

15-20

第25卷 第6期
1997年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 6
Dec. 1997

土壤水分对蔬菜硝态氮累积的影响

王朝辉 田霄鸿 李生秀 尚浩博

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

5630.6

S158.3

摘要 采用耕层红油土进行盆栽试验,在每千克土施0.40 g N和0.30 g P₂O₅的基础上,种植小白菜(黑油菜)和菠菜(宁夏圆叶)。采样前10 d设置150、200和250 g/kg 3个土壤水分等级,研究土壤水分对蔬菜生长和硝态氮累积的影响。结果表明,在土壤水分为200和250 g/kg时,菠菜的生长量比水分为250 g/kg时提高108.7%和174.8%,小白菜提高108.9%和109.9%;而菠菜的硝态氮含量却分别降低29.7%和19.4%,小白菜降低22.5%和25.0%;2种蔬菜的硝酸还原酶活性亦明显降低。对蔬菜生长、硝态氮吸收及还原的分析表明,土壤水分增加不仅促进蔬菜生长,还促进硝态氮的吸收及向地上部分转移。但生长量和硝态氮吸收的增加并不同速,由于生长超前引起的植物体内养分稀释效应,是增加土壤水分蔬菜硝态氮含量降低的主要原因。

关键词 土壤水分,蔬菜,硝态氮累积**中图分类号** S158.3

经饮食进入人体的硝态氮(NO₃⁻-N),在胃肠中可还原生成亚硝态氮(NO₂⁻-N),后者能迅速进入血液,将血红蛋白中的低铁氧化成高铁,使其形成无法运载氧气的高铁血红蛋白,造成人体缺氧,患高铁血红蛋白症。亚硝态氮还可与次级胺结合,形成强致癌物质亚硝胺,诱发人体消化系统癌变^[1]。蔬菜为人类提供多种必需的蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质和纤维素,是日常生活不可缺少的植物性食物;同时又是一类极易累积硝酸盐的植物,是人类摄入硝态氮的主要来源^[2]。因此,硝态氮含量成了影响和评价蔬菜品质的重要因素,引起人们的广泛关注。

水分在植物生命活动中起着十分重要的作用,和硝态氮的吸收及其在植物体内的还原转化密切相关。已有报道^[3,4]认为,土壤氮素供应是影响蔬菜硝态氮含量的重要因子,氮肥用量增加,蔬菜的硝态氮含量升高,同时水分含量也随之升高。在蔬菜茎叶各器官、部位之间硝态氮和水分的分布也具有一致性:硝态氮含量高的茎和叶柄,水分含量高;叶片的硝态氮含量低,水分含量也低^[5]。干旱通常导致蔬菜硝态氮累积增加^[6],土壤水分供应如何影响蔬菜对硝态氮的吸收、还原转化及其在蔬菜体内累积呢?本文以小白菜和菠菜为指示作物进行土培试验,探索这一问题。

1 材料和方法

1.1 盆栽试验

试验在西北农业大学农作一站的温室进行。供试土壤采自该站大田耕层,系红油土。

收稿日期 1997-05-22

课题来源 陕西省农业发展办公室和杨凌基金资助项目

作者简介 王朝辉,男,1968年生,讲师,博士

土壤有机质含量为 12.62 g/kg, 全氮为 0.9 g/kg, 硝态氮为 35.2 $\mu\text{g/g}$ 风干土, 铵态氮为 12.5 $\mu\text{g/g}$ 风干土; 有效磷(Olsen-P)为 9.9 $\mu\text{g/g}$ 风干土, pH 值为 8.02.

试验以每千克土施 0.40 g N 和 0.30 g P_2O_5 为基肥, 种植菠菜(宁夏圆叶)和小白菜(黑油菜)。氮肥用尿素, 磷肥用过磷酸钙, 均在播种时和土壤混匀施入。采样前 10 d 每种蔬菜各设 150、200 和 250 g/kg 3 个土壤水分处理, 研究水分供应对蔬菜生长及硝态氮累积的影响。

1995 年 9 月 2 日装盆播种。每个处理重复 6 次, 每种蔬菜种 18 盆。菠菜播后 7 d、小白菜播后 3 d 出苗。待长出第 3 片真叶后定苗, 菠菜每盆均匀留苗 6 株, 小白菜 3 株。水分处理前, 根据盆土干湿情况灌水, 每盆每次 400~600 mL, 各盆灌水量一致。开始土壤水分处理时, 每种蔬菜选 3 盆, 用打孔器(内径 0.8 cm)在盆内打孔采土, 测定土壤水分。根据所测水分含量平均值调整土壤水分, 使分别为 150、200、250 g/kg。以后在 150 g/kg 水分处理的蔬菜开始出现明显的萎蔫现象时, 用重量法补充水分。小白菜于 10 月 15 日, 菠菜于 10 月 20 日开始水分处理。

