

# 不同施肥措施对球茎茴香产量、品质及氮平衡的影响

吴建新<sup>1</sup>, 左强<sup>2</sup>, 王甲辰<sup>2</sup>, 王殿武<sup>1</sup>, 肖强<sup>2</sup>, 张琳<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000; 2. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097)

**摘要:**在温室条件下研究了种植填闲作物、施用秸秆、单施有机肥以及优化施肥等不同措施对球茎茴香产量、品质和氮素吸收利用的影响。结果表明:不同施肥措施使球茎茴香增产 1.00%~7.65%, 氮素吸收增加 4.62%~26.75%。随着施氮量的增加, 果实硝酸盐含量呈增加趋势, 以常规施肥最高; 种植填闲作物、施用秸秆及优化施肥处理的球茎茴香 VC 含量相对较高, 可溶性糖以单施有机肥处理为最高, 各处理中硝态氮主要集中在 0~40 cm 内, 未对环境造成污染。

**关键词:**填闲; 秸秆; 有机肥; 球茎茴香; 氮素平衡

中图分类号: S 636.9 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2010)10—0015—04

近年来, 设施蔬菜在我国发展迅速。由于其具有“高投入、高产出、高效益”的特性, 农民在经济利益的驱动下, 盲目施用化肥, 尤其是化学氮肥的现象较为普遍。张福锁的调查结果表明<sup>[1]</sup>, 菜田的施肥量尤其是氮肥的施用量远远高于粮食作物, 亦远大于蔬菜的推荐施肥量, 造成氮肥利用率偏低。同时, 也造成了地表水、地下水的污染以及土壤质量下降等问题, 给人畜健康带来直接或潜在的威胁<sup>[2]</sup>。刘宏斌等<sup>[3]</sup>的研究表明, 北京市近郊农区地下水硝态氮污染程度远远超过远郊, 浅层地下水污染重于深层地下水, 种菜历史在 50 a 以上的老菜区地下水硝态氮污染最为严重。氮肥的大量投入还可造成作物体内硝酸盐的同化速度低于吸收速度, 从而导致作物体内硝酸盐含量累积、品质下降等。如何合理施用肥料, 在达到高产同时又能提高蔬菜品质, 降低 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 淋洗对地下水的潜在威胁, 一直是世界各国共同关注的问题<sup>[4-6]</sup>。该试验筛选了土壤肥力较高的设施蔬菜基地, 定位研究了不同施肥措施对保护地蔬菜产量、品质以及土壤中硝态氮累积的影响, 以期为保护地菜田合理施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

田间试验于 2008 年布置在北京市房山区韩村河农

业技术开发中心 12 号实验温室。供试土壤为褐土, 耕层为重壤质, 供试土壤养分含量见表 1。

表 1 供试土壤耕层养分含量

Table 1 Nutrient contents and pH of plowed soils(0~20 cm) in experiment

有机质 O. M.	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	速效磷 Available P	速效钾 Available K	pH (H <sub>2</sub> O)
/g * kg <sup>-1</sup>	/g * kg <sup>-1</sup>	/g * kg <sup>-1</sup>	/g * kg <sup>-1</sup>	/mg * kg <sup>-1</sup>	/mg * kg <sup>-1</sup>	
56.28	3.50	1.30	20.00	175.66	656.55	7.80

