

茄子/大葱间作及氮肥调控对植株硝酸盐含量及养分吸收的影响

吴琼¹, 赵同科¹, 安志装¹, 刘宝存¹, 邹国元¹, 杜连凤¹, 王晓丽²

(1.北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2.北京市密云县农业技术推广站, 北京 101500)

摘要:作物根系分布深度不同,其吸收养分的土壤区域也有所不同。采用大田试验方法,选择深根系的茄子和浅根系的大葱进行间作种植,并辅以氮素调控措施,研究其对蔬菜硝酸盐含量及养分吸收的影响。研究表明,无论是常规施肥还是减量施肥,间作均能降低蔬菜体内硝酸盐含量。间作区茄子的生物量和吸氮、磷、钾量均高于单作区,而间作区大葱的生物量及吸氮、磷、钾量均有所降低。说明在这一间作模式中,茄子处于优势地位,而大葱处于劣势地位。

关键词:蔬菜;间作;施肥;硝酸盐

中图分类号:S181 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2010)11-2071-05

Effect of Intercropping and Nitrogen Regulation on Nitrate Accumulation and Nutrient Uptake of Eggplant and Green Onion

WU Qiong¹, ZHAO Tong-ke¹, AN Zhi-zhuang¹, LIU Bao-cun¹, ZOU Guo-yuan¹, DU Lian-feng¹, WANG Xiao-li²

(1.Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2.Extension Service Agrotechnical Station of Miyun county, Beijing 101500, China)

Abstract:Vegetables with different root depth have different nutrient uptake characters. In this research, a field experiment with different cropping system, intercropping and monocropping, and different nitrogen fertilizer amount input was conducted to study effects on nitrate content and nutrient uptake of vegetables. This study chose eggplant and green onion as experimental crops. The results showed that nitrate contents in vegetable tissues were decreased observably in the intercropping system compared with the monocropping system whether under normal fertilization or optimal fertilization conditions. The biomass and nutrient uptake value of eggplant in the intercropping system were higher than in the monocropping system under different fertilization conditions, while the biomass and nutrient uptake value of green onion in these systems presented the opposite results, which means that in the eggplant and green onion intercropping system eggplant has advantage in nutrient absorption.

Keywords:vegetable; intercropping; fertilization; nitrate

在蔬菜栽培中,农民为追求高产和经济效益,大量盲目施用化肥尤其是氮肥,致使农田土壤剖面硝态氮累积问题日益严重,不仅造成养分比例失调^[1],同时在很大程度上影响了蔬菜品质、地下水质,对人体造

成不良影响,特别是蔬菜中硝酸盐含量严重超标^[2]。上海市郊区蔬菜硝酸盐含量为 1 536~2 660 mg·kg⁻¹,最高的可达 3 897 mg·kg⁻¹^[3]。据杜应琼等^[4]对广东省 3 个生产基地主要蔬菜的硝酸盐含量调查结果表明,在 37 个蔬菜样品的检测中,4 级污染的达 10 个。研究发现,人体摄入的硝酸盐 81.2%来自蔬菜^[5]。摄入硝酸盐含量较高的蔬菜,其硝酸盐在微生物作用下转化为具有致癌作用的亚硝胺,对人类的健康形成威胁^[6-7]。因此,通过各种有效途径减少硝酸盐在蔬菜中的积累,是当前农产品安全生产中亟待解决的问题。

本研究采用深根系蔬菜和浅根系蔬菜间作,是基于生物多样性原理和生态位理论,间作作物的根系深

收稿日期:2010-06-02

基金项目:基金“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD87B01, 2007BAD87B02);北京市科技新星计划(B类)(2007B045);国家科技支撑计划课题(2006BAD25B06);华北潮土及褐土、棕壤土区沃土技术模式研究与示范;北京市农林科学院青年基金:设施蔬菜土壤累积硝酸盐的植物修复与施肥调控

