

降低韭菜硝酸盐含量的农艺措施研究

张桂海, 王明耀, 王学颖, 崔绍玉, 温素萍

(廊坊市农林科学院, 河北 廊坊 065000)

摘要:以氮、磷肥料合理施用及有效酸比, 研究降低韭菜硝酸盐含量的农艺措施。结果表明: 春季3~4月份, 韭菜追施氮素化肥以纯氮5 kg/667 m²时, 产品中硝酸盐含量符合国家标准。5~9月份单独追施氮素化肥, 纯氮量0~20 kg/667 m²范围内, 硝酸盐累积量随追施数量的增加而增加; 单独施用磷肥, 当追施过磷酸钙数量<61.88 kg/667 m²时, 韭菜叶片中硝酸盐累积量随着施用磷肥量的增加而减少。在低肥力土壤, 以纯N量20 kg/667 m²的氮素化肥与P₂O₅量4.6 kg/667 m²的磷肥充分混合后沟施, 韭菜的产量高且硝酸盐累积量低。

关键词: 韭菜; 硝酸盐累积; 农艺措施

中图分类号: S 633.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)12-0042-04

我国北方地区利用日光温室、塑料拱棚、改良阳畦、风障等保护地设施栽培与露地生产相结合, 实现了韭菜的周年供应。但新的问题也随之而显现, 氮素肥料的盲目施用, 造成硝酸盐累积, 其问题亟待解决。

White等人指出, 人体摄入的硝酸盐有81.2%来自蔬菜^[1]。硝酸盐本身毒性很小, 对人畜无直接危害。但蔬菜中的硝酸盐可被还原成亚硝酸盐, 使血液的载氧能力下降, 导致高铁血红蛋白症。另外, 亚硝酸盐还可与人体摄取的其它食品中所含的次级胺进行反应, 在胃腔中pH值为3时形成强有力的致癌物—亚硝胺, 从而诱发消化系统的癌变^[2]。

有研究证实, 合理施肥能降低蔬菜中硝酸盐累积量, 偏施和过量施用氮素化肥是造成蔬菜硝酸盐累积的主要原因。硝酸盐累积量随氮素化肥追施数量的增加而增加, 施氮导致了硝酸盐的成倍增长。张漱茗等研究显示, 芹菜茎秆中的硝酸盐含量当施氮量由150 kg/hm²增加到225 kg/hm²时提高了12%^[3], 单次施肥以1 hm²用氮量不超过375 kg为上限。基于土壤中硝态氮过多, 导致硝酸盐累积加重的缘故^[4], 目前一般采取控制氮素的追施数量、特别是硝态氮的追施数量, 倡导氮、磷、钾按合理配比施肥, 采用双氰胺和氮吡啉等硝化抑制剂来抑制土壤硝化等方法, 来降低蔬菜体内硝酸盐的累积^[5-8]。在我国北方地区, 成土母质含钾丰富, 目前的生产条件下, 应注重调整氮、磷比例^[9]。依据生产田的地

力状况, 将追施的氮素化肥和磷肥进行有针对性地合理配比, 可实现蔬菜生产优质、安全、高效的目标。

1 材料与方法

从氮、磷素肥料合理使用、氮、磷肥料配施等3个方面展开, 筛选适合绝大多数韭菜产区应用的实用农艺措施。试验地块的土壤检测, 检测结果碱解氮N(18.53 mg/kg), 有效磷P₂O₅(9.08 mg/kg), 速效钾K₂O(68.925 mg/kg), pH 8.7, 电导率0.176 mS/cm, 盐(0.00375%), 有机质(1.2595%), 试验地土壤为低肥力土壤。

1.1 氮素肥料追施数量对韭菜硝酸盐含量和产量影响

韭菜品种为“平韭2号”, 2006年夏季播种育苗, 2007年5月上旬定植, 行距30 cm、穴距10 cm(每穴6株)。所用的氮素肥料为含氮量46%尿素, 肥料试验之前齐地面收割韭菜, 小区面积4.2 m², 小区内所施用的尿素数量分别为0、68.64、136.64、205.28、273.92、341.92、410.56、479.16 g, 8个追施数量处理, 施肥方法为沟施(在2行韭菜中间开沟, 沟深5~6 cm), 小区随机排列, 3次重复。2008年4月8日施肥, 2008年5月8日收割后当天测定不同施肥处理的韭菜产量和硝酸盐含量; 2008年5月9日施肥, 2008年6月9日收割当天测定不同施肥处理的韭菜硝酸盐含量和产量。

