

不同水稻品种对铵态氮和硝态氮吸收特性的研究*

张亚丽 董园园 沈其荣[†] 段英华

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要 采用水培方法研究了不同形态氮素对武育粳 3 号(常规粳稻)和扬稻 6 号(常规籼稻)生长的影响及其水稻苗期对 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的吸收动力学特征。结果表明:不同形态氮素对水稻生长影响差异显著,铵硝混合营养下水稻的生长最优;扬稻 6 号比武育粳 3 号具有更强的氮素吸收能力;不论武育粳 3 号或是扬稻 6 号,单一氮源时 NO_3^- 的 K_m 值均大于 NH_4^+ ,说明水稻对 NH_4^+ 的亲合力大于 NO_3^- ,武育粳 3 号对 NH_4^+ 的最大吸收速率小于 NO_3^- ,而扬稻 6 号则极为接近; NH_4^+ 的存在均显著降低两个水稻品种对 NO_3^- 的吸收速率,武育粳 3 号和扬稻 6 号的 NO_3^- 的 V_{\max} 分别比单一硝营养减小 1/2 和 2/3, NO_3^- 的存在不影响武育粳 3 号对 NH_4^+ 的吸收速率,但使扬稻 6 号对 NH_4^+ 的吸收速率减小。

关键词 水稻; NH_4^+ ; NO_3^- ; 动力学参数

中图分类号 S501 **文献标识码** A

传统观点认为水稻是喜铵(NH_4^+)作物,因为在淹水条件下土壤硝化作用被强烈抑制,土壤溶液中的 NH_4^+ 浓度会大大提高, NH_4^+ 是主要存在形态。与硝态氮(NO_3^-)相比,水稻的 NH_4^+ 营养受到了人们的重视。但值得注意的是,水稻根系能分泌 O_2 , 这些 O_2 能满足好氧微生物的生活需要,好氧微生物可将 NH_4^+ 氧化成 NO_3^- 。Kirik^[1]建立了模型来定量评价水稻对根际发生硝化作用生成的 NO_3^- 的吸收,由该模型可知,在水作条件下水稻可吸收大量的 NO_3^- 。而且我国目前逐渐兴起的水稻节水栽培技术使水稻根系的通气条件有了很大的改善,在较好的通气条件下,肥料氮(N)和土壤有机 N 矿化释放出的 NH_4^+ 易被氧化成 NO_3^- ,从而使水稻生长过程中 NH_4^+ 和 NO_3^- 共存于土壤中。

因此,水稻对 N 素的吸收利用能力应该表现为对 NH_4^+ 和 NO_3^- 综合吸收利用能力,而不仅仅是其中的一种。很多报道表明,与单一的 NH_4^+ 或 NO_3^- 营养相比,在混合 N 营养下水稻可获得更大的生物量 and 经济产量,而水稻生物量的增加与不同形态 N 素的吸收关系密切,根系对这不同形态 N 的吸收速率可用 Michaelis-Menten 动力学方程表示^[2]:

$$I_N = \frac{V_{\max} C}{K_m + C}$$

式中, I_N 为净吸收速率(单位根量在单位时间内吸收的 NO_3^- 或 NH_4^+ 量); V_{\max} 为最大吸收速率, V_{\max} 值愈大,表示吸收的内在潜力愈大; K_m 值表示根系吸收位点对离子亲合力的大小, K_m 愈小,表示亲和能力愈大。参数 V_{\max} 和 K_m 被广泛用于鉴别作物种类或品种间 N 素营养的差异,或用来作为不同基因型对土壤 N 素营养条件适应能力的指标^[3~8]。

本实验采用水培方法,研究不同基因型水稻苗期对不同形态 N 素的生长效应及对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收动力学特征,旨在揭示不同基因型水稻品种对 NH_4^+ 和 NO_3^- 响应的机制,为水稻高产进行水肥调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试水稻