1.2 采样及测定

2 种蔬菜分别在处理后第 10 d 采样, 各处理均毁 3 盆。小白菜每盆采 2 株, 菠菜采 4 株, 分别作为 1 个混合样品, 用于测定各器官、部位的生长量及硝态氮含量; 剩余的植株(小白菜每盆 1 株, 菠菜 2 株)分别作为 1 个混合样品, 用于测定各器官、部位的硝酸还原酶活性。采下的植株立即装入塑料袋、标记密封, 放入致冷箱。带回实验室, 用自来水冲去根系表面粘附的泥土, 并迅速用无氮吸水纸吸干, 地上部分不冲洗。然后根据分析目的把蔬菜按器官、部位分开, 迅速称重。用于测定硝态氮的样品分别切碎混匀, 装入塑料袋, 标记密封, 放于冰箱在 0~4℃ 保存。

浸提硝态氮在采样后次日进行。采用研磨浸提法^[5], 制成待测液。待测液中的硝态氮用连续流动分析仪测定。硝酸还原酶活性测定在采样当天、样品处理好后立即进行。采用体内分析法, 利用内源基质^[7]。

2 结果分析

2.1 不同土壤水分对蔬菜生长的影响

土壤水分显著影响蔬菜的生长。在氮、磷养分供应充足的情况下, 土壤不同水分处理虽仅 10 d, 菠菜和小白菜的生长已表现出了明显的差异(表 1); 2 种蔬菜整株的生长量(用鲜重表示)均随土壤水分的增加而提高(图 1)。在土壤水分为 200 和 250 g/kg 时, 菠菜的生长量比土壤

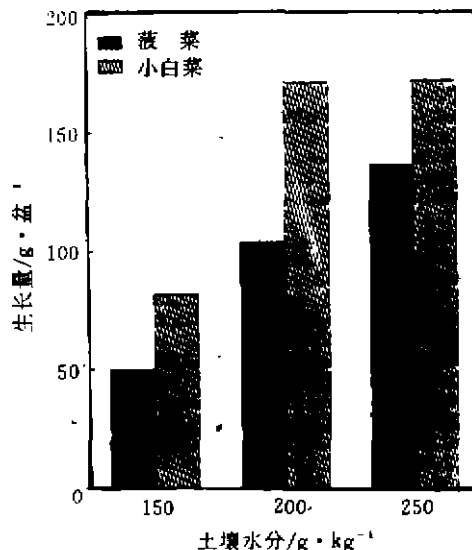


图 1 土壤水分对小白菜和菠菜生长的影响

水分150 g/kg时分别提高108.7%和174.8%,小白菜提高108.9%和109.9%。方差分析表明,菠菜3个水分等级的生长量差异均达到了显著水平,小白菜在土壤水分为200和250 g/kg时的生长量差异不明显,但均显著高于土壤水分为150 g/kg时的生长量。由此可见,适宜的水分供应是蔬菜高产的重要保证,缺水抑制蔬菜生长,即使养分供应充分,也难获得高产。同时,蔬菜种类不同对土壤水分有不同要求,菠菜和小白菜对土壤水分反应的差异,正是它们需水特性不同的表现。

表1 土壤水分对蔬菜生长的影响

g/株

蔬 菜	土壤水分 (g/kg)	根	茎	叶	叶柄	叶片	茎叶	整 株
菠 菜	150	0.61	0.21	7.45	2.49	4.96	7.66	8.26 c
	200	1.05	0.25	15.94	5.69	10.25	16.19	17.24 b
	250	1.29	0.54	20.87	7.19	13.67	21.41	22.70 a
小白菜	150	1.02	0.26	25.91	13.89	12.03	26.17	27.19 b
	200	1.87	0.57	54.35	33.10	21.25	54.92	56.79 a
	250	1.50	0.56	55.02	34.00	21.02	55.58	57.08 a

