

DOI:10.11937/bfyy.201501003

不同氮形态对沙培黄瓜幼苗生长及养分吸收的影响

王 倡 宪, 肖 龙

(1. 黑龙江大学 农业资源利用与环境安全重点实验室, 黑龙江大学 农业资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要:以黑龙江主栽黄瓜品种“津春3号”为试材,采用盆钵培养的方法,研究了营养液中不同 NO_3^- -N 与 NH_4^+ -N 配比对黄瓜幼苗生长及氮、磷养分吸收的影响。结果表明:沙培条件下,营养液中氮的总浓度为 15 mmol/L 时,随着营养液中 NH_4^+ 比例的增加,幼苗长势随之变弱;全 NO_3^- -N 处理的幼苗叶面积、干重及壮苗指数分别是全 NH_4^+ -N 处理的 1.92、2.12 与 3.07 倍;氮形态对幼苗地上部全氮含量与硝酸还原酶活性无显著影响,而对幼苗地上部全磷含量影响显著,全 NO_3^- -N 处理的幼苗磷含量显著高于全 NH_4^+ -N 处理,为全 NH_4^+ -N 处理的 2 倍;受 NH_3 毒害,全 NH_4^+ -N 处理的幼苗根系活力显著下降,地上部游离氨基酸含量显著上升。全 NO_3^- 处理对黄瓜幼苗生长最有利。

关键词:黄瓜; NO_3^- -N; NH_4^+ -N; 生长; 养分; 硝酸还原酶; 游离氨基酸

中图分类号:S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)01-0008-04

黄瓜在我国蔬菜生产和消费中占有非常重要的地位,随着蔬菜工厂化育苗技术的发展,黄瓜栽培面积逐年扩大。氮作为植物营养三要素之一,对植物的生长发育及产量品质都起着至关重要的作用。 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 是植物吸收氮素的 2 种主要形态,植物对不同氮素形态具有选择吸收的特性^[1]。有研究发现,黄瓜对 NO_3^- -N 的亲合力仅次于番茄,并根据 K_m 值将黄瓜划分为兼性喜硝蔬菜^[2]。另有研究表明,用纯 NO_3^- -N 营养液处理,黄瓜植株营养生长旺盛,但营养液中配合适量 NH_4^+ -N 可明显促进黄瓜的生殖生长^[3]。营养液中适宜的 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 配比有利于植株的生长发育及产量与品质提高^[4-5]。而黄瓜栽培中却表现出明显的喜疏松沙壤土与喜硝性。鉴于相关报道中因品种、育苗基质与配阴离子等诸多试验因素引起的研究结果的不一致性,该研究以当地主栽

黄瓜品种“津春3号”为试验材料,采用沙培方法,于黄瓜育苗生长期供给 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 不同配比的营养液,以探究 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同配比对黄瓜幼苗生长及氮磷养分吸收的影响,旨在为黄瓜育苗时合理选用氮素提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“津春3号”,育苗基质为河沙,过 3 mm 筛后干热间歇灭菌 2 h,育苗容器为 500 mL 盆钵。

该研究中采用的氮总浓度为 15 mmol/L 工作液以 Hoagland 完全营养液配方为基础, NO_3^- -N 与 NH_4^+ -N 分别以 NaNO_3 与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的形式供给,Hoagland 营养液中的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 与 KNO_3 分别用 CaCl_2 与 K_2SO_4 替代,微量营养为 Arnon 营养液配方,每 500 mL 含 NH_4^+ -N 的营养液中加入 DCD 2 mL,最后用 1% H_2SO_4 与 1% NaOH 调节至 pH 6.5。

1.2 试验方法

试验共设 5 个处理,即 NO_3^- -N : NH_4^+ -N 分别为 100 : 0、75 : 25、50 : 50、25 : 75、0 : 100,每处理 5 盆,每盆 1 株,3 次重复。

第一作者简介:王倡宪(1974-),女,博士,副教授,现主要从事菌根生物技术等教学与科研工作。E-mail: wangchangxian@hlju.edu.cn.

