

不同肥源对白菜品质及土壤氮素含量的影响

李顺江¹, 赵同科¹, 张林武², 安志装¹, 马茂亭¹

(1. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2. 北京市密云县农业服务中心, 北京 101500)

摘 要:在大田试验条件下,研究了不同施肥处理下白菜中硝酸盐累积量的变化及土壤中氮素的变化趋势。结果表明:过量施用氮肥会造成表层土壤氮素累积,增加土壤中氮素的淋溶、流失及污染地下水的风险。过量施肥、常规施肥和减量施肥3个纯化肥处理的白菜中硝酸盐含量分别比对照高出57.39%、56.43%和32.28%($P<0.05$)。有机肥配施化肥、有机肥配施磷钾肥及单施有机肥3个处理的白菜中维生素C和可溶性糖含量要高于纯施化肥处理的,且硝酸盐含量也相对偏低。有机肥、化肥进行合理配施,既能有效提高蔬菜品质,又可最大限度防止菜地土壤中氮素的淋溶、流失,保护农业生态环境。

关键词:施肥方式;土壤肥力;蔬菜品质

中图分类号:S 147.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)21-0174-04

随着社会经济的提高和生活水平的提高,人们的健康意识也在不断增强,而对农产品安全中蔬菜的无公害要求也越来越高。蔬菜中硝酸盐含量的高低是评价蔬菜品质的一个重要指标,过量的硝酸盐会危害人体和动物的健康^[1]。硝酸盐在植物体内的富集对植株本身并无毒害作用,但却会对食用蔬菜的人和动物的健康造成潜在的威胁^[2-4]。刘景春等^[5]、White^[6]研究表明,人体摄入的硝酸盐有81.2%来自蔬菜,日本人均摄入硝酸盐含量是美国人均摄入量的3~4倍,胃癌死亡率比美国的高6~8倍。造成蔬菜中硝酸盐累积的因素很多,其中氮肥是影响硝酸盐累积的最主要的外在因素,在农业生产过程中,为追求高产出、高效益,往往加大了肥料的投入量,尤其是化学氮肥的施用量^[7-11]。统计表明,我国蔬菜生产中肥料投入偏高尤为显著,自1970年以来,我国农业化肥的投入量逐年增加,截至2005年已达到4 766.2万t(折纯量),其中氮素投入量合计达到2 730.5万t,居世界第一^[12]。硝态氮是植物利用氮素的主要形态,但是土壤中硝态氮过量富集容易造成淋溶、流失,是农业面源污染主要来源之一,同时也是造成蔬菜中硝酸盐累积的主要原因^[13-14]。因此,研究合理的施肥措施,调节土壤中硝态氮含量,控制蔬菜中硝酸盐的累积,防控农业面

源污染,提高作物品质是十分重要的。

现采用田间试验方法,研究了不同施肥模式下土壤中氮素养分含量及蔬菜品质的变化特征,以期对蔬菜生产过程中的合理化施肥提供理论基础和技术支持。该项研究对保障蔬菜品质、从源头上控制农业面源污染等都具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于北京市密云县太师屯田间进行,供试土壤类型为砂壤质褐土,供试土壤基本理化性质见表1。

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 The basic physicochemical property of the tested soils

pH	有机质含量 (水土比1:2.5) /g·kg ⁻¹	全氮含量 /g·kg ⁻¹	碱解氮含量 /mg·kg ⁻¹	速效磷含量 /mg·kg ⁻¹	速效钾含量 /g·kg ⁻¹
7.6	35.24	0.98	133.83	17.08	67.73

1.2 试验材料

供试作物为“北京四号”白菜;供试肥源包括磷肥、钾肥、氮肥和有机肥。磷肥为磷酸氢二铵(含磷量46%),钾肥为硫酸钾(含K量45%),N肥用尿素(含氮量为46%)。

1.3 试验方法

试验在大田进行,设不施肥处理为对照(CK),除对照外共设6个处理(表2),4次重复,其中磷、钾肥全部为基肥,施用量均为5 kg/667m²。

1.4 项目测定

田间试验结束时,每个处理随机采取植株样品,其中部分鲜样用于分析硝酸盐、维生素C和可溶性糖的含量;部分鲜样被杀青、烘干,制样后备用。土壤样品按照

第一作者简介:李顺江(1976-),男,山东青岛人,博士,副研究员,现主要从事农业面源污染防治及土壤重金属污染修复等研究工作。E-mail:shunjiangli@163.com

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2012BAD15B01);北京市农林科学院青年科研基金资助项目(QN201103);北京市优秀人才资助项目(2010D002020000004)。