注:1. 整株数据后面的英文字母表示方差分析结果,相同字母表示不同土壤水分时的生长量未达5%差异显著水平,下同。2. 蔬菜的生长量用鲜重表示,下同。

蔬菜整株生长是各器官、部位生长的综合表现,但各器官的生长并不随整株生长等比例变化。在土壤水分为200和250 g/kg时,菠菜根系的生长量比土壤水分150 g/kg时分别提高72.1%和111.5%,而茎叶却提高111.4%和179.5%。地上部分中,茎分别提高19.0%和157.1%,叶提高114.0%和180.1%;叶的不同部位增长速率也不一致,叶柄分别增长128.5%和188.8%,叶片增长106.7%和175.6%。小白菜有与此一致的趋势。显然,增加土壤水分蔬菜地上可食部分茎叶的增长大于根系,其中叶柄增长最快。

2.2 不同土壤水分对蔬菜硝态氮累积的影响

土壤水分不但影响蔬菜生长,也影响蔬菜的硝态氮含量。测定结果(表2)表明,土壤水分为150 g/kg时,菠菜和小白菜整株的硝态氮含量最高(图2),分别为913.6 μg/g鲜重和1945.2 μg/g鲜重。土壤水分升高,蔬菜的硝态氮含量显著下降。其中菠菜在土壤水分为200 g/kg时,硝态氮含量最低,为642.4 μg/g鲜重,比土壤水分为150 g/kg时降低29.7%;而小白菜在土壤水分为250 g/kg时,硝态氮含量最低,为1458.4 μg/g鲜重,比土壤水分为150 g/kg时降低25.0%。方差分析表明,土壤水分为200和250 g/kg时,2种蔬菜硝态氮含量的差异不显著,但两者均显著低于土壤水分为150 g/kg时的硝态氮含量。

表2 土壤水分对蔬菜硝态氮含量的影响

μg/g

蔬 菜	土壤水分 (g/kg)	根	茎	叶	叶柄	叶片	茎叶	整株
菠 菜	150	400.2	684.6	963.3	1788.9	546.9	954.4	913.6 a
	200	292.2	307.4	670.1	1306.7	316.3	664.5	642.4 b
	250	321.9	359.5	772.0	1503.4	387.9	762.0	736.7 b
小白菜	150	1880.3	2157.8	1945.2	2526.7	1272.2	1947.1	1945.2 a
	200	1249.5	1292.1	1520.6	1899.5	914.7	1518.1	1507.4 b
	250	748.9	1163.3	1480.9	1829.8	915.6	1477.6	1458.4 b

注:1. 整株、茎叶和叶的数据为根、茎、叶柄和叶片的加权平均数,下同。2. 硝态氮含量用每克蔬菜鲜重中的 NO_3^--N 的量表示。

2 种蔬菜各器官、部位的确态氮含量随土壤水分的变化趋势与整株一致,但变化程度却因器官部位而异。与土壤水分分为 150 g/kg 时的确态氮含量相比,土壤水分分为 200 和 250 g/kg 时,菠菜根系的确态氮含量降低程度略低于茎叶;根系分别降低 27.0% 和 19.6%,茎叶降低 30.4% 和 20.2%;就地上部分而言,茎的降低程度大于叶;茎降低 55.1% 和 47.5%,叶降低 30.4% 和 19.9%;叶部的叶片降低程度又大于叶柄;叶片降低 42.2% 和 29.1%,叶柄降低 27.0% 和 16.0%。而小白菜根系的确态氮含量降低却明显大于茎叶;根系降低 33.5% 和 60.2%,茎叶降低 22.0% 和 24.1%;地上部分的变化和菠菜相同。可见,适当增加土壤水分确能降低蔬菜确态氮含量,但降低的程度却因蔬菜种类、器官和部位而异。在蔬菜的主要可食用部分叶中,叶片对土壤水分的反应更为敏感,叶柄次之。

水分是蔬菜吸收硝态氮的溶质,也是硝态氮在体内存在和转移的介质。因此土壤水分供应不同,硝态氮吸收和转移的情况也应有所不同。用 2 种蔬菜在不同土壤水分时的确态氮含量(单位质量的含量)与其对应的生长量相乘,求得蔬菜累积的确态氮总量(表 3)。

表 3 不同土壤水分时蔬菜累积硝态氮总量及其在根系和茎叶的分布 mg/株

土壤水分 (g/kg)	整 株		根 系		茎 叶	
	菠 菜	小白菜	菠 菜	小白菜	菠 菜	小白菜
150	7.55	52.88	0.24	1.92	7.31	50.96
200	11.07	85.61	0.31	2.34	10.76	83.27
250	16.72	83.25	0.41	1.12	16.31	82.13

