

氮素形态对燕麦生长和根际 pH 值的影响

孙亚卿, 邵金旺, 王莹, 樊明寿

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 试验采用溶液培养的方法, 研究了 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 2 种不同形态氮素对燕麦营养生长、氮代谢及根际 pH 值的影响。结果表明: 在 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 两种形态氮素同时存在的营养介质中, 燕麦生长明显优于单一供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 或 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 处理, 且植株生长量特别是根系生长量随着 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在氮源中比例的提高而增加; 燕麦吸收 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 会对根际 pH 值产生不同影响, 吸收 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 时, 根际 pH 值逐渐升高, 而吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 却使根际 pH 值有所降低。

关键词: 燕麦; 铵态氮; 硝态氮; 营养生长; 根际 pH

中图分类号: Q945; S512.663; S143.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2004)03-0059-03

Influence of Nitrogen Forms on Oat Growth and Rhizosphere pH

SUN Ya-qing, SHAO Jin-wang, WANG Ying, FAN Ming-shou

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: Solution culture and sand culture were employed to investigate the influence of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ on plant growth, nitrogen metabolism as well as rhizosphere pH for oat. The results showed: supplied with both N forms, the oats grew obviously better than that with either, and with increase of $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ ratio in cultural media, oat plants growth especially roots growth was improved; nitrogen forms also affected the oat rhizosphere acidity greatly, the pH value of oat rhizosphere was decreased when supplied plants with $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, whereas it increased when supplied plants with $\text{NO}_3^- - \text{N}$.

Key words: Oat; $\text{NO}_3^- - \text{N}$; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$; Vegetative growth; Rhizosphere pH

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 虽然同是植物可吸收利用的氮素形态, 但植物对二者的吸收、运输、贮藏、同化等方面存在很大差异, 这必然会影响到植物的其他生理过程和生长发育。研究表明这两种氮素对植物生长的有效程度取决于植物种类、二者的浓度及其比例^[1]、土壤 pH 值^[2] 以及生长介质的缓冲能力^[3] 等。近年来国内外关于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 对植物生长发育的影响进行了大量研究, 但多数集中于蔬菜作物^[4~7], 而在其他作物上的研究较少。裸燕麦(俗称莜麦)是我国北方重要的粮食作物, 其多种加工品被国内外认为是优良的保健食品。但迄今为止还未见裸燕麦对不同形态氮素反应的研究。

多数植物吸收硝态氮根系分泌 OH^- 使营养介

质 pH 值上升, 相反, 吸收铵态氮素可使营养介质 pH 值下降, 但一些豆科植物吸收两种不同形态的氮素不会引起根际 pH 的任何变化。燕麦吸收不同形态的氮素是否会引起根际 pH 的显著变化? 目前还未见报道。本研究采用水培的方法, 分析比较不同形态氮素及配比对燕麦生长、氮素代谢、根际 pH 值的影响, 以期对燕麦生产提供一定的理论指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为裸燕 323, 采用溶液培养的方法。N 的总浓度为 3 mmol/L, 设 100% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 70% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ + 30% $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 50% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ + 50%

收稿日期: 2004-05-29

基金项目: 内蒙古教育厅重点基金项目(NJ02055)

作者简介: 孙亚卿(1978-), 女, 内蒙古人, 硕士, 主要从事植物生理和植物营养方面的研究工作; 樊明寿为通讯作者。

$\text{NO}_3^- - \text{N}$, 30% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ + 70% $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 100% $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 5 个处理, 依次将其称为处理 1 至处理 5, 每处理重复 3 次。

1.2 试验方法

溶液培养: 发芽的燕麦种子待一片真叶展开时移栽至 pH 6.5 的不同氮源的营养液中, 前 6 d 分别用 1/4 和 1/2 浓度营养液培养, 第 7 d 起用完全营养液培养。利用通气泵昼夜通气, 温度保持在 20~25℃, 每天光照 12 h, 光照强度为 8 000 Lx。培养期间每隔 3 d 更换 1 次营养液, 每天用 0.1 mmol/L 的 KOH 或 HCl 调节 pH 至 6.5 左右。共培养 45 d。营养液参见 Epstein 配方。

测定方法: 全氮量采用开氏消解后蔡氏比色测定。根系分泌物酸度的测定参见参考文献^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同形态氮素供应条件下燕麦的氮代谢