1.2 不同磷肥追施数量对韭菜硝酸盐含量和产量影响

试验区栽植品种“平韭2号”, 2006年夏季播种育苗, 2007年5月上旬定植, 行距30 cm、穴距10 cm(每穴6株)。施肥试验于2008年实施, 设2个时间处理(2008年4月8日施肥, 5月8日收割后分别测定其硝酸盐含量; 5月9日施肥, 6月12日收割后分别测定其硝酸盐含量)和8个施肥处理, 施用的磷肥选用P₂O₅达16%的过磷酸钙, 施肥方法为沟施(在2行韭菜中间开沟, 沟深5~6 cm), 小区面积4.2 m², 小区内过磷酸钙的施用量分别

第一作者简介: 张桂海(1971-), 男, 河北廊坊人, 硕士, 高级农艺师, 研究方向为蔬菜无公害栽培和遗传育种。E-mail: zhangguihai8@126.com。

基金项目: 河北省科技支撑资助项目(06220110D-2-5)。

收稿日期: 2009-06-20

为 0、64、84、129、92、194、84、257、56、324、68、389、64、456.56 g，小区随机排列，3 次重复。

1.3 韭菜追施氮、磷配比的筛选

从氮、磷肥料合理搭配入手，以提高产量和降低硝酸盐含量为目标进行试验，目的筛选出组合优势显著的配方。试验设 3 个处理，分别是 N : P₂O₅ 分别是 1 : 0.23、1 : 0.33、1 : 0.47，3 次重复，随机排列。试验方案是：氮素肥料选用尿素（含 N 量 46%），磷肥采用 P₂O₅ 达 16% 的过磷酸钙，试验选在 2 a 生“平韭 2 号”露地韭菜生产田中进行，以没有追施氮磷肥料、其它管理措施和条件完全一致的小区为对照，试验共设置 8 个氮磷肥配方处理，随机排列，3 次重复。2008 年 7 月 8 日施肥，8 月 8 日测定韭菜硝酸盐含量和产量。试验设 27 个小区，小区面积 4.2 m²。

2 结果与分析

2.1 氮素肥料追施数量对韭菜硝酸盐含量及产量影响

2.1.1 氮素肥料追施数量对韭菜硝酸盐含量的影响

2008 年 5 月 8 日测定结果见表 1。对表 1 数据进行相关分析，4 月韭菜产品中硝酸盐的含量与施氮量的关系见图 1。由图 1 可见，韭菜栽培管理中氮素肥料追施数量

与韭菜中的硝酸盐含量呈现正相关的关系，表现为施肥量大，韭菜硝酸盐含量高。纯氮追施数量为 x 与 5 月份韭菜中硝酸盐含量 y 之间的线性回归分析，5 月份的韭菜中硝酸盐和施氮量的关系系数为 0.9205，为正相关关系，线性回归的模型 $F=33.29$ 、 $P=0.0012$ ，回归系数检验 $t=5.77$ 、 $P=0.0012$ ，达极显著水平。回归方程为 $y=1\,158.7+27.722x$ 。由线变量 x 线性说明的 y 的变异，占 y 总变异的 84.73%。2008 年 6 月 9 日测定不同氮肥处理的韭菜硝酸盐含量如表 2。对表 2 数据进行分析，氮素肥料追施数量与韭菜中的硝酸盐含量呈现正相关的关系，施用的纯氮数量 x 和韭菜中硝酸盐含量 y 的线性回归关系， y 和 x 的相关关系为 0.8409，两者之间为正相关，线性回归的模型检验 $F=14.48$ 、 $P=0.0089$ ，回归系数检验 $t=3.81$ 、 $P=0.0089$ ，达极显著水平。 y 与 x 之间存在极显著关系。回归方程为 $y=1\,637.2+32.776x$ 。由线变量 x 线性说明的 y 的变异，占 y 总变异的 70.70%。为进一步验证上述关系的可重复，在 2008 年 8~11 月继续做了相关试验，结果与 4~6 月间的线性关系变化相一致。

表 1 4 月氮肥追施对韭菜硝酸盐含量影响

处理 Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8
纯氮追施数量 The quantity of topdressing pure nitrogen/kg · (667m ²) ⁻¹	0	5	10	15	20	25	30	35
硝酸盐含量 Nitrate content /mg · kg ⁻¹	920.3	1 312	1 539	1 722	1 882	1 883	1 896.0	1 996

注：施肥时间：2008 年 4 月 8 日；硝酸盐测定时间：2008 年 5 月 8 日。
Note: Fertilization time: Apri 8 2008 nitrate determination time: May 8 2008.