作者简介:吴琼(1984—),女,河北承德人,硕士,主要从事农业非点源污染方面的研究。E-mail:wuqiong840915@163.com

通讯作者:杜连凤 E-mail:dulianfeng@yahoo.com.cn

度和范围不同,将会使作物对养分和水分的竞争作用降低,利于根系生长发育,而且,间作作物通过吸收不同土层的养分,可达到降低不同土壤深度硝态氮的目的^[8-10]。这样既可以提高肥料的利用率,同时减少硝酸盐的累积。王晓丽等^[11]对玉米/空心菜间作进行了研究,发现通过该间作种植体系降低了蔬菜中硝酸盐含量,我们的前期研究也表明^[12],选择深根系蔬菜和浅根系蔬菜进行间作,可有效降低蔬菜中硝酸盐含量。茄子根系发达,分布深广,主根长 130~170 cm,属深根系;大葱根系分布范围较小,根长 27~30 cm,属浅根系。在前期工作的基础上,本试验研究深根系蔬菜茄子和浅根系蔬菜大葱间作以及氮肥调控对蔬菜中硝酸盐含量的影响,为菜地合理施肥及提高农产品品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验地点位于北京市密云县种植业服务中心农业技术推广站蔬菜基地,质地为沙壤土。播种前采集基础土样,基本理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Basic physical and chemical properties of soil used				
有机质/g·kg ⁻¹	全氮/%	速效磷/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹	pH
11.56	0.065	62.94	106.45	7.4

1.2 供试作物

茄子品种为京茄二号;大葱品种为辽葱二号。

1.3 试验处理

本研究采用温室小区域试验方法。温室实际可用面积为 5.8 m×59 m,茄子单作区长 5 m,宽 2 m,行距 60 cm,株距 50 cm,每行 10 株;大葱单作区长 5 m,宽 2 m,行距 50 cm,株距 5 cm 左右;茄子、大葱间作区长 5 m、宽 4 m,茄子及大葱的行株距同前,间作区中茄子与大葱之间的行距为 55 cm,间作模式如示意图 1,每种模式重复 3 次。

本茬试验所有种植模式均设两个不同施肥水平,即常规施肥水平和减量施肥水平。常规施肥水平的氮、磷、钾肥用量分别为 375 kgN·hm⁻²、75 kg P₂O₅·hm⁻² 和 150 kgK₂O·hm⁻²,减量施肥水平的氮、磷、钾肥用量分别为 225 kgN·hm⁻²、75 kgP₂O₅·hm⁻² 和 150 kg K₂O·hm⁻²。氮、磷、钾肥种类分别为尿素、二铵和硫酸钾。磷肥和钾肥作为基肥一次施入土壤并翻耕,尿素的 1/3 作基肥,2/3 作追肥并分两次追施。2008 年 4 月 14 日施底肥,施肥后均灌水 50 mm;在 2008 年 7 月 4 日以及 2008 年 7 月 31 日分两次追施尿素,施肥后浇水,每次每畦均灌 60 mm。

1.4 样品采集及分析方法

在茄子的整个生育期内,不定期的摘取各个小区的成熟茄子并分别记产,每小区每次记产累计总和为该小区茄子的最后总产量。大葱和茄子均在 2008 年 4 月 22 日移栽,分别在 2008 年 8 月 13 日及 8 月 27 日最终收获。对不同处理小区分别收获,并按照种植面积计产。分别取不同处理小区有代表性的茄子和大葱鲜样,每小区各取 6 个样品,将可食用部分切碎混匀后一部分用于测定硝酸盐含量,另一部分用去离子水洗净、烘干、磨细供测定全氮含量。

土壤有机质采用重铬酸钾容量-外加热法测定;土壤全氮采用凯氏定氮法测定;速效磷采用 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 溶液浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾采用 1.0 mol·L⁻¹ NH₄OAc 溶液浸提-火焰光度法测定;土壤 pH 值用土样按水土比 2.5:1 加入蒸馏水浸提,用 PHS-3C 酸度计测定;植株全氮、全磷、全钾含量分别采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消化-凯氏定氮法(N)、钼锑抗比色法(P)和火焰光度法(K)测定;取植株样用捣碎机捣碎-紫外吸收法测定植株硝态氮。