分析表明:与对蔬菜硝态氮含量的影响不同,随土壤水分增加,2 种蔬菜累积的确态氮总量不是降低,而是显著升高,当土壤水分分为 200 和 250 g/kg 时,菠菜分别比土壤水分分为 150 g/kg 时升高 46.6% 和 121.5%;小白菜升高 61.9% 和 57.4%。由于蔬菜累积的确态氮归根结底来源于根系自土壤的吸收,所以一定时间内硝态氮的累积总量,在一定程度上反映了根系吸收硝态氮的情况。增加土壤水分,累积总量升高,说明蔬菜吸收硝态氮的能力增强。进一步分析蔬菜不同部位累积的确态氮总量(表 3)表明:菠菜根系和茎叶的累积总量均随土壤水分增加而升高,小白菜却增减不一。但 2 种蔬菜茎叶与根系累积硝态氮总量的比值却均随土壤水分增加而明显升高;在土壤水分分为 150,200 和 250 g/kg 时,菠菜的这一比值分别为 30.5,34.7 和 39.8;小白菜为 26.5,35.6 和 73.3。由于进入蔬菜体内的硝态氮在不同部位的分布是其转移的结果,所以比值升高意味着硝态氮由根系向茎叶中分配的比例增大。可见增加土壤水分,还能促进硝态氮由根系向茎叶的转移。这一特

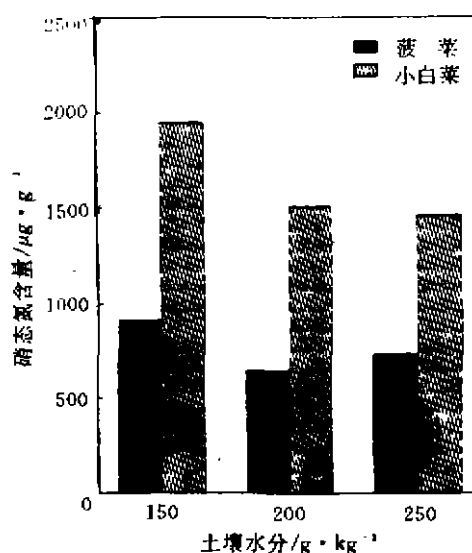


图 2 土壤水分对小白菜和菠菜整株硝态氮含量的影响

点可能有利于蔬菜吸收的硝态氮及时转移到地上部分还原同化。

2.3 土壤水分对蔬菜硝酸还原酶活性的影响

测定结果(表4)表明,土壤水分分别为200和250 g/kg时,菠菜和小白菜整株的硝酸还原酶活性虽无显著差别,但两者均比土壤水分150 g/kg时明显降低。而且,除小白菜的茎和菠菜的根系外,土壤水分对2种蔬菜各器官、部位硝酸还原酶活性的影响,与其对整株的影响一致,即土壤供水量高时,硝酸还原酶活性低。联系土壤水分对蔬菜体内硝态氮的影响,可以看出,土壤水分对硝酸还原酶活性的影响实际上是对硝态氮影响的连锁反应;由于硝酸还原酶是一种基质诱导酶^[8],土壤供水量低时(150 g/kg),蔬菜的硝态氮含量高,硝酸还原酶活性亦随之升高;土壤供水量高时(200和250 g/kg),蔬菜的硝态氮含量低,硝酸还原酶活性亦随之降低。

表4 土壤水分对蔬菜硝酸还原酶活性的影响

蔬 菜	土壤水分 (g/kg)						$\mu\text{g/g}$
		根	茎	叶柄	叶片	整株	
菠 菜	150	3.39	2.14	3.33	3.04	3.13	
	200	2.81	2.60	2.22	2.63	2.51	
	250	3.32	1.68	2.46	2.75	2.66	
小白菜	150	5.79	1.85	3.44	1.38	2.60	
	200	5.14	1.05	0.50	0.65	0.71	
	250	7.39	0.10	0.00	0.98	0.56	