表 2 5 月氮肥追施对韭菜硝酸盐含量影响

处理 Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8
纯氮追施数量 The quantity of topdressing pure nitrogen/kg · (667m ²) ⁻¹	0	5	10	15	20	25	30	35
硝酸盐含量 Nitrate content/mg · kg ⁻¹	1 123	2 056	2 148	2 339	2 441	2 446	2 510	2 623

注：施肥时间：2008 年 5 月 9 日；硝酸盐测定时间：2008 年 6 月 12 日。
Note: Fertilization time: Apri 9 2008 nitrate determination June 12 2008.

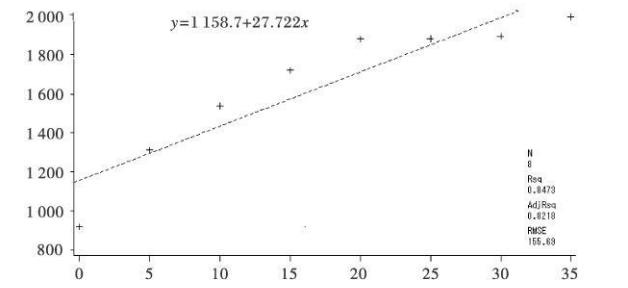


图 1 4 月份韭菜中硝酸盐的含量随施氮量增加的线性关系
Fig. 1 Linear relationship of the chinese chive nitrate content flowing with the increasing nitrogen content in April

2.1.2 氮肥不同用量对产量的影响 试验结果如表 3。氮素化肥追施数量多少对韭菜产量高低的影响十分显著。采用 Sas 9.0 软件进行分析，韭菜产量与氮素化肥追施数量之间呈二次曲线相关性，二次曲线方程为： $y=1\,544.198+15.130x-0.031x^2$ 。

综合产量与硝酸盐二者之间的关系，以 43.50 kg/667m² 与 54.30 kg/667m² 为标准进行追施尿素，对韭菜产品中硝酸盐含量的影响几乎相同，但韭菜产量以施用尿素 43.50 kg/667 m² 时产量最高，即施用纯氮量为 20 kg/667m² 时韭菜产量最高。

表 3		氮肥追施对韭菜产量影响							
Table 3		Topdressing nitrogen to the the yield of the Chinese chive							
试验小区 The district of experimental		1	2	3	4	5	6	7	8
纯氮量 Pure nitrogen/kg · (667m ²) ⁻¹		0	5	10	15	20	25	30	35
5 月份小区产量 Output of the district in Ma/ g		1 029.2	1 145.6	1 314.4	1 264.8	1 884.8	1 504.1	1 429.7	1 066.4
6 月份小区产量 Output of the district in Jun/ g		2 275.4	3 831.6	4 389.6	4 237.1	6 333.9	5 022	3 075.2	2 368.4
平均产量 Average output/ g		1 652a	2 488a	2 852a	2 751a	4 109b	3 263b	2 252a	1 717a

注 同行数据进行差异显著性测验 数字后小写英文字母不同表示差异显著 英文字母相同者表示差异不显著, 表 6 同。
Note Significant differences among treatment in the same column are indicated by different letter.

2.2 不同磷肥追施数量对韭菜硝酸盐含量及产量影响

2.2.1 不同磷肥追施数量对韭菜硝酸盐含量的影响

结果见表 4.5。对表 4 数据进行相关分析, 线性回归分析结果表明, 韭菜中硝酸盐的含量(y)和不同的施 P 量(x)的相关关系为 0.331, 线性回归的模型检验: $F=0.74, P=0.4232$; 回归系数的检验: $t=0.86, P=0.4232$, 不显著。表明 y 与 x 之间关系不显著, 回归方程为 $y=969.45+28.081x$ 。由线变量 x 线性说明 y 的变异, 占 y 总变异的 10.96%, 磷肥的施用对韭菜产品中硝酸盐的含量有一定的关系, 但不显著。对表 5 数据进行相关分析, 线性回归分析表明, 6 月份韭菜硝酸盐的含量(y)和

