

两种蔬菜对硝态氮的累积和还原

王朝辉 田霄鸿 李生秀 陈妍

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

摘 要 1994~1995 年在菜园土壤上进行的田间试验表明, 菠菜的硝态氮含量显著低于小白菜, 后者是前者的 1.2~4.3 倍; 菠菜外围叶片的硝酸还原酶活性略低于小白菜, 但其他器官及整株均值都高于小白菜。菠菜累积的硝态氮主要分布于茎、叶柄和外围叶片, 硝酸还原酶活性分布与此一致; 小白菜的硝态氮主要分布于叶柄和外围叶片, 而还原酶活性却集中于外围叶片。硝酸还原酶活性高低及分布是 2 种蔬菜硝态氮累积不同的主要原因。

关键词 菠菜, 小白菜, 硝态氮累积, 硝酸还原酶活性

中图分类号 S158.3

近年来, 研究内源因子对蔬菜硝态氮累积的影响, 从生物学、生理学及遗传特性去揭示产生累积的原因, 为选择和培育低硝酸盐累积的品种提供理论依据, 日益引起重视。硝酸还原酶活性是影响蔬菜硝态氮累积的重要内源因子。硝态氮累积和硝酸还原酶的关系虽有报道, 但多以整株混合样品的硝态氮含量和叶片的硝酸还原酶活性进行比较^[1,2]。不少研究证明, 硝态氮累积量因作物种类、品种和器官而有显著差别^[3]; 硝酸还原酶活性也因不同作物、器官而有较大差异^[4]。因此以部分的某一结果和整体的另一结果进行比较就难以揭示问题的实质。本文以菠菜和小白菜为供试作物, 研究了它们累积硝态氮的差异及硝态氮和硝酸还原酶活性在不同器官中的分布, 目的在于揭示硝酸还原酶活性及其分布对蔬菜硝态氮累积的影响。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

试验于 1994~1995 年在西北农业大学蔬菜站菜地进行。耕层 (0~20 cm) 土壤的有机质、全氮含量各为 17.8, 1.3 g/kg, 硝态氮、铵态氮和有效磷 (Olsen-P) 的含量各为 26.6, 10.9, 109.1 μ g/g, pH 值为 7.89。

1.2 田间试验

供试作物为菠菜 (宁夏圆叶) 和小白菜 (黑油菜)。在每公顷施磷 (P_2O_5) 112.5 kg (磷肥用过磷酸钙) 的基础上, 设每公顷施氮 0.0, 90.0, 180.0, 270.0 kg 四个水平。氮肥用尿素, 1/2 作基肥, 于 1994 年 9 月 20 日播种时施入; 1/2 做追肥, 于 1995 年 3 月 13 日灌水时, 溶于水中, 用洒壶洒入。小区面积为 1 m $\times$ 2 m, 间隔 30 cm, 小区间以深 40 cm 塑料薄膜隔开, 防止肥料侧渗。田间采用成条分组排列, 氮肥按条带施, 作物集中成组, 重复 2 次。

收稿日期 1997-11-24

课题来源 陕西省农办、杨凌基金和西北农业大学青年基金资助项目

作者简介 王朝辉, 男, 1968 年生, 讲师, 博士

每小区播 6 行。成苗后定植,菠菜每行 30 株,小白菜 20 株。蔬菜生长期根据土壤干湿情况,进行人工喷洒灌水,每小区每次水量不超过 40 L(相当于 20 mm 降水),以防肥料淋失,各小区灌水量一致。

1.3 采样及测定

蔬菜出苗 30 d 后长成成品菜。分别于 1994 年 11 月 9~11 日、24~26 日和 1995 年 3 月 21~27 日采样(简称第 1、2、3 期)。前 2 期采样用于测定不同氮肥用量蔬菜地上部分 的硝态氮含量。后 1 期采样测定不同氮肥用量时,蔬菜各器官、部位的硝态氮含量;同时,仅 由每公顷施氮 180.0 kg 的小区采样测定蔬菜各器官、部位的硝酸还原酶活性。采样时,由 每个重复小区的中间 4 行内选 2 个样点,每点采 2~4 株(根据蔬菜大小),分别组成 4 个 分析样品。采下的植株立即装入塑料袋密封、标记,放入致冷箱,带回实验室。

蔬菜样品的测定均在采样当天进行。浸提硝态氮采用研磨浸提法^[3],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采用体内分析法,利用内源 基质^[5]。

2 结果与分析

2.1 菠菜和小白菜地上部分的硝态氮含量

3 次测定结果(表 1)表明:施用氮肥能显著提高 2 种蔬菜的硝态氮含量;但施氮量过 高,达 270 kg/hm² 时,第 2、3 期测得的硝态氮含量增加不明显或有降低趋势。3 次测定值 与施氮量的相关分析表明,两者之间多呈显著或极显著正相关。此外,2 种蔬菜的硝态氮 含量亦存在明显差异:虽然随生长期后延,氮肥用量增加,小白菜与菠菜硝态氮含量的比 值有降低趋势,如:在第 1 期采样时小白菜的硝态氮含量是菠菜的 4.3~2.7 倍,第 3 期采 样时介于 1.8~1.2 倍。但就每次的测定结果进行统计检验表明,在同一施氮水平时,菠菜 的硝态氮含量均显著低于小白菜。由此可见,2 种蔬菜累积硝态氮的能力明显不同。