收稿日期:2013-07-11

表 2 田间试验肥源设计

Table 2 Field test processing settings

处理	施肥标准
CK 对照	无任何施肥
N1 过量施肥	21 kg N/667m ² , 常规施肥量的 1 倍, 以 N 折纯量计, 磷、钾底肥
N2 常规施肥	14 kg N/667m ² , 农户习惯施肥量, 磷、钾底肥
N3 减量施肥	7 kg N/667m ² , 常规施肥量的一半, 以 N 折纯量计, 磷、钾底肥
N4 有机肥+P、K 肥	商品有机肥 700 kg/667m ² , 以 N 折纯量计, 磷、钾底肥
N5 有机肥+化肥	商品有机肥 350 kg/667m ² , 7 kg N/667m ² , 以 N 折纯量计, 磷、钾底肥
N6 纯有机肥	纯施有机肥, 700 kg/667m ²

不同处理分别在试验前后多点混合法分层采集, 土样风干后磨细备用。相关指标的分析均使用常规分析方法^[15], 方法、技术成熟。

1.5 数据分析

试验数据均采用 Microsoft Excel 及 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对白菜中硝酸盐含量的影响

硝酸盐含量的高低是衡量蔬菜品质的重要指标之一。从表 3 可以看出, 过量、常规和减量施肥这 3 个化肥处理下白菜中硝酸盐含量明显高于对照和其它处理, 分别比对照高出 57.39%、56.43% 和 32.28%, 随着化学氮肥施用量的增加, 白菜中硝酸盐含量也呈增加趋势, 过量施肥、常规施肥条件下白菜中硝酸盐含量与对照的差异显著 ($P < 0.05$)。说明增施化学氮肥, 可导致蔬菜中硝酸盐含量升高, 且随着化肥施用量的增加, 白菜中硝酸盐含量也呈增加趋势, 这与白菜中硝酸盐含量和施氮量呈正相关的研究结果吻合^[16]。有机肥处理下白菜中硝酸盐含量比化学氮肥处理下的明显偏低, 可见有机肥的投入可以有效控制蔬菜中硝酸盐的含量, 这与有机肥能促进土壤反硝化过程, 从而有效的降低土壤中硝态氮含量, 减少了蔬菜对硝态氮的吸收关系密切^[17]。另外, 对比纯有机肥与有机肥+磷钾肥 2 个处理可以看出, 配施磷钾肥的处理, 蔬菜中硝酸盐含量呈小幅下降的趋势, 说明增施磷钾肥或者说是平衡施肥, 可以降低白菜中硝酸盐含量。

2.2 不同施肥处理对白菜维生素 C 含量的影响

从表 3 可以看出, 有机肥处理(纯有机肥、有机肥+磷钾肥和有机肥+化学氮肥)下白菜中维生素 C 含量比化学氮肥处理(过量、常规和减量施肥)下的明显偏高, 其中, 纯有机肥处理下白菜中维生素 C 含量显著高于常规施肥处理 ($P < 0.05$), 说明有机肥的施用有利于提高白菜中维生素 C 的含量。与对照相比, 单独施用化学氮肥的处理降低了蔬菜中维生素 C 的含量。有机肥+化学氮肥处理, 配施磷钾肥为底肥, 可有效提高白菜中维

生素 C 含量, 可见平衡施肥也能影响到蔬菜体内维生素 C 含量的变化。纯有机肥处理下白菜中维生素 C 含量最高, 这与有机肥可以有效改善土壤结构、改良土壤微环境、促进蔬菜对养分的平衡吸收与利用、有利于大白菜中维生素 C 的合成有关。

2.3 不同施肥处理对白菜中可溶性糖含量的影响

从表 3 还可以看出, 白菜中可溶性糖含量变化规律与白菜中维生素 C 含量变化规律大致相同, 纯化学氮肥处理下白菜中可溶性糖含量明显低于有机肥相关的 3 个处理。3 个有机肥处理下可溶性糖含量平均比化学氮肥处理下的高出 11%。说明, 与施用化学氮肥对比, 施用有机肥可有效提高蔬菜中可溶性糖的含量, 从而提高蔬菜的品质。

表 3 不同施肥处理对白菜中硝酸盐、维生素 C 和可溶性糖含量的影响

Table 3 Effect of different fertilizer treatments on the nitrate, VC and soluble sugar content of Chinese cabbage