供试作物为球茎茴香, 品种为荷兰球茎茴香。供试肥料为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%)、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 50%)、商品鸡粪(N 1%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.95%、K<sub>2</sub>O 0.86%)。试验设置 6 个处理, 处理名称及施肥量见表 2, 小区面积 6.5 m×4 m=26 m<sup>2</sup>, 随机区组排列, 3 次重复。其中常规施肥量参考北京市土壤肥料站对京郊保护地菜田施肥量调查数据而定, 优化施肥量为土肥站推荐的施肥量, 其氮磷肥用量分别为常规施肥的 75%和 60%, 而钾肥则为常规施肥的 2 倍。调节 C/N 通过施用秸秆来实现, 秸秆为粉碎的小麦秸秆, 长 1~3 cm, 填闲处理为在夏季保护地休闲期间种植甜玉米, 株行距 30 cm×60 cm, 并且不施用任何肥料。常规 C/N 处理中添加的小麦秸秆、常规处理的钾肥、所有处理的磷肥均作底肥一次性施入, 方式为施肥后翻耕; 常规处理氮肥 30%作为底肥, 优化处理中氮、钾肥 25%作为底肥, 其余分别在球茎茴香果实开始膨大期和迅速膨大期平分 2 次追肥施入, 方式为先撒施后浇水。该试验为肥料定位试验, 截止该茬球茎茴香试验时, 先前已种植 3 茬作物, 具体品种生长及日期如下: 苜蓿(水果苜蓿), 2007 年 10 月 26 日至 2008 年 3 月 15 日; 番茄(硬粉 18), 2008 年 4 月 15 日至 7 月 19 日; 填闲玉米(甜玉 4 号), 2008 年 7 月

第一作者简介: 吴建新(1984), 男, 硕士, 现主要从事农业水源污染方面的研究工作。E-mail: wjx2802@126.com。  
通讯作者: 邹国元(1970-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事循环农业研究工作。E-mail: gyzhou@163.com。  
基金项目: 国家科技支撑项目计划资助项目(2007BAD89B03); 农业部资助项目(WXZ07-01)。  
收稿日期: 2010-03-01

22 日至 10 月 25 日。球茎茴香于 2008 年 10 月 27 日定植, 2009 年 2 月 5 日收获, 种植模式为“小高畦”种植, 作物在垄上种植, 在垄背上进行灌水, 属于目前京郊大棚

种植中普遍流行的节水灌溉方式。株行距为 25 cm×60 cm。

表 2 不同试验处理的肥料用量

Fertilizer rate of different experimental treatments					
处理 Treatment	有机肥 Organic fertilizer/ kg · hm <sup>-2</sup>	N /kg · hm <sup>-2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg · hm <sup>-2</sup>	K <sub>2</sub> O /kg · hm <sup>-2</sup>	秸秆 Straw / kg · hm <sup>-2</sup>
对照 Control	0	0	0	0	0
单施有机肥 Singal application organic fertilizer	7 500	0	0	0	0
常规施肥 Conventional fertilization	7 500	360	150	90	0
常规填闲 Conventional catch crop	7 500	360	150	90	0
常规 C/N Conventional C/ N	7 500	360	150	90	7 500
优化施肥 Optimum fertilization	7 500	270	90	180	0

1.2 试验方法

植株样于 2009 年 2 月 5 日收获, 测定经济产量、废弃物产量、硝酸盐、可溶性糖及 VC 含量。硝酸盐测定采用酚二磺酸比色法, 可溶性糖采用蒽酮法, VC 测定采用 2,6-二氯靛酚滴定法。植株样烘干粉碎后用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消解, 凯氏定氮仪测定全氮含量, 并计算植株氮素积累量。每一处理各指标均为 3 次重复平均值。在植株收获的同时, 在各小区按 20 cm 为 1 层, 分 5 层取土样, 测定 0~100 cm 土壤养分状况。土壤硝态氮、铵态氮用 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> 浸提, 流动注射分析仪测定。

试验数据采用 Excel 和统计分析软件 SAS 处理。

2 结果与分析

2.1 施肥措施对球茎茴香产量、品质的影响

由表 3 可见, 与对照相比, 各施肥处理产量均有增加。其中, 常规施肥和常规 C/N 处理分别较对照增产 7.48%和 7.65%, 达到显著水平。而常规填闲和常规施肥处理产量分别为 16.94 t/hm<sup>2</sup> 和 17.14 t/hm<sup>2</sup>, 二者之间无明显差异, 说明种植填闲作物未显著减少下茬作物产量。与单施有机肥相比, 各施化肥处理产量都有所增加, 说明化肥的施用能增加作物经济产量, 但施用化肥的处理间差异均不显著, 减量施用氮肥并没有显著降低