2 结果与分析

2.1 间作对蔬菜生物量、全氮和吸氮量的影响

如表 2 所示,在常规施肥和减量施肥条件下,间作区茄子的生物量和吸氮量均高于单作区,分别增加

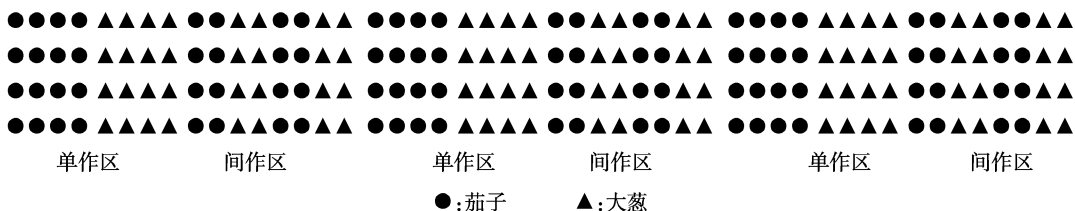


图 1 试验处理方案示意图

Figure 1 Field distribution map for celery and radish mono and intercrop

15.0%和 6.0%。相对于单作区,间作区大葱的生物量及吸氮量均有所降低,说明在这一间作模式中,茄子处于优势地位,而大葱处于劣势地位,可能原因是大葱的竞争能力不够强。但综合茄子和大葱的整体数据可看出,无论是常规施肥还是减量施肥,间作区茄子和大葱吸氮量的总和要高于单作区,说明间作能够增加地上部总体生物的吸氮量。无论何种施肥水平下,相同的肥料投入量,作物吸氮总量增加,必能减少氮素在土壤中的残留,从而降低硝酸盐累积及淋洗风险。因此此间作模式施肥的环境风险降低。

表 2 间作对蔬菜生物量、全氮和吸氮量的影响

Table 2 Effects of the intercropped on the biomass, the total nitrogen and N-uptake of vegetables

处理	生物学产量/ kg·hm ⁻²	经济产量/ kg·hm ⁻²	全氮含量/ %	吸氮量/ kg·hm ⁻²
茄子	常规 单作	75 718.4a	33 725.2ab	1.67b
	间作	91 804.2a	47 837.8a	1.82ab
	减量 单作	73 911.9a	32 113.3ab	1.88ab
	间作	91 606.9a	44 416.6a	2.06a
大葱	常规 单作	55 861.3a	55 861.3a	2.55a
	间作	42 854.8a	42 854.8a	2.64a
	减量 单作	55 805.7a	55 805.7a	2.27b
	间作	43 221.6a	43 221.6a	2.70a

2.2 间作对蔬菜全 P、全 K、吸磷量及吸钾量的影响

如表 3 所示,在常规施肥和减量施肥条件下,间作区茄子的吸磷量和吸钾量均高于单作区,在减量施肥条件下,间作区的吸磷量、吸钾量分别比单作区增加 26.2%和 19.8%。相对于单作区,间作区大葱的吸磷量和吸钾量均有所降低,这与生物量和吸氮量的结果一致,也说明在这一间作模式中,茄子处于优势地

表 3 间作对蔬菜全 P、全 K、吸磷量及吸钾量的影响

Table 3 Effects of the intercropped on the total-P, total-K, P-uptake and K-uptake of vegetables

处理	全磷含量/ %	全钾含量/ %	吸磷量/ kg·hm ⁻²	吸钾量/ kg·hm ⁻²
茄子	常规 单作	0.43a	2.83ab	24.70ab
	间作	0.40a	2.73b	27.56a
	减量 单作	0.39a	2.95a	22.18ab
	间作	0.37a	2.84ab	28.75a
大葱	常规 单作	0.36a	1.61a	12.73a
	间作	0.36a	1.58a	10.80a
	减量 单作	0.34a	1.71a	13.90a
	间作	0.41a	1.65a	12.08a

