

DOI:10.11937/bfyy.201712040

氮磷钾肥运筹对设施茼蒿产量及硝酸盐含量的影响

韩瑛祚, 娄春荣, 王秀娟, 赵 颖, 董 环

(辽宁省农业科学院 植物营养与环境资源研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:以茼蒿为试材,通过盆栽试验,研究了不同氮、磷、钾肥配比对茼蒿产量与硝酸盐含量的影响。结果表明:施用氮肥的增产效应最好,增产达 167%;磷肥增产 91.7%;钾肥增产 88.5%。氮肥对茼蒿硝酸盐含量的削减效应最强,削减率达 23.4%;磷肥削减 7.1%;钾肥削减 0.4%。采用二次多项式回归方法对试验产量和硝酸盐含量分别进行肥料效应回归模型模拟,得出回归模型为氮、磷、钾三元二次多项式,由此综合茼蒿产量、经济效益和生态效益得到推荐施肥量。

关键词:设施;茼蒿;肥料运筹;产量;硝酸盐

中图分类号:S 636.926 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)12-0180-04

绿叶蔬菜对农业生产和人类营养方面发挥着至关重要的作用^[1],茼蒿则是其中必不可少的叶菜之一。冬季天气寒冷,为保证茼蒿生产,温室则成为茼蒿生长的主要环境。茼蒿作为叶菜类蔬菜的典型代表,生长周期短、上市快、收益高,但对肥料十分敏感。近年来,在茼蒿生产过程中,存在肥料滥用、氮磷钾施用失衡等问题,导致茼蒿产量下降,品质不佳,减损了农民受益,造成环境污染。人类摄入硝酸盐的主要来源中有 81.2%来自蔬菜^[2],在保证高产的前提下,降低硝酸盐含量,提高品质是迫切需要解决的问题^[3]。目前有关施肥对叶菜产量和硝酸盐含量影响的研究报道很多,但大多是对氮肥效应的探讨^[4-5],氮磷钾肥运筹对茼蒿产量及硝酸盐含量的影响研究相对较少。肥料运筹,即是通过合理地选择肥料种类,制定适宜的施肥量、施用次数和施肥时间,采用正确的施肥方法等措施,以保障作物在整个生长季健康生长,并且保持较好的品质。该试验以

茼蒿为试材,通过盆栽试验,研究了不同氮、磷、钾肥配比对茼蒿产量与硝酸盐含量的影响,以期茼蒿生产提供合理的施肥依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

盆栽试验在辽宁省农业科学院试验基地进行,供试土壤为草甸土,有机质 2.4%,全氮 1.44 g·kg⁻¹,全磷 1.3 g·kg⁻¹,全钾 8.19 g·kg⁻¹,碱解氮 97 mg·kg⁻¹,速效磷 120.1 mg·kg⁻¹,速效钾 73 mg·kg⁻¹,pH 6.24。供试茼蒿(*Chrysanthemum coronarium* L.)品种为“小叶茼蒿”。供试肥料为尿素(N 46%),过磷酸钙(P₂O₅ 16%),硫酸钾(K₂O 50%)。

1.2 试验方法

采用 N、P、K 三因素四水平共 14 个处理的饱和最优设计方案,详见表 1。化肥施用量:氮(N)分别为 0、0.2、0.4、0.6 g·kg⁻¹土,磷(P₂O₅)分别为 0、0.15、0.30、0.45 g·kg⁻¹土,钾(K₂O)分别为 0、0.2、0.4、0.6 g·kg⁻¹土,每处理 3 次重复。试验盆钵每盆装土 8 kg,按照方案一次性施入肥料,与土混匀装入盆钵。于 2015 年 12 月 12 日播种,生长期按常规方法管理,同时依次轮换盆钵位置,于 2016 年 1 月 25 日收获,取地上部分,称量产量。

1.3 项目测定

植株硝酸盐含量测定参照 NY-T 1279-2007。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 和 Excel 2007 软件进行数据处

第一作者简介:韩瑛祚(1984-),女,硕士,助理研究员,现主要从事植物营养与环境资源等研究工作。E-mail:hanyingzuo@sina.com.