作物产量。与不施肥处理相比, 不同管理措施对球茎茴香品质有不同程度的影响。单施有机肥、优化施肥、常规施肥处理中果实的硝酸盐含量分别为 672.58、835.18、976.19 mg/kg, 总体而言是随着施氮量的增加而增加, 并达到显著差异。而常规填闲、常规 C/N 处理中硝酸盐含量较常规施肥分别减少 281.70、215.97 mg/kg, 差异显著, 说明种植填闲作物和添加秸秆能减少植株体内硝酸盐的积累。根据中国农业科学院蔬菜研究所以及沈明珠等<sup>[7]</sup> 提出的蔬菜可食部分硝酸盐的食用卫生标准, 一级 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N≤432 mg/kg, 轻度污染, 允许食用; 二级 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N≤785 mg/kg, 中度污染, 生食不宜, 腌渍允许, 熟食允许; 三级 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N≤1 440 mg/kg, 高度污染, 生食不宜, 腌渍不宜, 熟食允许; 四级 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N≤3 100 mg/kg, 严重污染, 不允许食用。各处理球茎茴香硝酸盐含量均未超标, 其中以单施有机肥处理最优。各处理间 VC 和可溶性糖含量差异不显著, 常规施肥处理中二者含量较其它处理均较小, 鲁运江等研究氮肥不同用量对西瓜产量和品质的影响, 认为一定范围内随着施氮量的增加, 含糖量增加, VC 也增加, 但是过量就有下降趋势<sup>[8]</sup>。而 Mozafar<sup>[9]</sup> 认为, 增施氮肥会降低很多蔬菜的 VC 含量。

表 3 不同施肥处理对球茎茴香的产量、品质的影响

Effect of fertilization on the yields and qualities of florenc fennel					
处理 Treatment	经济产量 Economic outputs/ t · hm <sup>-2</sup>	秸秆产量 Straw outputs/ t · hm <sup>-2</sup>	硝酸盐 Nitrate /mg · kg <sup>-1</sup>	VC/ mg · (100g) <sup>-1</sup>	可溶性糖 Soluble saccharide/ %
对照 Control	15.95b	23.80b	563.04d	0.57a	1.27a
单施有机肥 Singal application organic fertilizer	16.11ab	25.38a	672.58cd	0.54a	1.28a
常规施肥 Conventional fertilization	17.14a	20.59d	976.19a	0.54a	0.98a
常规填闲 Conventional catch crop	16.94ab	20.84d	694.49c	0.66a	1.25a
常规 C/N Conventional C/ N	17.17a	22.28c	760.22bc	0.58a	1.05a
优化施肥 Optimum fertilization	16.84ab	21.30cd	835.18b	0.62a	1.19a

注: 数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平, 下同。

Note: Values followed by different letters mean significant difference among different treatments at 5% level. The same below.

2.2 施肥措施对氮素养分吸收利用的影响

由表 4 可知, 在供试土壤条件下, 氮肥的施用显著提高了球茎茴香地上部分对 N 素养分的吸收。不同处理比较, 各施肥处理的 N 素吸收量, 明显高于对照处理。对肥料利用率统计发现, 各处理 N、P 的利用率较低, 均低于 10%, 其中氮肥以常规填闲处理最高, 但也仅为 5.2%。常规施肥处理虽然施氮量是最高的, 但是其氮肥利用率较低, 可见, 当地菜农的施肥习惯是不科学的,

长此以往, 势必引起农田环境的污染。磷肥以单施有机肥最高, 为 4.2%, 说明施用化肥后, 有大量氮磷肥残留于土壤中。钾肥利用率相对较高, 单施有机肥最高为 58.3%, 常规施肥次之为 18.5%。施肥对培肥地力有重要作用, 但对肥力水平较高的保护地菜田土壤, 过量施肥则会降低肥料利用率, 而且有可能对地表水和地下水构成环境威胁。

表 4 不同施肥处理下球茎茴香养分吸收量及肥料利用率

处理 Treatment	植株养分吸收量 Plant uptake/ kg · hm <sup>-2</sup>			肥料利用率 Fertilizer efficiency/ %		
	N	P	K	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
对照 Control	84.5	9.5	299.6	—	—	—
单施有机肥 Singal application organic fertilizer	88.4	12.5	337.2	5.1	4.2	58.3
常规施肥 Conventional fertilization	103.7	15.1	328.1	4.4	2.5	18.5
常规填闲 Conventional catch crop	107.1	11.3	296.3	5.2	0.8	—2.1
常规 C/N Conventional C/ N	93.4	12.9	304.7	2.0	1.5	3.3
优化施肥 Optimum fertilization	96.8	13.1	317.3	3.5	2.2	7.3

