

78-82

第28卷 第6期
2000年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 28 No. 6
Dec. 2000

[文章编号] 1000-2792(2000)06-0078-05

菠菜不同生长阶段吸收硝态氮的动力学研究

艾绍英¹, 李生秀², 左强², 马晓珂²¹ 广东省农业科学院 土壤肥料研究所, 广州 510640;² 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 西农校区 712100)

[摘要] 通过对两种菠菜不同生长阶段的氮素吸收情况和硝态氮吸收的动力学分析, 结果表明, 两种菠菜吸收氮素的差异随生长时期而不同, 宁夏圆叶菠菜比日本超能菠菜更具喜硝性, 且越在生长的后期, 该特性越显著。植株苗期对硝态氮的亲合力大小不能准确反应菠菜不同生长阶段的实际吸收情况, 而应根据生长的不同时期求得相应的亲合力。吸收速率单位在生长前期采用单位时间单位根重的吸收量来表示, 生长后期采用单位时间单位株重的吸收量来表示, 求得的亲合力才能反映两种菠菜吸收硝态氮的实际差异。

[关键词] 菠菜; 硝态氮吸收; 对硝态氮的亲合力; 吸收速率单位

[中图分类号] S151.9⁺5; S158.3

[文献标识码] A

蔬菜 生长期

不同种类或品种的蔬菜硝酸盐含量差异悬殊^[1,2], 引起蔬菜体内硝酸盐含量差异的主要原因之一是不同的蔬菜的根系吸收硝态氮的能力不同, 含硝酸盐高的蔬菜, 根系吸收硝态氮的能力强, 反之则弱。作物种类和品种间的营养差异常根据苗期根系吸收养分的动力学参数来鉴别^[3~6], 一般认为, 作物吸收某种离子的 K_m 值小, 则对该离子的亲合力大, 吸收能力强。但蔬菜的吸氮特性还受不同生育阶段等因素影响^[7], 苗期的动力学测定结果是否能真实反映作物在整个生长时期内对养分的吸收情况, 尚未见报道。本研究通过对两种基因型菠菜不同生长阶段的氮素吸收情况和硝态氮吸收的动力学分析, 研究了植株生长过程中的氮素营养特性, 探讨了可准确反映吸收能力的亲合力计算方法, 为探明菠菜累积硝酸盐的机理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 菠菜品种

供试菠菜品种为宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜。宁夏圆叶菠菜种子较大, 形状扁圆, 颜色淡黄, 种壳较坚硬; 日本超能菠菜种子较小, 球形, 灰绿色, 种壳薄。

1.2 育苗及饥饿培养

试验于1996年10月至1997年2月在西北农业大学玻璃温室进行。每个暗棕色塑料盆中装有定量蛭石, 再浇定量水分使其保持湿润, 将选好的种子经催芽后播于蛭石表面, 其上再覆盖约2 cm的蛭石。待长出2片真叶时定苗。前期只浇自来水, 以后视长势改浇1/2大泽营养液, 中后期浇完全大泽营养液(含N, P, K, S, Mg, Ca各12, 1.5, 4, 2, 4

[收稿日期] 1999-11-24

[基金项目] 陕西省农业发展办公室资助项目; 杨凌科技开发基金资助项目(95J-42)

[作者简介] 艾绍英(1968-), 女, 助理研究员, 博士。

S630.1
S636.101

mmol/L, 含 B, Mn, Zn, Cu, Mo, EDTA-Fe 各 0.5, 0.5, 0.05, 0.02, 0.01 和 2.8 mg/L), 生长过程中精细管理。分别于第 14, 24, 44, 64, 104 天, 从塑料盆中小心取出植株, 用水漂洗以除去根部蛭石, 置于缺氮大泽营养液(以 NaCl 代替 NaNO_3) 中培养(1~4 次采样饥饿培养 10 d, 第 5 次采样饥饿培养 5 d), 使植株达到一定氮饥饿状态^[6,7], 培养期间定期向营养液中通气。每次采样的植株数量视长势而定, 前期株数多, 后期少。

1.3 氮素吸收试验

把经氮饥饿培养后的一部分植株转移至含有两种氮源的大泽营养液(以 NH_4NO_3 代替 NaNO_3) 中, 继续培养一段时间(前 2 次采样培养 10 d, 后 3 次采样培养 6 d) 后, 取出植株, 吸收液经稀释后, 用连续流动分析仪测定其中的硝态氮和铵态氮, 利用耗竭法^[7] 计算植株对硝态氮和铵态氮的吸收量。