大量研究已表明, 不同种属植物对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 2 种形态氮素的吸收和利用存在较大的差异, 因此有必要首先对裸燕麦在吸收、同化利用 2 种形态氮素方面的差异进行比较。对单位干重含氮量(以干重计)进行的统计分析(图 1)表明, 除 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 为 70/30 的处理略高于以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 或 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 单独作氮源的 2 处理外, 其余 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 配合使用的各处理其植株茎叶和根系的含氮量与单一氮源的 2 处理无显著差异。但是处理间单株吸收的总氮量(图 2)却表现出显著的差异。其中两种氮源配合使用的 3 个处理其植株吸收的氮素总量均显著高于单一氮源处理, 而且当介质中 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 为 30/70 时, 植株吸收的总氮量最多, 单一供应 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 时, 燕麦植株吸收的氮素总量虽不及 2 种氮素同时使用的处理, 但显著高于单

一供 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 处理。由此可以基本推断燕麦比较喜好 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。

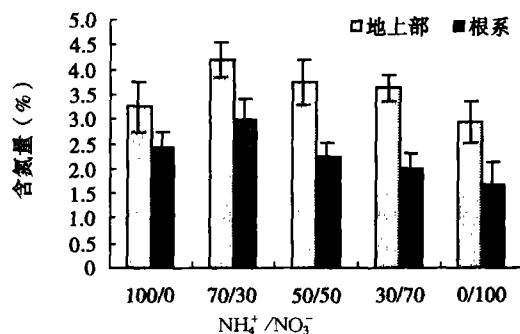


图 1 不同形态氮素供应 45 d 条件下燕麦植株体内含氮量比较

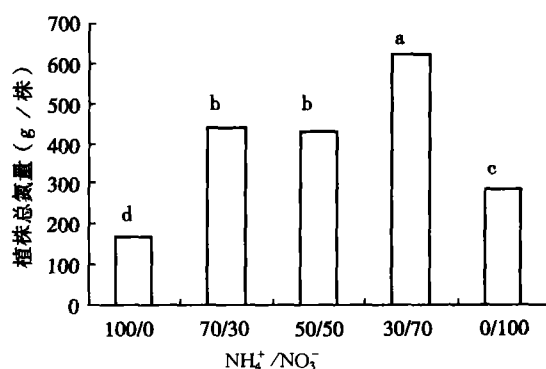


图 2 在不同形态氮素供应 45 d 条件下燕麦植株吸收总氮量

2.2 不同形态氮素对燕麦生长的影响

供应不同形态的氮素, 燕麦植株生长发育状况表现出较大的差异。由表 1 可看出, 以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 或 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为单一氮源的处理, 其植株地上部生长量均小于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 配合使用的各处理。从表 1 中还可看出, 2 种氮素配合使用, 随着 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 所占比例增大, 燕麦茎叶生长量增加, 而且以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 占 50%~70% 为佳。尽管单独供应燕麦 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 时, 植株生物量低于 2 种形态氮素配合的各处理, 但植株生长显著优于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 处理。

表 1 不同 $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 燕麦生物量的比较

$\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$	地上部鲜重(g/株)			根鲜重(g/株)			根冠比		
	15 d	30 d	45 d	15 d	30 d	45 d	15 d	30 d	45 d
100:0	31.29b	45.86d	52.14d	2.75d	4.96d	4.95e	0.088b	0.108c	0.095c
70:30	33.17a	60.19b	104.84b	3.17c	6.58c	10.19d	0.096b	0.109c	0.097c
50:50	32.84a	60.19b	114.83b	3.46b	7.94b	14.14c	0.105b	0.125b	0.123b
30:70	31.23b	70.70a	171.85a	3.80a	8.16a	16.21b	0.122a	0.115c	0.094c
0:100	30.84c	54.32c	97.80c	3.78a	8.32a	16.62a	0.123a	0.153a	0.170a

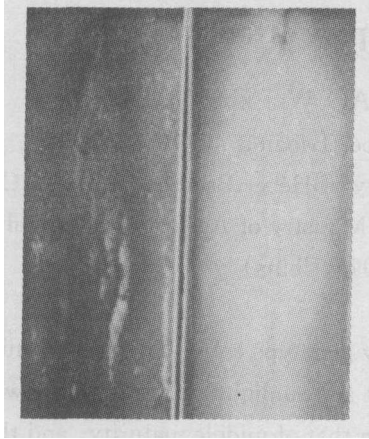
仅供应 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (即 100% $\text{NO}_3^- - \text{N}$) 时, 燕麦根系生长速度并未表现出比混合处理慢的现象, 而单独供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 根系生长最慢, 而且根系变褐。

营养液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比例增加, 根系生长发育逐步加速, 总的趋势是以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主要氮源时 ($\text{NO}_3^- - \text{N} \geq 70\%$) 生长量较高, 而当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在总氮源中

所占比例 > 50% 时, 生物量明显下降, 根冠比显著降低。地上部和根系的生物量变化进一步说明燕麦是喜 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 作物。