2.3 施肥措施对土壤剖面硝态氮分布的影响

球茎茴香收获后分 5 层取 0~100 cm 土样, 测定土壤硝态氮含量(见图 1)。图 1 表明, 不同施肥处理对土壤硝态氮的残留在 0~100 cm 土层范围内均有不同程度的影响, 总体随着土层深度增加而呈降低趋势。3 个常规肥料施用量处理中表层土壤硝态氮残留较高, 达到 21.3、23.2、23.9 mg/kg, 而优化处理则为 11.9 mg/kg, 单施有机肥处理与空白处理残留较低, 在整个剖面范围内均低于 3 mg/kg, 该试验中, 无论何种施肥措施, 硝态氮主要集中在 0~40 cm 范围内, 并未对土壤以及地下水环境造成污染。

输出。式中氮素输入项为移栽前 0~60 cm 土壤无机氮残留、化肥氮素、有机肥氮素和灌溉水带入的氮素, 输出项为作物地上部带走氮素和收获后 0~60 cm 土壤无机氮残留。氮肥是保护地菜田生产体系最主要的氮素输入项, 在该生长季中, 常规施肥的氮肥投入量占氮素输入量的 47%, 而常规填闲占 59%, 优化也占到了 45%。作物携出是生产体系氮素重要的输出途径之一, 由表 5 还可以看出, 不同施肥及相关管理措施球茎茴香地上部氮素吸收量变化范围为: N 84.5~107.1 kg/hm<sup>2</sup>, 并随着施氮量的增加而增加。与常规施肥相比, 优化施肥没有显著减产, 但氮素损失量却大大降低。化肥处理中, 氮素残留量以常规填闲最少, 这可能是由于种植填闲作物期间, 甜玉米生物量较大, 对氮素吸收能力较强, 吸收了土壤内上茬作物残留的养分所致。

2.4 球茎茴香生长季表观氮素平衡

土壤氮素表观平衡计算不考虑氮素矿化, 有机肥带入氮量以全氮计<sup>[10]</sup>, 表观氮素平衡=氮素输入-氮素

表 5 球茎茴香生产体系的表观氮素平衡

处理 Treatment	移栽前 0~60 cm N <sub>min</sub> Soil 0~60 cm N <sub>min</sub> before transplanting	有机肥 Organic manure	氮肥 Applied N fertilizer	灌溉水 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N from irrigation	作物带走 N uptake by crops	收获后 0~60 cm N <sub>min</sub> Soil 0~60 cm N <sub>min</sub> after harvest	表观平衡 N balance
对照 Control	187.3	0	0	6.8	84.5	9.0	100.6
单施有机肥 Singal application organic fertilizer	195.6	75	0	6.8	88.4	8.5	180.5
常规施肥 Conventional fertilization	324.3	75	360	6.8	103.7	98.2	564.2
常规填闲 Conventional catch crop	168.9	75	360	6.8	107.1	96.5	407.1
常规 C/N Conventional C/ N	287.0	75	360	6.8	93.4	114.6	520.8
优化施肥 Optimum fertilization	258.4	75	270	6.8	96.8	77.6	435.8