表 1 不同施氮水平时菠菜和小白菜地上部分的硝态氮含量						$\mu\text{g/g}$
施氮水平 (kg/km ²)	第 1 期采样		第 2 期采样		第 3 期采样	
	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜
0.0	75.8	328.0*	367.8	779.1*	303.2	560.5*
90.0	169.7	569.1*	493.6	937.8*	505.7	781.5*
180.0	263.2	610.9*	549.3	1010.7*	607.4	869.6*
270.0	273.2	724.5*	537.2	982.8*	649.9	763.8
V	0.862*	0.775*	0.741*	0.477	0.901*	0.629

注:1)硝态氮含量用每克鲜重蔬菜中硝态氮的含量(μg)表示。下同;2)* 表示差异或相关达 5% 的显著水准,** 表示达 1% 的显著水准;3)第三期的数据为茎、叶柄、外围和心叶叶片的加权平均值。

2.2 菠菜和小白菜不同器官的硝态氮含量及分布

2 种蔬菜各器官的硝态氮含量不仅存在明显差异,而且遵循基本一致的高低变化趋 势(表 2):根的含量最高,茎、叶柄(菠菜叶柄、茎)、外围叶片、心叶叶片依次降低,其中根、 茎、叶柄的含量又显著高于外围和心叶叶片。此外,两种蔬菜相比较,除心叶叶片外,菠菜 的根、茎、叶柄、外围叶片及整株的硝态氮含量均显著低于小白菜,可见蔬菜整株的硝态氮 累积差异不能完全反映各器官部位之间的变化。

由于重量 (表 2)不同,蔬菜各器官单位鲜重的硝态氮含量并不能完全反映其在植株硝态氮累积总量中所占的地位。虽然蔬菜根系硝态氮含量最高,但由于其重量小,累积的总量亦很低,因此硝态氮主要累积在地上部分,特别是叶柄和外围叶片,它们所含硝态氮占植株总量的 82.2%~85.0%。但硝态氮在叶柄和外围叶片的分布并不平衡:如菠菜叶柄和外围叶片的重量比为 1.4,而累积的硝态氮总量比却为 3.2,所以相对两者的重量大小来说,叶柄比外围叶片更容易累积硝态氮;小白菜叶柄和外围叶片与此有相同趋势。除叶柄和外围叶片外,菠菜茎中分布的硝态氮也较多,占总量的 11.2%;心叶叶片较少,仅占 1.7%;与菠菜不同,小白菜茎和心叶叶片含硝态氮均较少,分别占 6.3%和 0.4%。可见,菠菜累积的硝态氮比较均匀地分布在茎、叶柄和外围叶片,而小白菜则集中分布于叶柄和外围叶片。

表 2 菠菜和小白菜不同器官、部位的重量和硝态氮含量

器官	鲜重 (g/株)		硝态氮含量 ($\mu\text{g/g}$)		硝态氮占整株总量 (%)	
	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜
根	4.90	12.56	1034.7	1215.8	4.90	8.12
茎	17.72	11.01	654.7	1101.5	11.22	6.45
叶柄	76.17	116.48	852.0	1086.0	62.78	67.27
外围叶片	54.60	55.58	368.0	600.9	19.44	17.76
心叶叶片	8.12	6.95	210.9	108.3	1.66	0.40
整株	161.51	202.58	640.0	928.3	100.00	100.00

注: 1)两种蔬菜的叶柄均包括叶片的主脉在内; 2)整株的硝态氮含量为根、茎、叶柄、外围和心叶叶片的加权平均值。

2.3 菠菜和小白菜不同器官的硝酸还原酶活性及分布

表 3表明,2种蔬菜叶片的硝酸还原酶活性均显著高于根、茎、叶柄;其中外围叶片又高于心叶叶片,根、茎数值相近,叶柄最低。进一步证明作物不同器官的硝酸还原酶活性存在明显差异。就2种蔬菜同一器官的硝酸还原酶活性比较发现:菠菜外围叶片的酶活性略低于小白菜,但根、茎、叶柄、心叶叶片的酶活性及整株均值都高于小白菜。可见2种蔬菜同一器官部位还原硝态氮的能力并不相同。

表 3 菠菜和小白菜不同器官的硝酸还原酶活性及分布

器官	硝酸还原酶活性 ($\mu\text{g}^{\circ}\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$)		各器官总量 ($\mu\text{g}^{\circ}\text{h}^{-1}\text{株}^{-1}$)		占植株总量 (%)	
	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜	菠菜	小白菜
根	4.55	1.69	22.30	21.23	2.58	3.49
茎	4.62	1.85	81.87	20.37	9.46	3.35
叶柄	2.70	0.06	205.66	6.99	23.76	1.15
外围叶片	9.08	9.54	495.77	530.23	57.29	87.17
心叶叶片	7.37	4.24	59.84	29.47	6.91	4.84
整株	5.36	3.00	865.44	608.29	100.00	100.00