责任作者:董环(1979-),男,硕士,副研究员,现主要从事植物营养与环境资源等研究工作。E-mail:xianyu1979@126.com.

基金项目:国家农业部农业生态与资源保护总站资助项目(2110402-14);国家现代农业产业技术体系辽宁创新团队建设资助项目;沈阳市科学技术计划资助项目。

收稿日期:2017-02-08

理、统计和分析。

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾肥不同施用量与茼蒿产量效应关系

表1为对各处理施肥量及产量数据的分析,将处理6(全肥区)的产量分别与处理2(无N区)、处理4(无P区)、处理8(无K区)进行比较,分别得出氮、磷、钾肥在茼蒿上的增产效应。表明氮肥增产效应最高,施用纯N 0.4 g·kg⁻¹土较不施氮肥产量增加145.1 g·盆⁻¹,增产率为167%;磷肥增产幅度次之,

施用P₂O₅ 0.3 g·kg⁻¹土较不施磷肥产量增加110.9 g·盆⁻¹,增产率为91.7%;施用K₂O 0.4 g·kg⁻¹土较不施钾肥产量增加108.9 g·盆⁻¹,增产率为88.5%。从单位养分的增产效果看,每1 g氮(N)素增加茼蒿产量45.3 g,增产效果最好;磷肥和钾肥对茼蒿增产效果次之,每1 g磷(P₂O₅)素增加茼蒿产量34.7 g,每1 g钾(K₂O)素增加茼蒿产量34 g。

表1 不同施肥量对茼蒿产量及硝酸盐含量的影响

Table 1 Effects of different fertilizing amount on yield and nitrate content of garland chrysanthemum

处理 Treatment	施肥量 Fertilizing amount/(g·kg ⁻¹ 土)			产量 Yield /(g·盆 ⁻¹)	增产量 Increased yield /(g·盆 ⁻¹)	增产率 Yield-increasing rate/%	硝酸盐含量 Nitrate content /(mg·kg ⁻¹)	削减量 Reduced content /(mg·kg ⁻¹)	削减率 Reducing rate/%
1	0.0	0.00	0.0	87.4			689.6		
2	0.0	0.30	0.4	86.9	145.1	167.0	728.0	222.8	23.4
3	0.2	0.30	0.4	179.3			795.5		
4	0.4	0.00	0.4	121.0	110.9	91.7	883.7	67.1	7.1
5	0.4	0.15	0.4	190.3			886.7		
6	0.4	0.30	0.4	232.0			950.7		
7	0.4	0.45	0.4	184.4			924.1		
8	0.4	0.30	0.0	123.0	108.9	88.5	927.8	22.9	2.4
9	0.4	0.30	0.2	201.5			955.3		
10	0.4	0.30	0.6	202.0			1 113.8		
11	0.6	0.30	0.4	172.2			1 144.1		
12	0.2	0.15	0.4	146.8			736.4		
13	0.2	0.30	0.2	165.9			719.4		
14	0.4	0.15	0.2	166.8			865.8		

2.2 茼蒿产量-肥料效应模型的建立

多因素试验中各因素的效应存在差异,在参与试验的因子中,有些因子的效应并不显著,采用回归法进行三元二次方程肥料效应函数拟合,对不同肥料用量的茼蒿产量结果进行肥料效应回归模型模拟,得到三元二次回归方程:

$$Y=84.5+362.6N+332.3P-34.1K+119.1NP+620.9NK+592.9PK-806.8N^2-1\ 007.5P^2-430.5K^2(R=0.974, \text{sig.}=0.028)$$
。拟合的三元二次效应方程的相关性达到了显著水平,相关系数 R 为0.974, sig.=0.028<0.05也表明回归关系极显著,茼蒿肥料效应方程拟合不失真,可以进行茼蒿产量与养分施用量之间效应关系的拟合。依据三元二次效应方程,按最大边际效应求取偏导函数,得到最高产量施肥量N 0.45 g·kg⁻¹土、P₂O₅ 0.35 g·kg⁻¹土、K₂O 0.52 g·kg⁻¹土,根据2015年肥料和茼蒿的市场价格,即N、P₂O₅、K₂O和茼蒿分别为4.3、7.5、7.6、6.0元·kg⁻¹,得到经济最佳施肥量N 0.45 g·kg⁻¹土、P₂O₅ 0.34 g·kg⁻¹土、K₂O 0.52 g·kg⁻¹土。

2.3 氮、磷、钾肥不同用量与茼蒿硝酸盐含量效应关系

对各处理的施肥量及硝酸盐含量数据分析,分别用处理2(无N区)、处理4(无P区)、处理8(无K区)与处理6(全肥区)的硝酸盐含量进行比较,得出氮、磷、钾肥在茼蒿硝酸盐含量上的削减效应。由表1可以看出,氮肥的硝酸盐削减效应最高,不施氮肥较施用纯N 0.4 g·kg⁻¹土茼蒿硝酸盐含量减少222.8 mg·kg⁻¹,削减率为23.4%;磷肥的削减幅度次之,不施磷肥较施用P₂O₅ 0.3 g·kg⁻¹土茼蒿硝酸盐含量减少67.1 mg·kg⁻¹,削减率为7.1%;不施钾肥较施用K₂O 0.4 g·kg⁻¹土茼蒿硝酸盐含量减少22.9 mg·kg⁻¹,削减率为2.4%。从单位养分的削减效果看,每减少1 g氮(N)素可以降低茼蒿硝酸盐含量557 mg,削减效果最好;磷肥和钾肥对茼蒿增产效果次之,每1 g磷(P₂O₅)素减少茼蒿硝酸盐含量224 mg,每1 g钾(K₂O)素降低茼蒿硝酸盐含量57 mg。

2.4 茼蒿硝酸盐含量-肥料效应模型的建立

采用回归法进行三元二次方程肥料效应函数拟

合,对不同肥料用量的茼蒿硝酸盐含量结果进行肥料效应回归模型模拟,得到三元二次回归方程:

$$Y = 685.2 + 346.8N + 221.1P - 779.7K - 457.6NP - 86.9NK + 794.8PK + 912.4N^2 - 414.7P^2 + 1398.9K^2$$

($R=0.984$, $\text{sig.}=0.011$)。拟合的三元二次效应方程的相关性达到了极显著水平,相关系数 R 为 0.984 , $\text{sig.}=0.011 < 0.05$ 也表明回归关系显著,表明茼蒿肥料效应方程拟合不失真,可以进行茼蒿硝酸盐含量与养分施用量之间效应关系的拟合。将最高产量施肥量($N\ 0.45\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $P_2O_5\ 0.35\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $K_2O\ 0.52\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土)代入方程得到茼蒿硝酸盐含量为 $1\ 083.5\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,比 14 个处理中的最高硝酸盐含量降低 $60.6\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,削减率为 5.3% ;将经济最佳施肥量($N\ 0.45\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $P_2O_5\ 0.34\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $K_2O\ 0.52\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土)代入方程得到茼蒿硝酸盐含量为 $1\ 076.6\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,比 14 个处理中的最高硝酸盐含量降低 $67.5\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,削减率为 5.9% 。根据国家标准叶菜硝酸盐含量 $\leq 3\ 000\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,14 个处理的硝酸盐含量均小于此标准值,均符合国家标准。