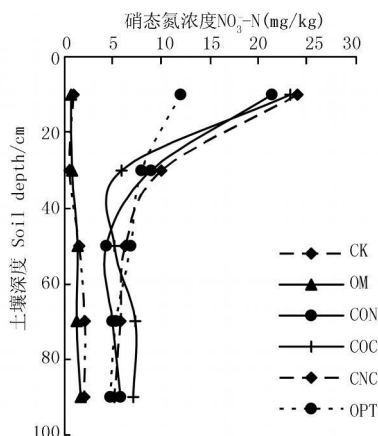


图1 球茎茴香收获后 0~100 cm 土壤剖面硝态氮含量

Fig. 1 Soil  $\text{NO}_3\text{-N}$  content from 0~100 cm

### 3 结论

与不施肥处理相比,不同施肥模式均表现出促进球茎茴香生物量提高的规律,提高产量为  $0.16 \sim 1.22 \text{ t/hm}^2$ ,增产幅度为  $1.00\% \sim 7.65\%$ 。与不施肥处理相比,不同化肥施用模式均能在一定程度上促进植株体内硝酸盐的累积,说明施肥是导致蔬菜硝酸盐含量提高的重要因素。单施有机肥对促进硝酸盐累积的贡献较小,同时又能提高蔬菜体内的可溶性糖含量。因此,在蔬菜生产上可通过适当增施有机肥来获得低硝酸盐污染高可溶性糖的蔬菜产品。与常规施肥相比,引种填闲作物在未显著减产的情况下,可以提高下茬作物的氮素利用率,减少土壤中氮素残留和作物体内硝酸盐累积,同时增加了

植株体内 VC 及可溶性糖含量,改善作物品质。施用有机肥及种植填闲作物 2 种模式不仅能提高氮肥利用效率、增加作物产量、改善作物品质,还能在一定程度上减少保护地菜田土壤氮素对水体造成的农业源污染。

### 参考文献

- [1] 张福锁 巨晓棠. 对我国持续农业发展中氮肥管理与环境问题的几点认识[J]. 土壤学报, 2002, 39(增刊): 41-55.
- [2] 朱坚果. 硝态氮污染与展望[J]. 土壤学报, 1995, 35: 62-69.
- [3] 刘宏斌 张云贵 李志宏 等. 北京市平原农区深层地下水硝态氮污染状况研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 411-418.
- [4] Keeney D. Sources of nitrate to groundwater[J]. Crit. Rev. Environ. Control, 1986, 16: 257-304.
- [5] Román R, Caballero R, Bustos A, et al. Water and solute movement under conventional corn in Central Spain. I [J]. Water balance. Soil Sci. Soc. Am, 1996, 60: 1530-1536.
- [6] Díez J A, Caballero R, Roman R, et al. Integrated fertilizer and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain [J]. Environ. Qual, 2000, 29: 1539-1547.
- [7] 沈明珠. 蔬菜中的硝酸盐[J]. 农业环境保护, 1982(2): 23-27.
- [8] 鲁运江. 氮肥不同用量对西瓜产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 1997(4): 48.
- [9] Mozafar A. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants [J]. A review of Plant Nutrition, 1993, 16(12): 2479-2506.
- [10] Patil S K, Singh U, Singh V P, et al. Nitrogen dynamics and crop growth on an Alfisol and Vertisol under a direct-seeded rainfed lowland rice-based system [J]. Field Crops Res, 2001, 70: 185-199.

(该文作者还有邹国元, 单位为北京市农林科学院植物营养与资源研究所。)

## Effect of Different Fertilizer Application on Yield, Quality of *Florence fennel* and Nitrogen Balance

WU Jian-xin<sup>1</sup>, ZUO Qiang<sup>2</sup>, WANG Jia-chen<sup>2</sup>, WANG Dian-wu<sup>1</sup>, XIAO Qiang<sup>2</sup>, ZHANG Lin<sup>2</sup>, ZOU Guo-yuan<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Environmental Science Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2/ Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

**Abstract:** The field experiment was conducted in greenhouse to determine the effect of different fertilizer application countermeasures (conventional fertilization, catch crop, C/N ratio, organic manure, optimized fertilization) on uptake and balance of nitrogen, yield and quality of *Florence fennel*. The results showed that different fertilizer application countermeasures increased yield by  $1.00\% \sim 7.65\%$ , and N uptake by  $4.62\% \sim 26.75\%$ . Nitrate content in *Florence fennel* fruits increased with the rising of N fertilization amount and the conventional fertilization was in the highest level. Vitamin C content was relative higher in the treatment of catch crop, C/N ratio and optimized fertilization while soluble saccharide content was the highest in organic fertilizer treatment. The processing of nitrate mainly concentrated in the 0~40 cm, which didn't cause environmental pollution.

**Key words:** catch crop; straw mulch; organic fertilizer; *Florence fennel*; N balance