不同的施氮量(x)的相关关系为 0.1970, 线性回归的模型检验: $F=2.10, P=0.0089$, 回归系数的检验: $t=1.45, P=0.1970$, 仍为不显著, 表明 y 与 x 之间关系不显著, 回归方程为 $y=1\,581.9+49.61x$ 。由线变量 x 线性说明的 y 的变异, 只是占 y 总变异的 25.97%。随施用磷肥量的增加, 韭菜植株叶片中所积累的硝酸盐含量有减少的趋向, 但是增施过磷酸钙到 61.88 kg/667m² (P₂O₅ 为 9.9 kg/667m²) 后, 硝酸盐的含量又有所增加, 但与对照相比其硝酸盐含量还是相对较高, 可能是磷肥的施用促进了氮素化肥的吸收利用; 而分别在 5、6 月的测定结果表明, 温度升高硝酸盐的含量增加。

表 4		4 月磷肥追施对韭菜硝酸盐含量影响							
Table 4		Topdressing superphosphate fertilizer to the chinese chieve of nitrate content in April							
处理 Treatment		1	2	3	4	5	6	7	8
P ₂ O ₅ 追施数量									
The quantity of topdressing P ₂ O ₅ /kg · (667m ²) ⁻¹		0	1.65	3.3	4.95	6.6	8.25	9.9	11.6
硝酸盐含量									
Nitrate content/mg · kg ⁻¹		323.4	1 396	1 348	1 296	1 256	1 178	1 049	1 208

注 施肥时间 2008 年 4 月 8 日, 硝酸盐测定时间 2008 年 5 月 8 日。
Note Fertilization time; Aroi 8 2008; nitrate determination time; May 8 2008.

表 5		5 月磷肥追施对韭菜硝酸盐含量影响							
Table 5		Topdressing superphosphate fertilizer to the chinese chieve of nitrate content in May							
处理 Treatment		1	2	3	4	5	6	7	8
P ₂ O ₅ 追施数量									
The quantity of topdressing P ₂ O ₅ /kg · (667m ²) ⁻¹		0	1.65	3.3	4.95	6.6	8.25	9.9	11.6
硝酸盐含量									
Nitrate content/mg · kg ⁻¹		1 123	2 068	2 034	1 958	1 838	1 746	1 684	2 511

注 施肥时间 2008 年 5 月 9 日, 硝酸盐测定时间 2008 年 6 月 12 日。
Note Fertilization time; Apri 9 2008; nitrate determination June 12 2008.

2.2.2 不同磷肥追施数量对韭菜产量的影响 不同磷肥追施数量对韭菜产量的影响, 与硝酸盐试验同步, 同时进行测产(见表 6)。方差分析得知, 不同磷肥追施数量对韭菜产量影响的差异并不显著。露地韭菜磷肥追施数量与韭菜产量的关系: $y=1\,379.341+2.404x-0.003x^2$ 。

2.3 韭菜追施氮磷肥料配比的筛选

2008 年 8 月 8 日, 测定不同氮、磷肥料配比生产出的韭菜产品中硝酸盐含量和产量, 结果见表 7。Sas 9.0 软件进行数据分析, 试验小区内韭菜追施数量达 274 g 尿素(折合纯氮 20 kg/667m²) 时, 供试的不同配比氮磷混合肥对韭菜产量影响的二次关系式为 $y=-8.623+0.006x-7.4e-0.007x^2$; 尿素追施量为 342 g(折合纯氮

为 25 kg/667m²) 时, 关系式为: $y=-5.038+0.003x-7.4e-0.008x^2$ 。在氮肥数量相同的情况下, 随着磷肥用量的不同, 韭菜产量和硝酸盐含量呈现出相应变化, 表明追肥一定要适度, 否则将事倍功半。
在低肥力的土壤上, 种植韭菜, 不同配比的氮、磷追施肥中, 以追施氮(N): 磷(P₂O₅)=1: 0.23 的韭菜中硝酸盐含量最低, 产量最高, 为最佳配方, 因此建议在韭菜的生产中, 应按照纯氮 20 kg/667m² 与 P₂O₅ 4.6 kg/667m² 进行混配后采取沟施法适时追施肥料, 不仅对韭菜产量提高的效果好, 而且对韭菜中硝酸盐的降低、提高韭菜质量的效果也好。

表 6 磷肥追施对韭菜产量影响

Table 6	Topdressing superphosphate fertilizer to the the yield of the Chinese chive							
区号	1	2	3	4	5	6	7	8
P ₂ O ₅ / kg · (666. 7m ²) ⁻¹	0	3. 3	4. 6	5. 75	6. 6	8. 25	9. 2	11. 5
2008—5—09 产量 Output/ g	1 001. 9a	815. 92a	675. 8a	1 083. 8a	1 277. 2a	1 426a	1 271a	1 062. 6a
2008—6—12 产量 Output/ g	2 455. 2b	1 795. 5b	1 488b	2 405. 6b	2 901. 6b	2 638. 7b	2 356b	2 046b