处理	硝酸盐含量 /mg · kg ⁻¹	维生素 C 含量 /mg · (100g) ⁻¹ FW	可溶性糖含量 /%
对照	1 356.89 ± 182.03	35.73 ± 1.09	2.26 ± 0.12
过量施肥	2 135.67 ± 51.79 *	33.78 ± 3.27	1.93 ± 0.16
常规施肥	2 122.55 ± 126.07 *	31.43 ± 1.16 ^a	1.99 ± 0.12
减量施肥	1 794.68 ± 213.88	32.80 ± 2.50	1.81 ± 0.09
有机肥+磷钾肥	1 433.64 ± 204.79	33.68 ± 2.38	2.05 ± 0.15
有机肥+化肥	1 658.63 ± 57.90	36.23 ± 1.54	2.07 ± 0.20
纯有机肥	1 488.25 ± 494.07	40.00 ± 5.16 ^{ab}	2.23 ± 0.20

注: * : 过量施肥、常规施肥条件下白菜中硝酸盐含量与对照相比, 差异达到显著水平, $P < 0.05$ 。ab: 纯有机肥处理与常规施肥处理下白菜中维生素 C 含量对比, 差异达到显著水平, $P < 0.05$ 。

2.4 不同施肥处理对白菜中全氮含量的影响

由图 1 可以看出, 与对照相比, 减量施肥和有机肥处理下白菜中全氮含量分别提高 23.1% 和 20.2%, 具有显著差异 ($P < 0.05$), 且明显高于其它处理。由图 2 可以看出, 有机肥和减量施肥处理下, 白菜产量偏低, 这可能是由于供肥不足或肥效缓慢的原因, 为了吸收充足的养分, 反而促进了该处理下白菜根系的生长, 从而增加了该处理下白菜对氮素的吸收利用。而过量的化肥施用, 与对照相比并未显著提高白菜对氮素的吸收量, 这一结果可能导致土壤中氮素的过剩、富集、甚至流失, 造成对农业生态环境的安全隐患。可见, 过度的追求减量施肥或施用有机肥可能会导致作物生长关键时期供肥不足, 严重的会影响到蔬菜的产量。同时, 从该结果中也可以看出, 过量的氮肥投入, 并未有效促进白菜对氮素的吸收利用, 不仅无益于产量提高, 而且造成了资源浪费, 甚至会威胁到地下水、地表水环境质量安全。可见, 有机肥与化肥的合理配施, 既保证了作物关键时期的需肥供求, 又能保证长期的肥效供应, 有利于提高作物产量, 也有利于农业生态环境的保护。

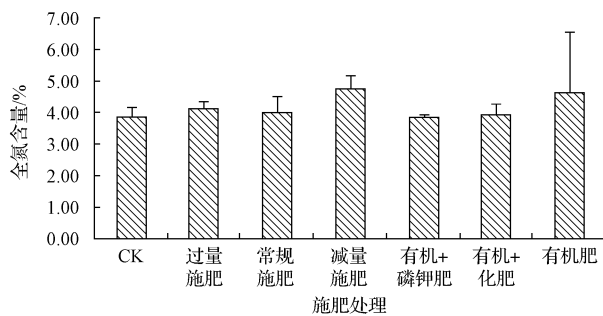


图1 不同施肥处理对白菜中全氮含量的影响

Fig.1 Effect of different fertilizer treatments on total-N content of Chinese cabbage

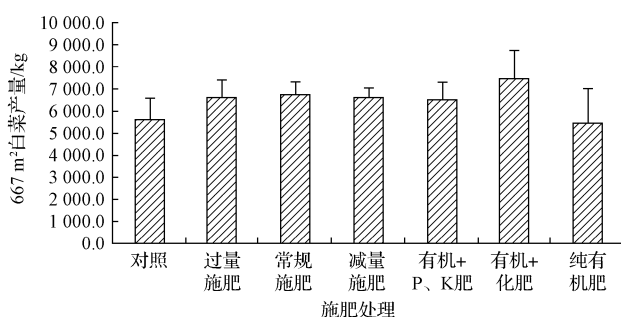


图2 不同施肥处理对白菜产量的影响

Fig.2 Effect of different fertilizer treatments on the yield of Chinese cabbage

2.5 不同施肥处理对土壤氮素含量影响

表4是收获后不同施肥处理下,不同土层土壤中全氮含量的变化情况。由表4可知,土壤中全氮含量在表

表4 不同施肥处理对土壤中全氮含量的影响

Table 4 Effect of different fertilizer treatments on total-N content of soil

土层 /cm	CK	过量施肥	常规施肥	减量施肥	有机肥+磷钾肥	有机+化肥	有机肥
0~20	0.82	0.85	0.87	0.75	0.86	0.81	0.80
20~50	0.50	0.51	0.49	0.60	0.47	0.55	0.55
50~70	0.56	0.54	0.55	0.58	0.55	0.55	0.55
70~100	0.49	0.50	0.51	0.54	0.54	0.52	0.61