3 讨论与结论

根据北方冬季实际生产的情况,低量或高量肥料对茼蒿的产量和硝酸盐含量有不同程度的影响,合理的氮、磷、钾配比可明显提高茼蒿产量并降低硝酸盐含量。施用氮肥的增产效应最好,增产达 167% ;磷肥增产 91.7% ;钾肥增产 88.5% 。同样是叶菜的小白菜,磷、钾是影响产量的主要因素,但磷、钾对产量的单效应作用比氮素的作用小^[6]。氮肥对茼蒿硝酸盐含量的削减效应最强,削减率达 23.4% ;磷肥削减 7.1% ;钾肥削减 0.4% 。缺磷比增氮更易引起叶菜组织内硝酸盐的积累,造成叶菜硝酸盐积累的真正原因是氮磷比过大^[7]。磷充足时,磷对作物氮代谢的影响具有双重性,它既能促进作物对硝

态氮的吸收,也能增强硝酸盐还原同化,从而促进蔬菜产量的增加和硝酸盐含量的降低^[8]。

采用二次多项式回归法对茼蒿产量结果进行肥料效应回归模型模拟,得出回归模型为氮、磷、钾三元二次多项式回归模型,经显著性检验达到显著水平,说明回归模型具有实际应用价值,可以用于施肥量的预测。推荐最高产量施肥量为 $N\ 0.45\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $P_2O_5\ 0.35\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $K_2O\ 0.52\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土;经济最佳施肥量为 $N\ 0.45\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $P_2O_5\ 0.34\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $K_2O\ 0.52\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土。采用二次多项式回归的方法对茼蒿硝酸盐含量结果进行肥料效应回归模型模拟,得出回归模型为氮、磷、钾三元二次多项式回归模型,经显著性检验达到显著水平,说明方程拟合不失真,可以进行茼蒿硝酸盐含量与养分施用量之间效应关系的拟合。

综合茼蒿产量、经济效益和生态效益,当推荐施肥量为 $N\ 0.45\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $P_2O_5\ 0.34\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土、 $K_2O\ 0.52\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土时,产量达到 $215\ \text{g} \cdot \text{盆}^{-1}$,硝酸盐含量为 $1\ 076.6\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

参考文献

- [1] 刘秀珍,郭丽娜.水分和氮肥形态对盆栽茼蒿产量及 Ca、Fe 含量的影响[J].山西农业大学学报,2010,30(1):1-4.
- [2] 陈振德,程炳嵩.蔬菜中的硝酸盐及其与人体健康[J].中国蔬菜,1988(1):40-42.
- [3] 王太平.蔬菜中硝酸盐的积累及其调控措施[J].渝西学院学报(自然科学版),2004(2):45-50.
- [4] 李建设,高艳明,孙权.氮肥形态与大白菜产量及硝酸盐累积的关系[J].中国蔬菜,2002(6):15-17.
- [5] 李会合,王正银.施氮对小白菜产量和品质的效应[J].中国土壤与肥料,2007(4):53-55.
- [6] 康华,马光恕,靳亚忠.氮磷钾配施对小白菜硝酸盐含量及产量的影响[J].中国农学通报,2006,22(11):243-247.
- [7] 高祖明,张耀栋,张道勇,等.氮磷钾对叶菜硝酸盐积累和硝酸盐还原酶、过氧化物酶活性的影响[J].园艺学报,1989,16(4):293-298.
- [8] 王朝辉,李生秀.蔬菜不同器官的硝态氮与水分、全氮、全磷的关系[J].植物营养与肥料学报,1996,2(2):144-152.

Effects of N,P,K Managements Mode on Yield and Nitrate Content of Garland Chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.) in Greenhouse

HAN Yingzuo, LOU Chunrong, WANG Xiujuan, ZHAO Ying, DONG Huan

(Institute of Environmental Resources and Plant Nutrition, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Taking garland chrysanthemum as test material, the effects of different nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer ratio on yield and nitrate content of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.) in greenhouse in winter was studied via the pot experiment. The results showed that nitrogen fertilizer