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究资助项目(12511403)。

收稿日期:2014-09-11

as control, the germination rate were determined. The results showed that 1 000×g hypergravity treatment significantly increased the content of chlorophyll and cabbage seed salt stress resistance than other hypergravity treatments. Low hypergravity on Chinese cabbage seeds increased chlorophyll content and salt stress resistance, high hypergravity showed the inhibition ability on chlorophyll content of Chinese cabbage seeds and salt resistance.

Keywords: Chinese cabbage; germination rate; chlorophyll; hypergravity; salt stress

1.3 项目测定

每盆装灭菌的河沙 450 g, 调节至适宜水分, 选芽长近 1 cm 的种子播于钵中, 每盆播 2 棵。出苗后每盆留苗 1 株, 待子叶展后浇灌氮总浓度为 15 mmol/L 的完全营养液, 幼苗生长 6 周后收获, 分别测定株高、茎粗、叶面积、干重, 并据此计算壮苗指数^[6]; 同时测定根系活力与地上部硝酸还原酶活性^[7]、地上部全氮及全磷含量^[8]、游离氨基酸含量^[9]。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析, 利用 LSD 方法进行多重比较, 显著水平取 0.05 ($P \leq 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同氮形态比对黄瓜幼苗生长的影响

株高、茎粗、叶面积、干重均是用于度量植株长势的基本参数, 其中, 干重可反映植株生物量的积累状况, 壮苗指数可用来衡量幼苗的质量高低。由表 1 可知, NO_3^- 与 NH_4^+ 不同比对黄瓜幼苗叶面积, 全株干重

与壮苗指数的影响相似, 即随着营养液中 NH_4^+ 含量的增加, 幼苗的叶面积、全株干重与壮苗指数均呈现下降趋势。5 种 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比中, 以全 NO_3^- 处理的幼苗叶面积、干重及壮苗指数最大, 显著高于其余 4 个处理, 而以全 NH_4^+ 处理的幼苗叶面积、干重及壮苗指数最小。 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 为 75:25、50:50、25:75 各处理间的幼苗叶面积, 全株干重与壮苗指数未达到差异显著水平。

2.2 不同氮形态比对黄瓜幼苗硝酸还原酶活性的影响

硝酸还原酶是植物同化 NO_3^- 过程中的关键酶, 植物吸收的硝酸盐必须在硝酸还原酶及亚硝酸还原酶作用下还原成 NH_3 , 才能经过一系列的合成过程在体内转化成氨基酸。由图 1 可知, 5 种 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比条件下, 100:0 处理的硝酸还原酶活性显著高于 75:25 与 25:75 处理, 分别为二者的 1.14 倍和 1.15 倍, 而 75:25 与 25:75 处理间未达到差异显著水平。

表 1 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同比对黄瓜幼苗生长的影响

Table 1	Effect of the ratio of NO_3^- to NH_4^+ on seedling growth				
NO_3^- -N : NH_4^+ -N	株高	茎粗	叶面积	植株干重	壮苗指数
Ratio of NO_3^- to NH_4^+	Plant height/cm	Stem diameter/cm	Leaf area/cm ²	Dry weight/(g·株 ⁻¹)	Index of seedlings' quality
100:0	30.28±1.16a	0.45±0.013a	231.73±11.87a	1.42±0.10a	4.88±0.46a
75:25	23.44±1.24bc	0.43±0.010ab	183.44±3.53b	1.00±0.06b	3.38±0.23b
50:50	22.54±0.50c	0.42±0.010b	182.20±12.36b	0.88±0.05b	3.01±0.33b
25:75	26.08±0.36b	0.40±0.007bc	177.19±10.95b	0.95±0.03b	2.60±0.22b
0:100	19.69±1.07d	0.39±0.008c	120.81±8.26c	0.67±0.05c	1.59±0.14c

注: 表中数值为 5 次重复测定的均值±标准误; 表中同一列标记不同小写字母表示各处理间差异显著 ($P \leq 0.05$)。以下同。

Notes: The values are means of five replicates±SE; different lowercase letters within the same columns show significant difference at 0.05 lever. The same below.