注: 1)硝酸还原酶活性以蔬菜鲜重中硝酸钠的含量表示; 2)整株的硝酸还原酶活性为根、茎、叶柄、外围和心叶叶片的加权平均值。

与硝态氮的分布类似,各器官硝酸还原酶活性总量占整株总活性的比重也不相同。硝酸还原酶活性主要分布于地上部分 (表 3),占 95%以上。地上部分各器官硝酸还原酶活性的分布亦因不同蔬菜而有差别:小白菜的酶活性集中于外围叶片,占 87.2%,茎和叶柄仅各占 3.4%和 1.2%;而菠菜在外围叶片、茎和叶柄均有较高的分布;2种蔬菜心叶叶片的

酶活性均较低。说明小白菜的外围叶片是还原硝态氮的主要器官,而菠菜除外围叶片外,茎和叶柄也是重要的还原器官。

3 讨 论

菠菜属藜科,小白菜属十字花科,但均为叶菜类蔬菜;秋季播种,又经历着大致相同的生长季节。这 2 种蔬菜在同一季节采样,可避免气候条件不同造成的生长差异,使施肥、蔬菜种类、器官差异成为影响硝态氮含量和硝酸还原酶活性的单一因子,因此结果具有可比性。研究表明,菠菜地上部分的硝态氮含量显著低于小白菜,两者还原硝态氮的能力亦不相同。由于作物还原转化硝态氮的能力强弱取决于硝酸还原酶活性高低^[6,7],对 2 种蔬菜各器官的硝酸还原酶活性分析发现,菠菜外围叶片的酶活性虽略低于小白菜,但根、茎、叶柄、心叶叶片及整株的均值都高于小白菜。进一步从硝态氮和硝酸还原酶在不同器官的分布来看,菠菜累积的硝态氮比较均匀地分布在主要构成器官——茎、叶柄和外围叶片,而且硝酸还原酶活性的分布与此一致;小白菜的硝态氮主要累积在叶柄和外围叶片,硝酸还原酶活性却集中分布在外围叶片,与硝态氮分布不完全一致。Olday 等^[8]对大豆和黄瓜的研究表明,有较多的器官参与硝态氮还原可以提高作物对硝态氮的还原效率,减少累积。菠菜不仅有较多的器官参与还原,而且硝酸还原酶活性和硝态氮分布具有一致性,这可能是使其更有效地还原同化硝态氮,维持体内较低的硝态氮含量的主要原因。

利用硝酸还原酶特性作指标评价和筛选低硝态氮累积的蔬菜品种时,不仅要着眼于硝酸还原酶活性的高低,还要注意其在主要构成器官的分布。硝酸还原酶是影响硝态氮累积的主要内源因子,但非唯一因子^[7]。要有效地解决硝态氮累积问题,通过遗传育种和生物工程技术选择或培育低累积的蔬菜品种,必须建立包括硝酸还原酶活性在内的多因子评价模型。因此选用硝态氮累积差异显著的蔬菜种类或品种,进一步研究累积与株型、器官形状、光合、呼吸、蒸腾、根系吸收、氮素代谢等因子的关系有重要意义。

参 考 文 献

- 1 胡承孝,邓波儿,刘同仇.施用氮肥对小白菜、蕃茄中硝酸盐积累的影响.华中农业大学学报,1992,11(3): 239~ 243
- 2 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
- 3 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
- 4 Olday F C, Barker A V, Maynard D N. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars. J Amer Soc Hort Sci, 1976, 101(3): 217~ 219
- 5 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
- 6 许长蒿,倪晋山.小麦叶内硝酸还原的代谢库.植物生理学报,1990,16(3): 277~ 283
- 7 Blom-Zandstra M. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. Ann Appl Biol, 1989, 115: 553~ 561
- 8 Olday F C, Barker A V, Maynard D N. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in cucumber and pea. J Amer Soc Hort Sci, 1976, 101(3): 219~ 221

The Accumulated and Reduction of Nitrate in Two Vegetable Plants

Wang Zhaohui Tian Xiaohong Li Shengxiu Chen Yan

(*Department of Resources and Environmental Science, North western*

Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Field experiments were carried out on vegetable garden soil from 1994 to 1995. The results obtained showed that the nitrate accumulated in spinach was significantly lower than that in Chinese cabbage, nitrate content in the latter being 1.2 to 4.3 times that in the former. The nitrate reductase activities of spinach outside blades were a bit lower than those of Chinese cabbage, but they were all higher in other organs and whole spinach plant. The nitrate in spinach mainly distributed in stems, petioles and outside blades, and so did the nitrate reductase activities. However, the nitrate in Chinese cabbage mainly distributed in petioles and outside blades, whereas the activities of nitrate reductase concentrated in outside blades. Nitrate reductase activity and its distribution were the major causes for the differences of nitrate accumulation between the two vegetables.

Key words spinach, Chinese cabbage, nitrate accumulation, nitrate reductase activity