位,大葱处于劣势地位。按照茄子和大葱的净占面积计算,在常规施肥和减量施肥条件下,间作区茄子和大葱吸磷量和吸钾量的总和要高于单作区,说明间作能够增加地上部总体生物的吸磷量和吸钾量,提高土壤磷、钾素的利用,减少损失,降低环境风险。

2.3 间作对蔬菜硝酸盐含量的影响

如图 2 所示,在常规施肥及减量施肥条件下,与大葱间作,能降低茄子体内硝酸盐含量。常规施肥条件下,间作区茄子体内硝酸盐含量比单作区降低 8.7%,虽未达显著水平,但说明间作有减少茄子体内硝酸盐的趋势;减量施肥条件下,前者比后者下降了 12.7%,达 5%显著水平,说明在施肥量低的情况下,间作的效果更为明显。与此变化趋势一致,间作对大葱硝酸盐含量的作用较大(图 3),常规施肥条件下,与单作区相比,间作区大葱体内硝酸盐含量降低 13.3%,减量施肥条件下,间作区大葱硝酸盐含量比单作区减少 12.4%,均达显著水平。但如表 2 所示,间作使蔬菜全氮含量有增加趋势,这对有效利用资源,提高蔬菜品质有重要意义。

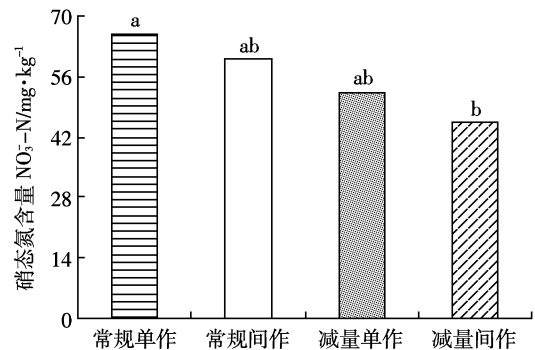


图 2 间作和施肥量对茄子硝酸盐含量影响

Figure 2 Effects of the intercropped and the amount of fertilizer on the nitrate concentration of eggplant

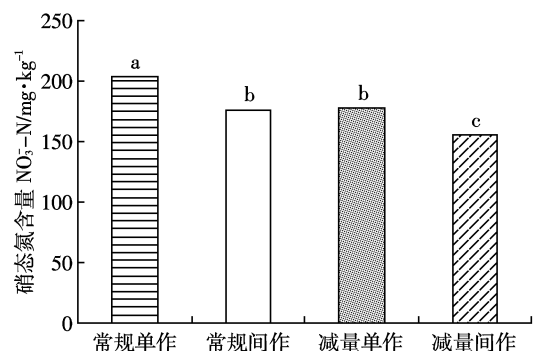


图 3 间作和施肥量对大葱硝酸盐含量影响

Figure 3 Effects of the intercropped and the amount of fertilizer on the nitrate concentration of green onion

2.4 施肥量对蔬菜硝酸盐含量的影响

如图 2 所示,在单作及间作模式下,减少施肥量均有使茄子体内硝酸盐含量降低的趋势,单作模式下,减量施肥区茄子体内硝酸盐含量比常规施肥区降低了 20.6%,间作模式下,前者比后者下降了 24.1%。与此趋势一致,单作模式下,与常规施肥相比,减量施肥区大葱体内硝酸盐含量降低 12.8%,达显著水平,间作模式下,减量施肥区大葱体内硝酸盐含量比常规施肥区降低了 11.8%,达显著水平。以上结果表明,无论在何种模式下,减少施肥量都能够降低蔬菜体内硝酸盐含量或有使蔬菜体内硝酸盐含量降低的趋势。