1.4 吸收硝态氮的动力学参数测定

硝态氮吸收的动力学参数测定采用改进常规耗竭法^[4]。在简易人工培养箱中设置 KNO_3 浓度分别为 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 2.0 mmol/L 的系列溶液, 系列溶液中均含有 0.1 mmol/L 的 CaSO_4 , 以防单盐毒害。把经氮饥饿处理的另一部分植株分别置于 20 mL 该系列溶液中吸收 2 或 3 h(前 4 次测定吸收 3 h, 第 5 次测定吸收 2 h) 之后, 取出, 冲洗根系, 分别称根系和植株体总质量, 计算吸收硝态氮的数量, 应用酶动力学方程的转换式求出最大吸收速率 V_{\max} 和 K_m 值。在培养箱外用电炉加热使吸收期间的温度控制在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$; 日光灯提供光源, 光强为 7 000 lx。

以上试验均各重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 两种菠菜吸收氮素的差异

两种菠菜氮素吸收的测定结果(表 1) 表明, 用单位株重或单位根重表示硝态氮吸收量, 两种菠菜均表现出差异, 即第 1, 3 次采样时期日本超能菠菜大于宁夏圆叶菠菜, 第 2, 4, 5 次采样时期前者又小于后者。以单位株重表示吸收铵态氮的数量时两种菠菜间的差异不大; 以单位根重表示时, 日本超能菠菜对铵态氮的吸收量明显大于宁夏圆叶菠菜。两种菠菜在一定时期内对硝态氮的吸收量远大于铵态氮, 这是由菠菜的喜硝性决定的。由表 1 可见, 除第 1 次测定时期外, 宁夏圆叶菠菜吸收硝态氮与铵态氮的比值均大于日本超能菠菜, 可见日本超能菠菜较易吸收铵态氮, 宁夏圆叶菠菜的喜硝性较日本超能菠菜更显著。

表 1 不同培养时间后两种菠菜对硝态氮和铵态氮的吸收量

采样次序	硝态氮吸收量/(mg·g ⁻¹)				铵态氮吸收量/(mg·g ⁻¹)				硝态氮/铵态氮	
	N. sp. ^①	J. sp. ^①	N. sp. ^②	J. sp. ^②	N. sp. ^①	J. sp. ^①	N. sp. ^②	J. sp. ^②	N. sp.	J. sp.
1	1.26	1.36	4.22	4.74	0.76	0.77	2.55	2.68	1.7	1.8
2	1.65	1.39	6.97	6.55	0.37	0.36	1.54	1.72	4.5	3.9
3	0.84	0.97	3.53	4.06	0.26	0.36	1.07	1.52	3.2	2.7
4	0.54	0.34	2.25	1.67	0.12	0.12	0.49	0.59	4.5	2.8
5	0.44	0.37	2.33	2.24	0.04	0.07	0.21	0.46	11.0	5.3

注: ① N. sp. 指宁夏圆叶菠菜; J. sp. 指日本超能菠菜(下表同); ② 1, 2 分别指用单位株重和单位根重的表示方法求得数值(下表同); ③ 5 次测定结果分别是 240, 120, 24, 12, 12 株菠菜吸收试验后求得平均值。

2.2 两种菠菜吸收硝态氮的动力学分析

许多研究^[4,7]表明,亲和力可以反映蔬菜根系对离子的吸收能力,作物对某种离子亲和力大,则对该离子的吸收效率相对较高,吸收数量较多,否则相反。但以往的研究^[8]多采用植株的幼苗进行亲和力试验,并在计算 V_{max} 时多以根鲜重、根长或根表面积等作基数,对植株体的根冠比在生长过程中的变化考虑较少。笔者认为,随着生长时期延长,植株体不断增大,叶菜类根系的增长速度远小于地上部分,则要求根系吸收更多的养分来满足地上部分正常生长的需要,因此,根系吸收养分的多少与地上部分的生长状况有密切联系。由此推断,生长后期以单位株重表示的吸收速率求得的亲和力来反映吸收情况可能更为合理。为此,在求动力学参数时,采用了两种表示吸收速率的单位,一种是单位时间单位根重所吸收的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 数量,另一种是单位时间单位株重吸收 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的数量。两种单位表示的吸收速率的倒数 $1/V$ 与浓度的倒数 $1/S$ 的相关系数如表 2。由表 2 可知,除第 4 次采样外,其他各测定时期二者的相关性均达到显著或极显著水平,说明两种单位表示吸收速率均可用来求得动力学参数(表 3)。