注:硝酸还原酶活性用 NaNO_2 的量表示。

3 讨 论

植物吸收的水分主要来自土壤。土壤水分不仅影响硝态氮吸收,还制约着硝态氮在植物体内的转移及还原过程,与蔬菜生长和硝态氮累积密切相关。研究表明,干旱情况下,蔬菜生长受到抑制,硝态氮含量升高,硝酸还原酶活性亦随之升高;而水分供应充足时,蔬菜生长增加,硝态氮含量降低,硝酸还原酶活性也随之降低。硝酸还原酶活性是植物还原转化硝态氮能力高低的标志,硝酸还原酶活性高,还原转化能力就高,反之则低。既然如此,为什么增加土壤水分蔬菜的硝酸还原酶活性降低,其累积的硝态氮含量还会降低呢?把蔬菜的生长量和硝态氮含量联系起来分析就可以看出,增加土壤水分不仅能促进硝态氮吸收,还会促进植物体的硝态氮由根系向地上部分转移。然而,蔬菜硝态氮吸收的增加与生长量变化并不平衡。在土壤水分分别为200和250 g/kg时,菠菜累积的硝态氮总量分别比土壤水分150 g/kg时增加46.6%和121.5%,而其生长量却分别增加108.7%和174.8%。小白菜的情况和菠菜相同。可见,增加土壤水分后,蔬菜生长量的增加大于硝态氮累积量的增加。这种由于生长增加超前、吸收增加滞后而引起的植物体内养分的释稀效应,是增加土壤水分引起蔬菜体内硝态氮含量降低的主要原因。

研究土壤水分对蔬菜生长和硝态氮累积的影响可以提供了另一条控制硝态氮累积的途径。这就是在蔬菜生产中除适当减少氮肥用量,合理施用磷肥外,加强水分供应,通过提高蔬菜产量,来降低硝态氮含量,对改善蔬菜品质也有重要意义。

参 考 文 献

- 1 Minotli P L. Nitrogen in the Environment. In: Donald R, Nielsen J G, MacDonald ed. Soil-plant-Nitrogen Relationship (Vol. 2). New York: Academic Press; London: San Francisco, 1978, 235~253
- 2 沈明珠, 翟宝杰, 东惠茹等. 蔬菜硝酸盐累积的研究 1. 不同蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐含量的评价. 园艺学报, 1982, 9 (4): 41~48
- 3 高祖明, 张耀栋, 章满芬等. 氮磷钾对叶菜硝酸盐累积和硝酸还原酶、过氧化物酶活性的影响. 园艺学报, 1989, 16 (4): 293~298
- 4 Guillard K, Allinson D W. Effects of nitrogen fertilization on a Chinese cabbage hybrid. Agron J, 1988-80: 21~26
- 5 王朝辉, 李生秀. 蔬菜不同器官的硝态氮与水分、全氮、全磷的关系. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(2): 144~152
- 6 Huffaker R C, Radin T, Kleinkopf G E et al. Effects of mild water stress on enzymes of nitrate assimilation and of the carboxylative phase of photosynthesis in barley. Crop Sci, 1970, 10(5): 471~474
- 7 方昭希, 王明录, 彭代平等. 硝酸还原酶活性与氮素营养的关系. 植物生理学报, 1979, 5(2): 123~128
- 8 Tang P S, Wu H Y. Adaptive formation of nitrate reductase in rice seedlings. Nature, 1957, 179: 1355~1356

The Influence of Soil Water on Nitrate Accumulation in Vegetable

Wang Zhaohui Tian Xiaohong Li Shengxiu Shang Haobo

(Department of Resources and Environmental Science, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Pot experiments were carried out with a red-oil soil by using Chinese cabbage and spinach as indicating crops, in order to study the influences of soil water on nitrate accumulation in vegetables at a fertilization rate of 0.40 g N and 0.30 g P₂O₅ per kg soil. The results obtained showed that the yields of the two vegetables increased more significantly at the soil water contents of 200 g/kg and 250 g/kg than at that of 150 g/kg, an increase of 108.7% and 174.8% for cabbage, and 108.9% and 109.9% for Chinese cabbage. In contrast, the nitrate-N contents of the two vegetables decreased obviously, being 29.7% and 19.4% for spinach, and 22.5% and 25.0% for Chinese cabbage. Also decreased the nitrate reductase activities of the vegetables. Comparing the vegetable growth and the nitrate-N absorption and reduction, it is found that high soil water supply increased not only the vegetable growth but also the nitrate absorption and its translocation from roots up to the above-ground parts. However, both the biomass and the nitrate increases were not in the same proportion. The dilution effects caused by more increase of biomass than nitrate absorption were the major cause for the decrease of nitrate-N contents at high soil water supply.

Key words soil water, vegetable, nitrate accumulation