3 讨论

间作具有保护土壤,减少虫害,调节地力,合理利用农业资源等优势^[13]。但在间作种植过程中,有许多限制因素,如间作的行株距、时间间隔、肥料种类和用量等。而蔬菜大多属于喜肥喜水作物,生产特点比较相近,在共生阶段应从田间管理等方面尽量做到两者兼顾,避免间作产生的上述矛盾。同时,为了找到既能提高蔬菜产量,又能减少环境污染、提高蔬菜品质的双赢种植模式,应该选择更多的作物种类,进行更多种作物组合的研究。

在本试验中,研究结果初步表明,间作有降低蔬菜中硝酸盐的趋势,原因可能是该间作体系中,茄子生物量大,吸收氮素多,因此间作能降低大葱硝酸盐含量;而茄子间作后生物量增加,可能对硝酸盐起到稀释作用。同时,通过间作体系的优势性分析,本茬试验的土地当量比 $LER > 1$,说明这两种间作模式均能有效的利用土壤养分资源,具有一定的种植优势,其中大葱的生物量、吸氮量、吸磷量和吸钾量有所降低,说明在这种间作体系中大葱均处于劣势地位,原因有待进一步研究。

我们的前期试验萝卜/芹菜间作能够提高深根系作物萝卜的生物量,降低浅根系蔬菜芹菜植株体硝酸盐含量^[12],本茬试验结果与此一致,提高了间作体系中深根系蔬菜茄子的生物量,浅根系蔬菜大葱体内硝酸盐含量明显降低。这表明根深差异蔬菜间作对于深根系蔬菜具有产量优势,对于浅根系蔬菜具有品质优势。而蔬菜硝酸盐含量超标以叶菜类最为严重,北京市蔬菜硝酸盐含量调查结果表明^[14],叶菜类蔬菜超标严重,部分蔬菜如小白菜、菠菜等 100%不宜生食、盐渍食和熟食。表明降低蔬菜硝酸盐含量的当务之急是减少叶菜类硝酸盐含量,叶菜类蔬菜大多属浅根系作

物,根深差异蔬菜间作能够明显降低浅根系蔬菜硝酸盐含量,这对提高蔬菜品质,改善农产品质量具有重要意义。

4 结论

(1)无论在常规施肥还是在减量施肥条件下,间作区茄子的生物量和吸氮、磷、钾量均高于单作区,而间作区大葱的生物量及吸氮、磷、钾量均有所降低,但按照净占面积计算,间作区茄子和大葱吸氮、吸磷和吸钾量的总和要高于单作区。说明在这一间作模式中,茄子处于优势地位,而大葱处于劣势地位。间作区蔬菜的全氮含量均有所升高。

(2)在常规施肥及减量施肥条件下,间作能够降低蔬菜体内硝酸盐含量或有使蔬菜体内硝酸盐含量降低的趋势。减量施肥条件下,间作区大葱硝酸盐含量比单作区减少 12.4%,达显著水平。

(3)在单作及间作模式下,减少施肥量能降低茄子体内硝酸盐含量,间作模式下,减量施肥区大葱体内硝酸盐含量比常规施肥区降低了 11.8%,达显著水平。

参考文献:

- [1] 沈明珠,翟宝杰,东惠茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究 [J]. 园艺学报, 1982, 9(4):41-48.
SHEN Ming-zhu, ZHAI Bao-jie, DONG Hui-ru. Advance in the study of nitrate accumulation in vegetables[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1982, 9(4):41-48.
- [2] 熊国华,林咸永,章永松,等. 施肥对蔬菜累积硝酸盐影响的研究进展[J]. 土壤通报, 2004, 35(2):218-221.
XIONG Guo-hua, LIN Xian-yong, ZHANG Yong-song, et al. Effects of fertilization on nitrate accumulation in vegetable crops[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2004, 35(2):218-221.
- [3] 卢善玲,周根娣. 上海地区蔬菜硝酸盐含量状况及食用卫生评价[J]. 上海农业科技, 1989(4):15-16.
LU Shan-ling, ZHOU Gen-di. The nitrate pollution of vegetables and the evaluation of food hygiene in Shanghai[J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 1989(4):15-16.
- [4] 杜应琼,王富华,李乃坚,等. 广东省蔬菜硝酸盐含量的调查与分析[J]. 生态环境, 2004, 13(1):19-22.
DU Ying-qiong, WANG Fu-hua, LI Nai-jian, et al. Investigation and analysis of nitrate contents of vegetables in Guangdong[J]. *Ecology and Environment*, 2004, 13(1):19-22.
- [5] 刘景春,陈彦卿,晋 宏. 国内蔬菜生产中的硝酸盐污染[J]. 福建农业学报, 2003, 18(1):59-63.
LIU Jing-chun, CHEN Yan-qing, JIN Hong. A review of nitrate pollution in domestic vegetable production[J]. *Fujian Journal of Agricultural Science*, 2003, 18(1):59-63.

- [6] 何 盈, 蔡顺香, 何春梅, 等. 蔬菜硝酸盐累积的主要影响因子及其防治对策研究现状[J]. 福建农业学报, 2007, 22(1): 100–105.
HE Ying, CAI Shun-xiang, HE Chun-mei, et al. Current status on the study of the nitrate accumulation in vegetables and its control[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2007, 22(1): 100–105.
- [7] 都韶婷, 章永松, 林咸永, 等. 蔬菜积累的硝酸盐及其对人体健康的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 2007–2014.
DU Shao-ting, ZHANG Yong-song, LIN Xian-yong, et al. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(9): 2007–2014.
- [8] Rodrigues M A, Coutinho J, Martins F. Efficacy and limitations of triticale as a nitrogen catch crop in a Mediterranean environment[J]. *European Journal of Agronomy*, 2002, 17: 155–160.
- [9] 张丽娟, 巨晓棠, 高 强, 等. 玉米对土壤深层标记硝态氮的利用[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 455–461.
ZHANG Li-juan, JU Xiao-tang, GAO Qiang, et al. Recovery of ^{15}N -labeled nitrate injected into deep subsoil by maize in a calcareous cambisol in North China Plain [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(5): 455–461.
- [10] 任智慧, 陈 清, 李花粉, 等. 填闲作物防治菜田土壤硝酸盐污染的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(7): 13–17.
REN Zhi-hui, CHEN Qing, LI Hua-fen, et al. The progress of controlling nitrate pollution in vegetable fields using nitrogen-catch crops[J]. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2003, 4(7): 13–17.
- [11] 王晓丽, 李 隆, 江荣凤, 等. 玉米/空心菜间作降低土壤及蔬菜中硝酸盐含量的研究[J]. 环境科学学报, 2003, 23(4): 463–467.
WANG Xiao-li, LI Long, JIANG Rong-feng, et al. Effects of maize/swamp cabbage intercropping on reduction of the nitrate content in soil profile and vegetables[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2003, 23(4): 463–467.
- [12] 吴 琼, 杜连凤, 赵同科, 等. 蔬菜间作对土壤和蔬菜硝酸盐累积的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8): 1623–1629.
WU Qiong, DU Lian-feng, ZHAO Tong-ke, et al. Effect of vegetable intercropping on the nitrate accumulation in soil profiles and vegetables[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(8): 1623–1629.
- [13] Whitmore A P, Schroder J J. Intercropping reduces nitrate leaching from under field crops without loss of yield: A modeling study[J]. *European Journal of Agronomy*, 2007, 27: 81–88.
- [14] 王朝辉, 宗志强, 李生秀, 等. 蔬菜的硝态氮累积及菜地土壤的硝态氮残留[J]. 环境科学, 2002, 23(3): 79–83.
WANG Zhao-hui, ZONG Zhi-qiang, LI Sheng-xiu, et al. Nitrate accumulation vegetable and its residual in vegetable field[J]. *Environmental Science*, 2002, 23(3): 79–83.