2.3 氮素形态对燕麦根际 pH 值的影响

将 100% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 100% $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为氮源培养的燕麦植株分别从营养液中转移到 pH 6.0 并加有溴甲酚紫指示剂的琼脂培养基中, 培养 10 min 后, 供 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 植株根系周围的琼脂开始变黄, 30 min 后, 根际颜色变化更加明显(图 3)。供 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 植株根际颜色变化较 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 处理稍慢, 植株转移到琼脂培养基约 30 min 后根际开始出现紫色, 90 min 后根际显现明显的颜色变化。溴甲酚紫的变色范围是: pH 5.2~6.0 时颜色为黄色, pH 值 6.0 和 6.8 之间呈现紫色。这表明与大多数植物一样, 供给燕麦 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 植株根际逐渐酸化, pH 值降低, 而供应 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 却使植株根际 pH 值上升。



左图为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 处理, 右图为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 处理

图 3 供应 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 燕麦根际 pH 的变化

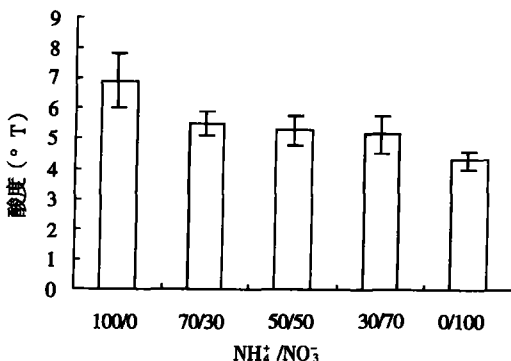


图 4 不同形态氮素处理下燕麦根系分泌物酸度

进一步对水培植株根系分泌物酸度进行了测定, 结果如图 4 所示。供给 100% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 时, 根系分泌物酸度显著高于其他处理, 为 6.90, 而供给 100% $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 时, 根系分泌物酸度最低。2 种氮

源不同比例配合使用的各处理间, 燕麦根系分泌物的酸度差异不显著。

3 讨论

在严格控制培养条件的前提下, 本研究从植株对氮素的吸收、茎叶和根系的生长几方面基本证明燕麦是喜 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 植物。虽然田间情况与水培条件相差甚远, 施入土壤中的化学肥料存在着化学和生物转化, 此研究结果还不可以直接用于燕麦生产实践, 但是在有一定比例 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的前提下 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 供应增加可促进根系生长的研究结果为燕麦施肥提供了一个重要信息。燕麦常被习惯地种植于干旱瘠薄土壤且普遍使用 NH_4^+ 态氮肥, 由于早春土壤温度较低, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的生物转化较慢, 因此植株生育早期发育迟缓的原因之一可能与氮素吸收不足有关。若氮肥中增加一定比例的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 可能会促进燕麦早期发育特别是根系的发育, 因此有必要在田间进行进一步的试验以检验上述假设。

同大多数植物一样, 燕麦吸收 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 后根际 pH 会逐渐升高, 而吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 会使根际 pH 有所降低。前人的研究表明, 随土壤 pH 值的降低土壤中的难溶性磷的溶解度或生物有效性逐渐提高, 燕麦吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 后根际 pH 降低的幅度是否会引起根际难溶性磷的溶解性提高进而提高植物对其的吸收也值得进一步研究。

参考文献:

- [1] Errebhi M, Wilcox G E. Tomato growth and nutrient uptake pattern as influenced by nitrogen form ratio [J]. Journal of Plant Nutrition, 1990, 13(8): 1031 - 1043.
- [2] Rosen C J, Allan D L, Luby J J. Nitrogen form and solution PH influence growth and nutrition of two Vaxxinum clones [J]. Journal of American Society for Horticultural Science, 1990, 115(1): 83 - 89.
- [3] 陈元镇. 花卉无土栽培的基质与营养液 [J]. 福建农业学报, 2002, 17(2): 128 - 131.
- [4] 田霄鸿, 李生秀. 几种蔬菜对硝态氮、铵态氮的相对吸收能力 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 194 - 201.
- [5] 张春兰, 高祖明. 氮素形态和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 配比对菠菜生长和品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 1990, 13(3): 70 - 74.
- [6] 汪李平, 李式军. 不同氮素形态及配比对水培生菜铁营养的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 1995, 22(3): 266 - 271.
- [7] 田霄鸿, 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(2): 6 - 10.
- [8] 李明刚, 郭超亚, 但野利秋. 缺磷条件下作物根系分泌性磷酸酶与有机酸的诱导研究 [J]. 耕作与栽培, 1997, (4): 43 - 46.