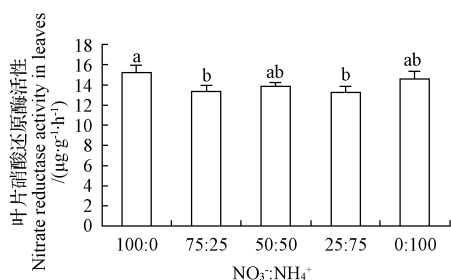


图 1 硝铵不同比对叶片中硝酸还原酶活性的影响

Fig. 1 Effect of ratio of NO_3^- -N to NH_4^+ -N on nitrate reductase activity in leaves

2.3 不同氮形态比对黄瓜幼苗游离氨基酸含量的影响

游离氨基酸是蛋白质等含氮化合物合成与分解过程的中介物质, 反映了植物体内的氮素代谢变化及植物对氮素的吸收、运输、同化等状况。 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同比对幼苗地上部游离氨基酸含量影响显著。从图 2 可以看出, 5 种配比中, 硝铵 2 种配比 50:50 与 25:75 处理的游离氨基酸含量较低, 而 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比为 75:25, 全 NO_3^- 与全 NH_4^+ 处理的幼苗地上部游离氨

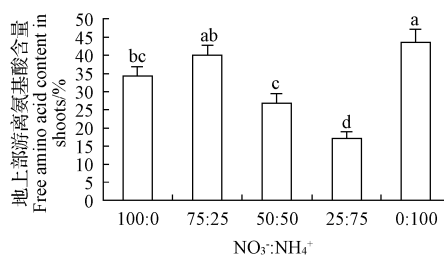


图 2 硝铵不同比对地上部游离氨基酸含量的影响

Fig. 2 Effect of ratio of NO_3^- -N to NH_4^+ -N on free amino acid content in shoots

基酸含量较高, 且全 NH_4^+ 处理显著高于全 NO_3^- 处理。

2.4 不同氮形态比对黄瓜幼苗根系活力的影响

根系活力是用于度量根系对介质中养分与水分吸收能力的一个重要指标。从图 3 可以看出, 随着营养液中 NH_4^+ 比例的增加, 幼苗根系活力逐渐增大, 且以 NO_3^- -N : NH_4^+ -N=50:50 与 NO_3^- -N : NH_4^+ -N=25:75 的 2 个处理幼苗的根系活力最大, 显著高于其它 3 个处理, 当 NO_3^- -N : NH_4^+ -N 大于 25:75 时, 幼苗根系活力显著下降。

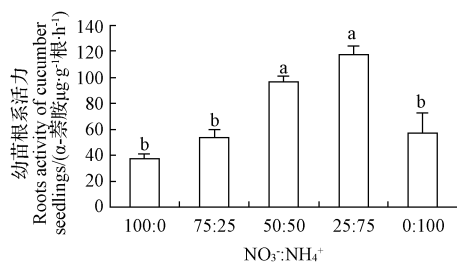


图3 硝铵不同配比对黄瓜幼苗根系活力的影响

Fig. 3 Effect of ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4^+\text{-N}$ on roots activity of cucumber seedlings

2.5 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同配比对黄瓜幼苗氮吸收及利用的影响

氮作为植物生长的重要营养元素,往往是植物生长的限制因素。从表2可以看出,5种 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比处理间在氮含量与氮利用率2个指标上差异不显著。氮吸收量则随着 NH_4^+ 比例的增大而降低,且5种配比中以 $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=25:75$ 与 $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=0:100$ 的2个处理幼苗的氮吸收量最低,显著低于其它3种配比处理。 $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=100:0$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=75:25$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=50:50$ 处理间氮吸收量差异不显著,全 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 处理幼苗的氮吸收量为全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理的2.16倍。

表2 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同配比对
幼苗氮吸收及利用的影响

Table 2 Effect of the ratio of NO_3^- to NH_4^+ on
N uptake and use efficiency

$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$ Ratio of NO_3^- to NH_4^+	氮含量 N content /%	每盆氮吸收量 N uptake per pot /mg	氮利用率 N use efficiency
100:0	4.10±0.64	3.30±0.47a	0.27±0.04
75:25	4.49±0.24	2.62±0.12ab	0.22±0.01
50:50	4.91±0.57	2.38±0.34ab	0.21±0.02
25:75	3.89±0.82	2.19±0.56b	0.30±0.05
0:100	4.30±0.32	1.53±0.14b	0.24±0.02