冻融交替对伊犁河谷草原土壤氮素含量的影响

崔 东^{1,2}, 徐 俏², 朱 振华^{1,3}

(1. 伊犁师范学院 污染物化学与污染治理重点实验室, 新疆 伊宁 835000; 2. 伊犁师范学院 生物与地理科学学院, 新疆 伊宁 835000; 3. 伊犁师范学院 化学与环境科学学院, 新疆 伊宁 835000)

摘 要:以伊犁河谷典型草地土壤为研究对象,获得多点 0~20 cm 表层土壤,通过室内模拟冻融温度(设置为-25、-5、-25~5 °C)试验,研究冻融交替(次数设置为 0~10)对草原土壤氮素的影响。结果表明:1)土壤全氮含量随着冻融交替次数的变化呈先增加后减少的变化趋势。土壤全氮含量在冻融交替 1 次后达最大值,冻融交替 3~9 次时,土壤全氮含量呈下降变化趋势,冻融交替 10 次时,草原土壤全氮含量达到最小值。2)冻融交替次数对土壤碱解氮含量有显著的影响,冻融交替次数越多,土壤碱解氮含量越大。不同温度处理在冻融交替次数为 10 时,土壤碱解氮含量达最大值。3)统计结果分析表明,造成土壤氮素含量变化的主要原因为冻融交替次数,其次为温度。4)冻融交替影响土壤硝态氮和铵态氮含量。硝态氮含量随着冻融强度和次数的增加而减小,而铵态氮含量为先减小后增加。

关键词:草地土壤;冻融作用;碱解氮;全氮

中图分类号:S 153.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)12-0183-04

草地在人类生产、生活以及自然环境的保护与改善中发挥着不可取代的重要作用^[1],由于干旱区草地普遍受到干旱化的影响,同时北方地区冬季温度低,使得高海拔地区草原土壤遭受土壤冻融的影响,这些变化的综合效应可为揭示全球变化的生态效应提供更为敏感的特征指标,也可为生态恢复及其管理提供重要的借鉴意义^[2]。

第一作者简介:崔东(1984-),男,新疆乌鲁木齐人,博士研究生,讲师,现主要从事干旱区土壤地理与环境变化等研究工作。E-mail:cuidongw@126.com.

基金项目:伊犁师范学院污染物化学与污染治理重点实验室开放课题科研资助项目(2016HJZD05)。

收稿日期:2017-02-03

相关研究表明,冬春季的冻融交替不仅会对土壤氮素变化产生影响,而且也可能促进氮素转化^[3]。伊犁河谷区域昼夜温差大,春季升温快但不稳定,在秋冬与春冬交替时节,常伴随有冻融交替现象发生^[4]。伊犁草原所处海拔高、气温低,冬季冻结、夏季消融,温度发生周期性的正负变化,从而产生一系列的应力变化,例如流变、融沉、冻胀等,同时由于一直在发生位移和相变的冻土层中的地下冰和地下水^[5],使得伊犁产生季节性冻融。伊犁河谷草原面积所占比重较大,生物多样性丰富^[6]。

该试验以伊宁县托乎拉苏大草原土壤氮素含量为研究出发点,分析不同冻融温度以及冻融交替次数对土壤氮素含量的影响。通过土壤氮素指数相

application had the best yield-increasing effect on garland chrysanthemum (yield-increasing rate 167%), followed by phosphor fertilizer (91.7%) and potassium fertilizer (88.5%). Nitrogen fertilizer application had the strongest nitrate-reducing effect on garland chrysanthemum (nitrate-reducing rate 23.4%), followed by phosphor fertilizer (7.1%) and potassium fertilizer (0.4%). The regressive model of fertilizer effect was simulated by the method of quadratic polynomial regressions to test yield and nitrate content respectively. The regression model was gotten as the ternary quadratic polynomials of nitrogen, phosphorus and potassium. According to the constructed models and complex of yield, economic and ecological benefits, fertilizer application for garland chrysanthemum was put forward.

Keywords: greenhouse; garland chrysanthemum; fertilizer managements mode; yield; nitrate