表 2 不同生长时期 $1/V$ 与 $1/S$ 的相关系数

采样次序	相关系数				$r_{0.05}$	$r_{0.01}$
	N. sp. ¹	J. sp. ¹	N. sp. ²	J. sp. ²		
1	0.963	0.936	0.975	0.965	0.754	0.874
2	0.989	0.979	0.987	0.977	0.754	0.874
3	0.995	0.783	0.991	0.789	0.754	0.874
4	0.848	0.910	0.550	0.510	0.878	0.959
5	0.938	0.872	0.956	0.837	0.666	0.798

表 3 不同生长时期两种菠菜的 V_{max} 和 K_m 值

采样次序	$V_{max}^1/(\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$		$K_m^1/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$		$V_{max}^2/(\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$		$K_m^2/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	
	N. sp.	J. sp.	N. sp.	J. sp.	N. sp.	J. sp.	N. sp.	J. sp.
1	0.48	0.59	0.26	0.18	1.56	2.00	0.34	0.21
2	0.40	0.83	0.38	0.44	1.68	4.10	0.32	0.42
3	1.22	1.19	0.77	0.87	5.72	5.96	0.83	0.74
4	1.45	1.50	1.03	1.69	4.05	4.30	0.32	0.73
5	0.49	0.27	0.19	0.26	2.60	1.24	0.28	0.20

表 3 表明,若以单位时间单位株重吸收硝态氮的数量表示吸收速率,第 1 次采样测定时日本超能菠菜的 K_m 值较宁夏圆叶菠菜小,对硝态氮的亲和力大;第 2,3,4,5 次采样测定时宁夏圆叶菠菜的 K_m 值较小,对硝态氮的亲和力大。若吸收速率以单位时间单位根重吸收硝态氮的数量表示,则第 1,3,5 次采样测定时期日本超能菠菜对硝态氮的亲和力较宁夏圆叶菠菜大,而第 2,4 次采样测定时期宁夏圆叶菠菜的亲和力较日本超能菠菜大。可见,用两种吸收速率表示方法求得的菠菜品种间 K_m 值差异规律不一致,且吸收速率不论采用哪种单位表示,求得的两种菠菜的亲和力差异因生长时期而不同。

由 2.1 分析已知,不论以单位株重的吸收量还是以单位根重的吸收量表示,两种菠菜吸收硝态氮量的差异都是一致的。如果第 1,2,3 次采样时期用单位根重表示的吸收速率求得 K_m 值、第 5 次采样时期用单位株重表示的吸收速率求得 K_m 值,两种菠菜对硝态

氮的亲合力差异与吸收量差异是一致的,而第 4 次测定时期不论用哪种单位表示的吸收速率求得亲合力,二者间的差异均与吸收量差异相同,但以单位株重的吸收量表示吸收速率时, $1/V$ 与 $1/S$ 的相关系数超过或接近 5% 的显著水平(表 2),故选用这一单位可能更为适宜。也就是说,在生长前期,用单位根重表示的吸收速率求得的亲合力能准确反映植株对硝态氮的吸收能力,而后期采用单位株重表示的吸收速率所求得的亲合力才能准确反映这一时期植株对硝态氮的吸收情况,该结果符合前面所进行的推断。

3 讨 论

在含有等氮量的硝态氮、铵态氮条件下测定作物的氮素吸收情况,可以“公平”地反映作物的吸氮特性。本试验虽然未进行全生长期的连续吸收试验,但从不同生长时期一定培养时间内的吸收结果可以看出,蔬菜的吸收特性因不同生育阶段而有所不同,从而使得菠菜品种间不同生长时期的吸氮差异也不相同。

