

不同水氮处理对菠菜硝酸盐累积和土体硝态氮淋洗的影响

汤丽玲, 陈 清, 张宏彦, 李晓林

(中国农业大学植物营养系, 北京 100094)

摘 要: 利用土柱模拟方法, 研究了两种水分供应条件下的 5 种氮素水平对菠菜生长、植株叶柄硝酸盐累积及土体硝态氮淋洗的影响。结果表明, 低供水量抑制了菠菜的生长, 极大地限制了作物根系对氮素的吸收利用。而在水分供应量较高的条件下, 植株干重随氮肥用量的增加而增大, 同时体内硝酸盐含量也随之升高。土柱施氮(N)量达 1.33 g 时, 植株体内硝酸盐含量超过了 3 000 mg · kg⁻¹ 的蔬菜限量标准。

关键词: 水氮处理; 菠菜; 硝酸盐; 淋洗

中图分类号: S131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)05 – 0326 – 03

Effect of Different Water and Nitrogen Supply on Accumulation Nitrate in Spinach and NO₃⁻ – N Leaching in Soil

TANG Li-ling, CHEN Qing, ZHANG Hong-yan, LI Xiao-lin

(Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094 China)

Abstract: Studies on responses of spinach to different water and nitrogen levels in a column experiment showed that the treatment of low irrigation constrained spinach growth. However, the dry – weight of the plant and nitrate content in the youngest fully expanded petiole increased with the increase of nitrogen rate under relative high water given by irrigation. No risk of NO₃⁻ – N leaching occurred in soil bulk under this experiment condition.

Keywords: water and nitrogen supply; spinach; nitrate; leaching

大多数蔬菜作物的根系不发达, 属于浅根系作物, 对水肥的依赖程度较大田作物高, 因此经常性的灌溉和施肥对保证蔬菜的生长起到十分重要的作用, 但生产中频繁地灌溉和不合理的施肥不仅使水肥的利用率降低, 而且也会造成蔬菜品质下降、地下水硝酸盐含量超标^[1]。一些调查研究表明地下水硝态氮含量超标现象与氮肥的过量施用密切相关^[2], 施肥量、施肥方式等都会直接影响到硝态氮在土壤中的动态变化, 而土壤水分是影响硝态氮运移的一个重要因素。当灌溉量或降水量超过土壤田间持水量时, 未被作物吸收利用的硝态氮就会随水分逐渐向下移动, 淋出有效根区范围, 通过后期的进一步淋洗而污染地下水。饮水和蔬菜中的硝酸盐是人体从外界摄入硝酸盐的两大主要来源, 硝酸盐被摄入人体后, 在微生物的

作用下可转化成具有致癌作用的亚硝酸胺^[3]。因此, 硝酸盐污染问题已引起世界各国的普遍关注。本试验以土柱模拟北京市郊区新垦菜地的土壤条件, 通过对植株和土壤溶液硝态氮浓度变化的监测, 研究了不同灌水和施氮处理对菠菜硝酸盐累积和土体硝态氮迁移的影响。

1 材料与方法

本试验在中国农业大学温室进行。供试土壤采自北京市海淀区东北旺乡蔬菜试验地, 在田间分 0—30, 30—60, 60—100 cm 三层采土, 过 5 mm 筛后用于土柱模拟试验, 各层土壤基础理化性状如表 1。试验用土柱为高 1 m, 内径 18.5 cm 的 PVC 管, 以模拟土体硝态氮在土体内的迁移情况。装土时将三层土壤按田间层次依次装入 PVC 管中, 并保持与田间容重相同。供试氮肥为尿素, 含 N 量为 46%。供试菠菜品种为北京市区普遍种植的菠菜 18 号, 由北京市农科院蔬菜研究中心提供。

收稿日期: 2000 – 10 – 29

基金项目: 北京自然科学基金重点项目(6991004)和南京土壤所联合实验室课题(99122202)

作者简介: 汤丽玲(1975—), 女, 中国农业大学植物营养系硕士研究生。

表 1 供试土壤基础理化性状					
Table 1 Physical and chemical properties of the soil studied					
土层深度 /cm	有机质 /g · kg ⁻¹	容重 /t · m ⁻³	全氮 /g · kg ⁻¹	速效磷 /mg · kg ⁻¹	速效钾 /mg · kg ⁻¹
0—30	17. 1	1. 33	1. 14	51. 7	159. 43
30—60	7. 20	1. 45	1. 17	56. 9	95. 22
60—100	3. 50	1. 45	1. 10	50. 80	87. 20

试验共设置 5 个氮素水平和 2 种灌水处理,重复 4 次。5 个氮素处理的施氮(N)量分别为 0、50、150、300、500 kg · hm⁻²,折合每土柱施氮量分别为 0、0. 13、0. 40、0. 80、1. 33 g。以氮肥用量的 1/3 作基肥,装土时与 2—10 cm 土层的土壤混匀,另外 2/3 均分为两次追肥,分别在播种后第 27 d 和第 46 d 溶于水后浇施。2 种灌水处理分别为当 15 cm 深处土壤水势降至 -25 kPa 时,灌水至 0 kPa(W1);当 15 cm 深处土壤水势降至 -45 kPa 时,灌相当于该点土水势达到 0kPa 两倍的水(W2)。试验期间 W1 处理共灌水 145 mm,W2 处理共灌水 196 mm。土壤水势由中国科学院南京土壤所生产的微张力计指示。在 PVC 管的 30 cm、60 cm、90 cm 处设置土壤溶液取样孔,安装原位土壤溶液取样器,供提取土壤溶液。

