根际有益菌群的作用可以在植株株高上有明显的响应^[16]。另外中、微量元素的作用，比如金属元素可以起电子传递作用，是植物光合作用以及其他生长代谢过程中发挥重要作用的酶的辅基。叶绿体的某些叶绿素-蛋白复合体的合成需要铁^[17]，有研究表明Fe²⁺处理能促进菊花的茎伸长、植株增高，低浓度Fe²⁺处理尤其明显，适宜浓度的Fe²⁺能够提高菊花绿蕾期叶片干重^[18]。还有研究表明由于Ca²⁺能提高叶片中活性氧防御酶的活性，降低活性氧的伤害作用从而在延缓叶片衰老中发挥作用^[19]。优化施肥中Fe²⁺、Ca²⁺的补偿利于植株株高生长和保持现花蕾期较大的叶面积。

3.2 减少氮肥投入配合优化施肥可以增加连作菊花的产量

王渭玲等^[20]分析氮、磷肥对丹参产量的影响结果显示，氮磷都促进了丹参产量的提高，但过量施用会造成减产。本试验中，相同育苗方式的各施肥处理间菊花植株地上部生物量大小与施氮量呈现的关系与前人研究结果吻合。单株产量以不同育苗模式间的差异更为明显，花蕾比和花蕾数均以优化施肥育苗的处理优于当地施肥育苗处理，我们认为优化施肥育苗通过提高菊花苗的品质，在后期的生长发育中开花的整齐度以及开花数都有改善，从而奠定了提高单株产量的基础。

优化施肥育苗处理的小区产量高于当地施肥育苗处理的小区产量，并且优化施肥育苗各施肥处理中优化施肥处理的产量高于当地施肥处理，由此可见不论是在育苗阶段还是移栽后的生长过程中优化施肥都表现出良好的效果。考虑到小区植株有不同的存活率，发病程度等情况，虽然无存活率和发病情况的具体数据记录，但小区产量表明优化施肥育苗和优化施肥模式在这些方面也发挥了作用，对连作障碍有一定的缓解。前人研究表明连作土壤中微生物的区系的改变以及平衡施肥对克服连作障碍有一定的效果，平衡施肥利于减少植物病害^[21-23]，试验采用的冲施肥和叶面调理剂中含有的有机质和氨基酸以及中、微量元素可以调节连作土壤中土壤微生物的区系，施肥模式中对氮磷钾比例的优化都可以在控制病害中发挥作用，可能是由于这些原因，最后优化施肥的优势在产量上也得到体现。

4 结论

减少氮肥投入配合优化施肥可以改善连作田块菊花的生长状况: 连作菊花植株的株高、分枝数、现花蕾期的叶面积、以及生物量积累都有不同程度改善。施用调理剂可以弥补减氮的负面影响。本试验当地施肥育苗处理中, 当地施肥与减氮 20% 优化施肥的处理生长状况基本一致, 适量减氮配合优化施肥对植株的生长无不利的影响; 而优化施肥育苗处理的植株生长状况优于当地施肥育苗的各处理, 优化施肥育苗配合优化施肥模式的效果更佳。

本试验中优化施肥模式有改善开花的整齐度、增加花数以及提高单朵花的干重的作用趋势, 从而使产量得以提高。优化施肥育苗对单株增产效果明显, 生长过程中的减氮配合优化施肥, 可能缓解了连作障碍发作的程度, 从而使小区产量增加。

参考文献:

- [1] 江苏新医学院. 中药大辞典. 上海: 上海科技出版社, 1986: 4127
- [2] 蔺海明. 中药材 GAP 及其基地建设中的若干问题. 甘肃农业科技, 2003(1): 54-56
- [3] 金继运, 林葆. 化肥在农业生产中的作用和展望. 作物杂志, 1997(2): 5-9
- [4] 朱兆良. 对我国粮食安全的几点思考. 中国科学院院刊, 2006, 21(5): 371-372
- [5] 何绍国, 秦煊南, 李成秀. 氮磷钾肥水平对柠檬产量和流胶病的影响. 西南农业大学学报, 1996, 18(1): 13-16
- [6] Leitch MH, Jenkins PD. Influence of nitrogen on the development of *Septoria epidemics* in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 1995, 124(3): 361-368
- [7] 刘德辉, 郭巧生, 孙玉华, 马飞, 董小卫, 李荣锦, 蔡玉新. 苏北中药材种植地土壤肥力衰退原因及其恢复对策. 土壤通报, 2000, 31(2): 76-79
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版, 北京: 中国农业出版社, 2005: 25-135
- [9] 杨再强, 罗卫红, 陈发棣, 顾俊杰, 李向茂, 丁琪峰, 赵才标, 陆亚凡. 温室标准切花菊叶面积预测模型研究. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2569-2574
- [10] 蒋志平, 鲁剑巍, 张文君, 戴志刚. 菊花氮钾肥效及配方筛选研究. 中国农学通报, 2010, 26(10): 182-186
- [11] 刘乡, 刘大会, 杨特武, 袁慧红, 刘伟, 朱端卫. 氮、钾对盆栽药菊的生长、产量及品质影响. 中药材, 2007, 30(11): 1356-1359
- [12] Trápani N, Hall A J, Weber M. Effects of constant and variable nitrogen supply on sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaf cell number and size. *Annals of Botany*, 1999, 84(5): 599-606
- [13] 刘水娥, 张方秋, 陈祖旭, 孟宪法. N、P、K 营养元素不同配比对马占相思苗期生长的影响. 林业科学研究, 2002, 15(2): 163-168
- [14] 闫广轩. 施肥对药用菊花产量、品质的影响和大量、微量元素的肥效方程拟合(硕士学位论文). 南京: 南京农业大学, 2008
- [15] 孔维栋, 刘可星, 廖宗文. 不同腐熟程度有机物料对土壤微生物群落功能多样性的影响. 生态学报, 2005, 25(9): 2291-2296
- [16] 林先贵, 郝文英. 不同植物对 VA 菌根菌的依赖性. 植物学报, 1989, 31(9): 721-725
- [17] 李合生. 现代植物生理学. 北京: 高等教育出版社, 2002: 191
- [18] 崔长海, 刘海英, 张婷婷. Fe^{2+} 对菊花绿蕾期叶片营养状态和花期的影响. 河南农业科学, 2009(5): 101-103
- [19] 段咏新, 宋松泉, 傅家瑞. 钙对延缓杂交水稻叶片衰老的作用机理. 杂交水稻, 1997, 12(6): 23-25
- [20] 王渭玲, 梁宗锁, 孙群, 韩建萍, 王敬民, 蒋传忠. 不同氮磷施用量对丹参产量及有效成份的影响. 中国农学通报, 2005, 21(3): 218-221
- [21] 吴克明, 刘洪伟, 刘文彬, 阚维民, 潘成. 我省北部山区大豆重迎茬减产原因及对策. 黑龙江农业科学, 2006(4): 42-43
- [22] 高子勤, 张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I. 根系分泌物及其生态效应. 应用生态学报, 1998, 9(5): 549-554
- [23] 文顺元, 王伯仁, 李冬初. 长期不同施肥对红壤微生物生长影响. 中国农学通报, 2010, 26(22): 206-209

Effects of Fertilizer Application on Growth and Yields of Continuous Cropping Medicinal Chrysanthemum

LV Hua-jun^{1,2}, LIU Xiu-mei³, WANG Hui¹, DONG Yuan-hua¹, LIU De-hui²

(1 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3 Agricultural Technology Extension

and Service Center of Yangma Town, Sheyang Country, Yancheng, Jiangsu 224335, China)

Abstract: Continuous cropping obstacle (CCO) causes serious losses in agricultural production. Chinese medicinal herb cultivation also faces the same difficulty. In order to find a green, non-polluting, environmentally friendly and sustainable prevention and controlling method for CCO, plot experiment in a field cultivating medicinal Chrysanthemum for ten years more were carried out. There were six treatments with two seedling methods multiplying three fertilization methods, D and T were represented local seedling method and optimized seedling method respectively. The three fertilization methods were represented respectively by CK as local treatment, T₁ as applying conditioner and cut off 20% of N supply, and T₂ as applying conditioner and cut off 40% of N supply. The results showed that: 1) Biomass, plant height, branch number and leaf area were significantly higher in optimized seedling treatments, compared to local seedling treatments. Biomass and branch number of treatment TCK were significantly higher than those of treatment DCK (1.26 and 2.5 times of DCK), respectively. Biomass, plant height, branch number and leaf area in treatment DCK did not show significant difference with treatment DT₁, in which N supply was cut down by 20%. 2) Plant yield, flower and bud number in treatments of two seedling methods showed the same trend as above. Meanwhile, yield and flower and bud number per plant in treatment TT₂ did not show significant difference with that of treatment DCK. The flower-bud ratio of optimized seedling was slightly higher than that of local seedling. 3) Optimized fertilization methods had positive effect on plot yield, plot yield in treatment TT₁ was 1.88 times of that in treatment DCK and reached extremely significant level. The results indicated that under optimized fertilization model the plant height, branch number and leaf area in flowering stage were improved so that biomass accumulation increased. Flower and bud number, dry weight of the flower and flower-bud rate were improved in a certain degree, yields increases as a result, thus negative influence caused by cutting N supply were compensated. Optimized seedling is more effective than optimized fertilization.

Key words: Optimized fertilization, Cutting N supply, Continues cropping obstacle, Medicinal chrysanthemum, Growth, Yield