自 Epstein 等^[9]将酶动力学方程应用于研究植物对离子的吸收以来,已将这一方法应用于许多作物的营养差异性研究,但在蔬菜上进行的相关研究并不多见。已有的报道集中在以某一个时期的试验结果说明吸收量和亲和力间的关系^[7],或者比较作物不同生长时期 K_m 值的变化情况^[4],并没有把不同生长时期对某种离子的亲和力与吸收量联系起来。本试验中,5 个测定时期总培养时间内单位株重或单位根重吸收硝态氮的数量,宁夏圆叶菠菜分别为 4.73 和 19.30 mg,日本超能菠菜为 4.43 和 19.26 mg,即不论用哪种单位表示,宁夏圆叶菠菜的吸收量都大于日本超能菠菜,而幼苗期分别求得的两种菠菜亲和力则均为后者大于前者,可见幼苗期的亲和力大小不能反映长时间的吸收情况。如果前 3 次采样时期和后 2 次采样时期采用不同的单位表示吸收量,即前期用单位根重表示,后期用单位株重表示,则宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜前 3 次测定时期内的吸收量分别为 14.72 和 15.35 mg,后 2 次测定时期内二者的吸收量分别为 0.98 和 0.71 mg。同样,在求得动力学参数时,前 3 次测定时的吸收速率用单位时间单位根重的吸收量表示,后 2 次用单位时间单位株重的吸收量表示,那么,宁夏圆叶菠菜和日本超能菠菜前 3 次测定的平均 K_m 值分别为 0.50 和 0.46 mmol/L,后 2 次测定的平均 K_m 值分别为 0.61 和 0.98 mmol/L,即二者的亲和力大小差异与实际吸收量差异相一致。本试验的结果表明,由于营养特性的阶段性,单以幼苗时期植株对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的亲合力大小还不能准确反映植株对该养分的吸收情况。不同生长时期菠菜对硝态氮的亲合力大小可以反映在一定时间内植株对硝态氮的吸收能力,但在求得 K_m 值时必须选择适当的吸收速率单位,前期应选用单位时间单位根重吸收硝态氮的数量表示,后期选用单位时间单位株重吸收硝态氮的数量表示。当然,影响蔬菜吸收硝态氮的因素还包括外界的供应浓度、光照、温度、其他离子的配比情况等^[7,10],至于在其他条件下硝态氮吸收量与 K_m 间的关系以及不同生长时期的 K_m 求算方法,还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 沈明珠. 中国菠菜硝酸盐累积和含量水平研究[J]. 园艺学报, 1986, (13): 257—261.
- [2] 王朝辉, 田青鸿, 李生秀, 等. 两种蔬菜对硝态氮的累积和还原[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(2): 12—15.
- [3] 黄建国, 杨邦俊, 袁玲. 小麦不同品种吸收钾离子的动力学研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(1): 38—43.
- [4] 杨肖娥, 孙羲. 不同水稻品种 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收的动力学[J]. 土壤通报, 1991, 22(5): 222—224.
- [5] 黄建国, 袁玲. 大麦和小麦吸收 Cl^- 、 H_2PO_4^- 、 K^+ 的动力学研究[J]. 土壤通报, 1989, 20(1): 37—34, 44.
- [6] 曹享云, 朱世文, 刘武定, 等. 对缺硼反应不同的油菜品种养分吸收动力学研究[A]. 李生秀. 土壤—植物营养研究文集[C]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1999. 282—286.
- [7] 高祖明, 张春兰, 倪金应, 等. 黄瓜等九种蔬菜与 NO_3^- -N 亲和力的研究[J]. 南京农业大学学报, 1990, 13(1): 75—79.
- [8] 蒋廷惠, 郑绍建, 石锦芹, 等. 植物吸收养分动力学研究中的几个问题[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 11—17.
- [9] Epstein E, Hagen C E. A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots[J]. Plant Physiol, 1952, 27: 457—474.
- [10] 田青鸿, 王朝辉, 李生秀. 不同氮素形态及配比对蔬菜生长和品质的影响[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(4): 6—10.

Study on the kinetics of $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption by two spinach varieties

AI Shao-ying¹, LI Sheng-xiu², ZUO Qiang², MA Xiao-ke²

(1 Soil and Fertilizer Institute, GAAS, Guangzhou 510640; 2 Department of Resource and Environmental Science, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Solution culture experiments indicated that the differences of nitrogen absorption between two spinach varieties were various at different growth stages. Ningxia spinach is more favorable to $\text{NO}_3\text{-N}$ than Japanese spinach, especially in the late growth stage. A series of Km values were obtained graphically by Lineweaver—Burk methods based on the enzyme kinetic equation and by using different absorption velocity units. The results indicated that the differences of Km values calculated during the seedling growth stage of two spinach varieties were not be used to show the differences on $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption in the total growth stage. The difference of $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption abilities at one growth stage could be showed by Km values at the same period, but the Km value must be obtained according to selecting suitable absorption velocity unit. It was suggested that the absorption velocity unit should select the amounts of $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption per root weight per hour at the early growth stage, and that it should be the amounts of $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption per plant weight per hour at the late growth stage.

Key words: spinach; $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption; compatibility to $\text{NO}_3\text{-N}$; absorption speed unit