2.6 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同配比对黄瓜幼苗磷吸收及利用的影响

磷在植物体内不仅参与光合过程中碳水化合物的代谢,同时,光合产物的运输也离不开磷。表3的结果说明,5种配比中,除全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理外,全 NO_3^- 处理的幼苗磷含量与其余3个处理间均无显著差异,与全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理相比,全 NO_3^- 处理的幼苗磷含量为全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理的2倍,显著高于全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理。与磷含量相反,全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理的磷利用率显著高于全 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 处理,全 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处理的磷利用率为全 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 处理的1.67倍。5种 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比中,以全 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 处理的磷吸收量最高,显著高于其余4个处理。

表3 NO_3^- 与 NH_4^+ 不同配比对
幼苗磷吸收及利用的影响

Table 3 Effect of the ratio of NO_3^- to NH_4^+ on
P uptake and use efficiency

$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$ Ratio of NO_3^- to NH_4^+	磷含量 P content /%	每盆磷吸收量 P uptake per pot /mg	磷利用率 P use efficiency
100:0	0.84±0.22a	0.67±0.16a	1.56±0.37b
75:25	0.58±0.04ab	0.34±0.02b	1.76±0.12ab
50:50	0.53±0.06ab	0.25±0.02b	1.94±0.21ab
25:75	0.62±0.11ab	0.35±0.08b	1.82±0.30ab
0:100	0.42±0.06b	0.15±0.02b	2.60±0.51a

3 结论与讨论

养分效率是指植物对生长介质中养分的吸收效率与利用效率。就氮与磷养分而言,磷在土壤中易被固定且移动性差,与磷在植物体内的利用效率相比,其吸收效率对植物的生长发育显得更为重要,而植物的磷吸收效率可利用含磷量与吸磷量2个指标来度量。该研究中,5种 NO_3^- 与 NH_4^+ 配比中,以全 NO_3^- 处理的黄瓜幼苗长势最优,磷吸收量最高,且随着营养液中 NH_4^+ 比例的相对提高,幼苗长势逐渐变差,全 NH_4^+ 处理时,幼苗长势最差,氮磷吸收量均最低。

$\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 是植物吸收的2种主要氮素形态, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和氨基酸则是氮在植物体内的主要运输形态^[10-11]。植物吸收的 NH_4^+ 可直接在根部转化为氨基酸,后经木质部运至地上部,但植物体内过多的 NH_4^+ 会影响植物的呼吸作用,抑制蛋白质的合成^[12]。根系吸收的 NO_3^- 只有少部分在根中被还原,大部分经由木质部运至地上部被还原,多余的 NO_3^- 则贮存于液泡中。结合该研究结果,分析认为,全 NO_3^- 处理可显著促进黄瓜幼苗根对介质中 NO_3^- 的吸收,而根活力也因 NO_3^- 的还原被削弱。有研究认为,经由木质部运至地上的 NO_3^- 在叶片中被还原时可利用光合作用产生的能量,从而降低了能量消耗,而 NO_3^- 在根系中被还原则要消耗大量ATP,削弱根系活力^[13]。植物以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为唯一氮源时, NH_3 容易扩散至膜内,一方面阻碍质膜质子电势梯度的建立,破坏膜结构,诱发磷酸化和光合磷酸化与电子传递解偶联,影响了幼苗的光合作用,同时,较低的磷含量会影响光合产物的运输,最终表现为生物量显著下降;另一方面,尽管全 NH_4^+ 处理的幼苗氮吸收量较少,但扩散至膜内的 NH_3 如不能及时被利用,幼苗就会受到毒害,而地上部游离氨基酸含量的增加是幼苗对毒害所能作出的一种响应。也有研究证实,高水平 NH_4^+ 显著抑制黄瓜生长并产生毒害,而高水平的硝态氮则易产生渗透胁迫。致使渗透调节物质大量积累^[14]。

幼苗吸收 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 后基质中会分别产生 OH^- 与 H^+ ,沙培条件下, NH_4^+ 同化过程中向介质中