表5 不同施肥处理对土壤硝态氮含量的影响

Table 5 Effect of different fertilizer treatments on the nitric nitrogen of soil

土层 /cm	CK	过量施肥	常规施肥	减量施肥	有机肥+磷钾肥	有机+化肥	有机肥
0~20	6.21	14.13	11.57	12.84	7.57	11.05	6.50
20~50	2.43	9.54	11.28	8.42	4.05	3.49	2.91
50~70	2.27	7.63	8.90	6.66	2.92	2.29	1.38
70~100	1.37	4.35	5.26	4.17	1.74	2.21	1.24

3 结论与讨论

不同施肥方式对土壤中氮素的迁移转化以及蔬菜品质都会产生很大的影响。该研究结果表明,化学氮肥的不合理施用会导致表层土壤全氮含量的累积,不同土层硝态氮含量也会显著提高,这增加了氮素向下淋溶、

层土中最高,第2层(20 cm以下土层)开始总氮含量出现锐减。不同处理间比较可以看出,过量施肥和常规施肥处理因施肥量偏大,导致表层土壤全氮出现累积;减量施肥、有机肥及对照处理下,表层土全氮含量偏高可能是由于施肥不合理,导致作物生长关键时期供肥不足,造成作物总体生物量下降而导致氮素在表层土的富集。有机肥肥效缓慢可能会影响作物生长关键时期供肥不足,同样导致表层土中全氮含量的富集。

由表5可以看出,与对照相比,过量施肥、常规施肥和减量施肥处理下耕层(0~20 cm)土壤硝态氮明显出现累积,而且导致硝态氮显著向土壤剖面的下层淋溶。而有机肥+磷钾肥、有机肥+化肥和纯施有机肥处理下耕层土壤硝态氮无明显累积,土壤剖面中硝态氮含量与对照相比也无明显变化。表层土壤(0~20 cm)是蔬菜根系主要分布、活动的土层,对比表3与表5可以明显看出,随着化学氮肥投入量的增加,表层土硝态氮含量也呈现递增趋势,而蔬菜中硝酸盐的含量也呈现正相关关系。而且3个化学氮肥处理与其它处理比较可以看出,硝态氮有向下淋溶的趋势。除去减量和过量施肥,各处理施肥量是以氮折纯量相同基础上施用,有机肥+磷钾肥、有机肥+化学氮肥、纯有机肥处理下第2层及以下的土层中,与对照硝态氮含量并未出现显著变化。可见,过量施用化学氮肥,不仅造成土壤中硝态氮含量升高,威胁水环境安全,同时也影响到蔬菜质量、品质安全。而有机肥的配施可有效控制土壤中各土层硝态氮的含量变化,有效控制蔬菜的品质和质量。

流失,污染地下水的风险。因此,有机肥的施用,减少了表层土壤中硝态氮的富集,降低了硝态氮向下淋溶的风险。

施肥是导致蔬菜品质变化的主要原因之一。该研究结果表明,过量的施用化学氮肥,并未有效提高蔬菜

对氮素的吸收利用,而是导致蔬菜中硝酸盐含量显著升高。减量施肥、有机肥配施化肥和单施有机肥处理下,白菜中全氮含量明显增加,而硝态氮含量无显著变化。研究表明,化学氮肥的利用率随着化学氮肥施用量的增加而降低,一定施肥量范围内,作物品质及产量与施肥量呈正相关的关系,但并非简单的线性关系,根据肥效和作物生长特点,只有合理施肥方能有效提高肥料利用率,避免资源浪费和环境污染^[18]。有机肥的施用可明显降低蔬菜中硝酸盐累积量,李战国的^[19]研究表明,有机肥与化肥配施可明显降低蔬菜中硝酸盐含量,同时能提高维生素C和可溶性糖的含量。该研究结果也表明,有机肥处理下白菜中维生素C和可溶性糖含量明显高于化肥处理,提高了白菜品质。有机肥的特点是肥效时间长,但肥效缓慢,可能会造成作物生长关键时期的供肥不足,从而影响作物的正常生长^[20-22]。可见,有机肥、化肥配施可有效缓解施肥对环境及作物品质造成的不利影响,促进作物生长,防止氮素的淋溶损失,既避免资源浪费,又保护生态环境。