1999 年 10 月 31 日播种,出苗后 15 d 开始进行水处理,并定期收集土壤溶液。

菠菜硝酸盐的测定部位选择在对硝酸盐比较敏感的最新展开叶的叶柄。其中的硝酸盐含量采用紫外分光光度法^[4]测定。余下的植株 105 ℃ 杀青后,于 70 ℃ 烘干称重。每次由土壤溶液取样器抽取的土壤溶液置于 -18℃ 冰柜内冷冻保存。分析前将土壤溶液样品解冻,稀释 30 倍后用流动分析仪(TRAACS2000)测定其硝态氮浓度。菠菜收获后将 PVC 管土柱沿直径方向切开,取 45—60 cm,60—75 cm,75—90 cm 土层的土壤于 1 mm 筛内用水冲洗,挑出所有的根系,采用交叉网格法^[5]测定各层的总根长,计算根长密度。

2 结果与讨论

2.1 菠菜生长和叶柄硝酸盐累积

图 1 的结果表明,水分供应状况和氮素供应水平对植株的生长有很大影响。对于 W1 和 W2 处理,菠菜地上部干物重随施氮量的增加而增加(除 W2N5)。除氮素对照处理外,W2 处理的干重均高于 W1 处理,由此说明随着植株根系的下扎,W1 处理仅表层供水已不能满足作物向下生长的根系吸收的需要,另外,W1 处理由于表层土壤几乎始终保持在饱

和田间持水量范围内,降低了土壤的通透性,抑制根系的生长发育。而 W2 处理土壤的通透性和深层土壤的水分供应都优于 W1 处理,因此菠菜生长状况要好于 W1 处理(图 1)。

植株最新展开叶叶柄硝酸盐含量随施氮量的增加而增加(图 2)。同时菠菜硝酸盐含量又受灌水量的影响,随施氮量的增加,水氮交互作用对植株硝酸盐累积的促进作用逐渐增强。W2N5 处理的硝酸盐含量最高(图 1)。Raul 等^[6]证明水分在硝酸盐累积中的作用与植株体内水分含量有关,水分含量的多少通过渗透、呼吸等一系列生理过程调节着植株体内硝酸盐的浓度。W2 处理灌水量高,植株鲜样的水分含量也高,

图 1 收获时菠菜对不同水氮供应的反应
Figure1 Reaction of spinach on different levels of water and nitrogen supplies

图 2 收获时菠菜最新展开叶叶柄硝酸盐含量
Figure 2 Nitrate contents in leaf stem newly developed of spinach at harvest time

因此,在高氮供应条件下 W2 处理的植株硝酸盐含量高于 W1 处理。

2.2 不同水氮处理对土体 NO₃⁻ - N 迁移的影响

在低灌条件下,氮肥对照处理由于没有氮素的供应,并且由于植株的不断吸收,其 30 cm 深处土壤溶液的硝态氮浓度随生育期的延长逐渐降低,而其它两个施氮处理由于后期追肥的施用,30 cm 处的土壤溶液中硝态氮的浓度逐渐升高,而 60 cm 处硝态氮浓度逐渐下降,这是因为植株根系的吸收及无表层淋洗下来的硝态氮的补充,换言之,即植株根系对硝态氮的吸收量和氮的转化量大于表层淋洗量。3 个处理的 90 cm 处硝态氮浓度变化不大(图 3a, b, c)。

图 3 几种处理的不同层次土壤溶液硝态氮浓度的变化

Figure 3 Variation of nitrate - N concentrations at different layers with various treatments

高灌的对照处理各层硝态氮浓度与低灌的对照处理大致相同,W2N3 和 W2N5 处理的 30 cm 深处由于淋洗作用,硝态氮浓度明显低于 W1N3 和 W1N5 处理,而 60 cm 处由于接受表层淋洗下来的硝态氮而浓度明显升高,且均高于 30 cm 深处,并且随着菠菜生育期的延长、根系的不断吸收而逐渐下降。但 90 cm 处的硝态氮浓度在各取样时期都没有变化,因而在该试验的几种水氮处理条件下,没有出现硝态氮的淋洗损失(图 3d, e, f)。但是,本试验是在冬季温室内进行的,W2 处理的供水量只有 196 mm,而实际生产中的灌水量有时可能远高于此值,同时灌水强度往往大于本试验的强度,因此容易造成硝酸盐淋溶进入深层土壤,严重时导致对地下水的污染。所以在蔬菜生产中必须合理运筹水分与氮肥的管理,在保证优质高产蔬菜对水氮需求的同时,优化水氮用量与技术,避免蔬菜体内硝酸盐的过量积累和地下

水的硝酸盐污染。

参考文献:

- [1] Sveda R, et al. Evaluation of various nitrogen sources and rates on nitrogen movement, Pensacola bahiagrass production and water quality [J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 1992, **23**(17 - 20): 2 451 - 2 478.
- [2] Chaney K. Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrate content after harvesting winter wheat[J]. *J Agric Sci*, 1990, 114: 171 - 176.
- [3] Selenka F. Nitrate in drinking water: The basis for a regulatory limit [A]. In: FPW Winteringham (Editor). *Environment and Chemicals in Agriculture*[C]. Elsevier Appl Sci Publ, Amsterdam, 1985. 87 - 104.
- [4] 何仲复. 蔬菜瓜果鲜样中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 及 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 测定方法的改进[J]. *农业环境保护*, 1995, **14**(1): 46 - 48.
- [5] Tennant D. A test of a modified line intersect method estimating root length[J]. *J of Ecology*, 1975, 63: 995 - 1 001.
- [6] Raul C N, Adamowicz S & Robin P. Nitrate accumulation in plants: a role for water[J]. *J of Experimental Botany*, 1999, **50**(334): 613 - 624.