释放的 H^+ 无法及时得到缓冲,由此对幼苗造成的影响也是全 NH_4^+ 处理条件下幼苗表现受害症状的诱因之一。研究发现,黄瓜在供给 NO_3^- 时,根系可分泌大量草酸和苹果酸等有机酸^[2]。全 NO_3^- 处理条件下,基质中释放的 OH^- 会被根系分泌的各种有机酸中和,从而减缓了因介质 pH 升高对幼苗生长的不利影响。该研究中, NO_3^- -N 与 NH_4^+ -N 的配合离子分别为 Na^+ 与 SO_4^{2-} , Na^+ 为盐基离子, SO_4^{2-} 厌氧条件下易被还原, Na^+ 与 SO_4^{2-} 对幼苗根系生长的影响有待进一步研究。

综合上述研究认为,在沙培条件下,营养液中氮的总浓度为 15 mmol/L 时,以 $NaNO_3$ 形式供给的 NO_3^- 是“津春 3 号”黄瓜幼苗最适宜的氮形态。因为供给 NO_3^- 更有利于根系从介质中吸收氮磷营养,进而培育壮苗;而全 NH_4^+ 形态的氮会对幼苗造成毒害,严重抑制幼苗生长。

参考文献

- [1] 陆景陵. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 23-25.
- [2] 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.
- [3] 寿森炎, 楼惠宁, 董伟敏. 氮素形态不同配比对黄瓜生长和性别分化的影响(初报)[J]. 园艺学报, 1996, 23(1): 49-53.

的影响(初报)[J]. 园艺学报, 1996, 23(1): 49-53.

- [4] 武新岩, 郭建华, 方正, 等. 不同氮素形态对黄瓜光合作用及果实品质的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(2): 223-227.
- [5] 杜永臣, 张福漫, 刘步洲. 不同形态氮素对温室沙培黄瓜生长发育的影响[J]. 园艺学报, 1989, 16(1): 45-50.
- [6] 吕桂云, 陈贵林, 齐国辉. 黄瓜菌根化育苗基质的研究[J]. 中国蔬菜, 2002(4): 9-12.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 1-278.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [9] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 175-176.
- [10] Crasford N M, Glass A D M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants[J]. Trends Plant Science, 1998, 3(10): 389-395.
- [11] Andrews M. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants[J]. Plant Cell and Environ, 1986, 9(7): 511-519.
- [12] Haynes R J. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants [A]// Haynes R J (ed). Mineral nitrogen in the plant soil system[M]. Orlando: Academic Press, 1986: 303-378.
- [13] Nicodemus M A, Salifu K F, Jacobs D F. Growth, nutrition, and photosynthetic response of *Juglans nigra* to varying nitrogen source and rate[J]. J Plant Nutr, 2008, 31: 1917-1936.
- [14] 高青海, 魏珉, 杨凤娟, 等. 黄瓜幼苗干物质积累、膨压及光合速率对铵态氮和硝态氮的响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 120-125.

Effect of Different Nitrogen Forms on Growth and Nutrients Uptake of Cucumber Seedlings in Sand Culture

WANG Chang-xian, XIAO Long

(Key Laboratory of Agricultural Resources Utilization and Environmental Security, Heilongjiang University, College of Agricultural Resources and Environment, Heilongjiang University, Harbin, Heilongjiang 150080)

Abstract: Taking ‘Jinchun No. 3’ which was main cucumber variety of Heilongjiang as materials, a pot experiment was conducted to investigate the effect of ratio of NO_3^- -N to NH_4^+ -N on cucumber seedling growth and N and P uptake. The results showed that maintaining the total N concentration in solution at 15 mmol/L, seedlings became weak in growth with the increasing of NH_4^+ -N ration in sands. The leaf area, dry weight and the indexes of seedling’s quality treated by NO_3^- -N were 1.92 times, 2.12 times and 3.07 times higher than NH_4^+ -N treatment. The effect of ratio of NO_3^- -N to NH_4^+ -N on N content and nitrate reductase activity were not significant; however, the effect on P content was significant, the P content in shoots treated by NO_3^- -N was 2 times higher than NH_4^+ -N treatment. For the damage caused by NH_3 , the root activity of seedlings treated by NH_4^+ -N decreased significantly, but increase in free amino acid content was detected. The quality of seedlings treated by NO_3^- -N was the best.

Keywords: cucumber; NO_3^- -N; NH_4^+ -N; growth; nutrients; nitrate reductase; free amino acid