表 7 氮磷不同配比追施对韭菜产量和硝酸盐影响

Table 7	Topdressing the different proportion of nitrogen and superphosphate influencing the Chinese chive output and nitrate concent								
处理 Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9
试验处理(N ∶ P ₂ O ₅) Treatment of test (N ∶ P ₂ O ₅)	(0 ∶ 0)	1 ∶ 0	1 ∶ 0. 23	1 ∶ 0. 33	1 ∶ 0. 47	1 ∶ 0. 23	1 ∶ 0. 33	1 ∶ 0. 47	1 ∶ 0
尿素 ∶ 过磷酸钙 Urea ∶ Calciumsuperphosphate	0 ∶ 0	274 ∶ 0	274 ∶ 181	274 ∶ 260	274 ∶ 370	342 ∶ 227	342 ∶ 325	342 ∶ 462	342 ∶ 0
小区产量 Output of the district/ g	2 053	3 385	4 125	3 775	3 264	3 606	2 620	3 569	2 752
硝酸盐含量 Nitrate content/ mg · kg ⁻¹	2 190	2 972	2 395	3 477	2 707	2 402	3 104	2 485	2 986

3 小结

韭菜在追肥时, 采用沟施的方式, 单独追施尿素以 10. 9 kg/ 667m² 为好, 硝酸盐含量符合标准, 但在 5 ~ 9 月不宜单独追肥。随氮肥用量的增加, 硝酸盐的含量随之增加, 在纯 N 用量为 20 ~ 25 kg/ 667m² 的区间上, 硝酸盐的含量相差无几; 随施用磷肥量的增加, 韭菜植株叶片中所积累的硝酸盐的量有减少的趋向, 但是增施过磷酸钙到 61. 88 kg/ 667 m² 之后, 硝酸盐的含量又有增加, 磷肥的施用不总是降低硝酸盐的含量, 与不施磷肥相比硝酸盐含量高。在 N、P 配比施肥中, 在低肥力的土壤上, 以 N ∶ P₂O₅ = 1 ∶ 0. 23 比例硝酸盐的含量最低, 而产量最高, 低肥力的土壤上生产韭菜, 每 667 m² 用 20 kg 纯 N 与 4. 6 kg P₂O₅ 进行混配后沟施, 无论在韭菜产量与降低硝酸盐含量上效果应最好。

参考文献

[1] White J W J. Relative significance of dietarg source of nitrate and nitrite[J]. J Agric Food Chem, 1975, 23(5): 886-891.
[2] 汪李平, 向长萍, 王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展[上][J]. 长江蔬菜, 2000(4): 1-4.
[3] 张淑茗, 汪丽华, 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.
[4] 王庆, 王丽, 赫崇岩, 等. 过量氮素化肥对不同蔬菜中硝酸盐积累的影响及调控措施研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(1): 46-49.
[5] 董燕, 王正银, 丁华平, 等. 平衡施肥对生菜产量和品质的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(6): 740-744.
[6] 王正银, 李会合, 李宝珍, 等. 氮素化肥、土壤肥力和采收期对小白菜体内硝酸盐含量的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(9): 1057-1064.
[7] 刘明月. 氮磷钾施追数量与芹菜硝酸盐积累和产量的相关性[J]. 中国蔬菜, 1998(6): 4-7.
[8] 杨丽娟, 张玉龙. 保护地菜田土壤硝酸盐积累及其调控措施的研究进展[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 66-69.
[9] 浙江农业大学. 植物营养与肥料[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.

Studies on the Agronomic Measures of Reducing the Nitrate Content of the Chinese chive

ZHANG Gui-hai, WANG Ming-yao, WANG Xue-ying, CUI Shao-yu, WEN Su-ping
(Langfang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Langfang, Hebei 065000, China)

Abstract: During March to April, when the nitrate content applied 5 kg/667m² the standard of country when. From May to september, the nitrate accumulation of nitrate increased with the encrease of fertilizer with. within the range of pure nitrogen 0 ~ 20 kg/ 667m² with the application of phosphate fertilizer lonely, when the quantity of superphosphate less than 61. 88 kg/ 667m², the nitrate accumulation descends following with the application of phosphate fertilizer increasing. In lower soil fertility fields, it had the best effect and highest yield with the lowest nitrate accumulation that applying pure N 20 kg/667m² and P₂O₅ phosphate 4. 6 kg/ 667m².

Key words: Chinese chive; Nitrate accumulation; Agronomic measures