参考文献

- [1] 赵月萍,王洋洋,霍晓婷,等.不同有机肥施用量对空心菜的产量及品质的影响[J].中国农学通报,2006,22(8):313-316.
- [2] 肖厚军,阎献芳,彭刚,等.贵阳市蔬菜硝酸盐含量状况与氮磷钾养分的关系[J].农业环境保护,2001(1):449-451.
- [3] 许宇飞.沈阳市主要农产品污染调查及防治途径的研究[J].农业环境保护,1996(1):32-35.
- [4] 张澈茗,江丽华,闫华,等.济南市售蔬菜硝酸盐含量及施肥影响[J].土壤肥料,1997(5):22-24.
- [5] 刘景春,陈彦卿,晋宏.国内蔬菜生产中的硝酸盐污染(综述)[J].福建农业学报,2003,18(1):59-63.
- [6] White J W. Relative significance of dietary source of nitrate and nitrite [J]. J Agric Food Chem, 1975, 23(5): 886-891.

- [7] Jenkinson D S. An introduction to the global nitrogen cycle [J]. Soil Use and Management, 1990(6): 56-61.
- [8] Ju X T, Liu X J, Zhang F S, et al. Nitrogen fertilization, soil nitrate accumulation, and policy recommendations [J]. Ambio, 2004, 3(6): 300-305.
- [9] Chen Q, Zhang X S, Zhang H Y, et al. Evaluation of current fertilizer practice and soil fertility in vegetable production in the Beijing region [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2004, 69(1): 51-58.
- [10] 郭文龙,党菊香,吕家珑,等.不同年限蔬菜大棚土壤性质演变与施肥问题的研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):85-89.
- [11] 黄东风,王果,李卫华,等.不同施肥模式对蔬菜产量、硝酸盐含量及菜地氮磷流失的影响[J].水土保持学报,2008,22(5):5-10.
- [12] 朱兆良,孙波.中国农业面源污染现状、原因和控制对策[J].中国农学通报,2008,24(增刊):1-3.
- [13] 汤丽玲,陈清,李晓林,等.日光温室秋冬茬番茄氮素供应目标值的研究[J].植物营养与肥料学报,2005,11(2):230-235.
- [14] 谢建昌,陈际型.菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M].南京:河海大学出版社,1997:289-293.
- [15] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [16] 张建丽.氮磷钾平衡施用对大白菜产量和品质的影响[J].中国食物与营养,2006(10):15-18.
- [17] 李会和,王正银.施肥对叶类蔬菜硝酸盐含量的影响[J].磷肥与复肥,2001,16(3):65-67.
- [18] 何飞飞,任涛,陈清,等.日光温室蔬菜的氮素平衡及施肥调控潜力分析[J].植物营养与肥料学报,2008,11(4):692-699.
- [19] 李战国.有机N与无机N配比施肥对大白菜产量和硝酸盐含量的影响研究[J].安徽农业科学,2008,36(6):2384-2385.
- [20] 熊国华,林咸永,章永松,等.施用有机肥对蔬菜保护地土壤环境质量影响的研究进展[J].科技通报,2005,21(1):84-90.
- [21] 冷延慧,汪景宽,李双昇.长期施肥对黑土团聚体分布和碳储量变化的影响[J].生态学杂志,2008,27(12):2171-2177.
- [22] 吴萍萍,刘金剑,周毅,等.长期不同施肥制度对红壤稻田肥料利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(2):277-283.

Effects of Different Fertilizers on Quality of Chinese Cabbage and Soil Nitrogen Content

LI Shun-jiang¹, ZHAO Tong-ke¹, ZHANG Lin-wu², AN Zhi-zhuang¹, MA Mao-ting¹

(1. Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agriculture and Forest Science, Beijing 100097; 2. Miyun County Agriculture Service Center, Beijing 101500)

Abstract: A field plot experiment was carried out to study the nitrate nitrogen content of Chinese cabbage and the nitrogen content of the soil under different fertilizer treatments. The results indicated that excessive fertilization could increase the nitrogen content in topsoil, results in the eluviations of the nitrogen in the soil, and improve the risk of nitrate polluted ground water. The nitrate content of Chinese cabbage under the excessive fertilization, normal fertilization and reduction fertilizer treatment increased 57.39%, 56.43% and 32.28% ($P < 0.05$) respectively than that in the controlled treatment. The content of VC and soluble sugar under the organic fertilizer treatments was higher than that under the chemical fertilizer treatment, and the nitrate content was also at the low level. The treatment of combination of chemical fertilizer and organic manure could improve the quality of the Chinese cabbage, and it also could prevent the soil nitrogen from eluviation.

Key words: fertilization modes; soil fertility; quality of vegetable