供试水稻品种有扬稻 6 号(常规籼稻)和武育粳 3 号(常规粳稻)。

1.2 植株培养实验

实验于 2003 年 3 月至 5 月在南京农业大学温

* 国家自然科学基金重大项目(30390080)、国家自然科学基金项目(30270790)资助

[†] 通讯作者: Tel: 025-84395212; Fax: 025-84395212; E-mail: qshen@njau.edu.cn

作者简介: 张亚丽(1971~), 副教授, 在职博士生, 主要从事植物营养研究

收稿日期: 2003-09-30; 收到修改稿日期: 2004-01-12

室进行。水稻种子分别经 30% 的 H_2O_2 浸泡 30 min 灭菌, 置于 $32\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温培养箱中催芽, 露白后播于盛有蛭石的育苗盘, 二叶一心时移栽。营养液采用国际水稻研究所 (IRRI) 常规营养液, 总 N 浓度为 40 mg L^{-1} , 其中 NH_4^+ / NO_3^- 比例分别为 100: 0、50: 50 和 0: 100。营养液中 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 的浓度保持不变。其中 Fe 用 $Fe(EDTA-Na_2)$ 代替, 并加入硅酸钠以保持营养液中的 SiO_2 为 120 mg kg^{-1} 。水培试验开始时的营养液为 1/3 浓度的营养液, 三叶一心后为完全营养液。每天调 pH 值为 6.0, 早晚各通气 0.5 h。每 2 天换一次营养液(在一开始两次更换营养液时测定了纯 NH_4^+ 处理营养液中的 NO_3^- , 结果均未检测到 NO_3^- 的存在, 说明每隔 2 天换一次营养液能确保营养液中没有发生硝化过程), 水培容器为 500ml 的塑料杯, 上覆 1 孔塑料盖, 塑料杯和盖用遮光布包裹。每孔 2 苗。

1.3 分析测试

水稻长至五叶一心时收获。整个植株分为地上部和根系, 分别测量干重。干样经粉碎后测量全 N 量。倒二叶叶绿素含量采用日产 SPAD-502 型叶绿素计测定, 所得数据进行方差分析, 并进行多重比较。硝酸还原酶采用对氨基苯磺酸-萘胺比色法^[9]。

1.4 水稻根系对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收动力学特征研究

水稻对 NH_4^+ 、 NO_3^- 的吸收动力学试验采用常规耗竭法。水稻(其营养液氮形态为 NH_4^+ / NO_3^- 比例为 50: 50, 苗龄为五叶一心) 苗根系经漂洗后吸干水分, 浸入缺氮的国际水稻研究所常规营养液中饥饿培养 2 d。随后浸入 30 ml 分别添加 $(NH_4)_2SO_4$ 、 NH_4NO_3 、 $Ca(NO_3)_2$ 的国际水稻研究所营养液内吸收(营养液中 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的浓度不变), NH_4^+ (或

NO_3^-) 的浓度分别为 0.05、0.10、0.25、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50、2.00 $mmol L^{-1}$, 共 9 个处理, 重复 3 次, 试验在温度 $29 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 、光照强度为 9 000 lx 的人工气候室中进行, 吸收 2 h, 分别对地上部分和根系称重, 并测定营养液中的 NH_4^+ 、 NO_3^- 的含量, 根据吸收前后 N 浓度的变化量, 计算单位干根重在单位时间内的 N 净吸收量, 即根系对 N 的净吸收速率。采用 Michaelis-Menten 方程的 Hofstee 转换式处理数据, 求出吸收动力学参数 V_{max} (最大吸收速率) 和 K_m (表观米氏常数)。营养液中 NH_4^+ 、 NO_3^- 含量均用流动分析仪(型号为 AA3)测定。

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态对水稻生长的影响

从表 1 可看出, 不同形态 N 素对水稻生长影响差异显著。两个不同基因型的水稻品种均在 NH_4^+ / NO_3^- 为 50: 50 的营养液中生长最好, 植株总干重、分蘖数、N 积累量均最高; 单一 N 形态下生长的水稻次之。从表 2 可看出, 增硝营养对水稻的生长有明显的促进作用。但不同水稻品种其生长性状指标增幅不同。在增硝营养下武育粳 3 号和扬稻 6 号的总生物量的增幅分别为 17% 和 22%, 其主要原因是扬稻 6 号的根系对增硝营养更为敏感, 其侧根大量发生, 其根干重增幅高达 40%, 从而导致水稻总干重的大量增加, 这与他人的研究结果相一致^[10]。增硝对水稻分蘖数的萌生有较大的促进作用, 武育粳 3 号的增幅是扬稻 6 号的 2 倍多。虽然增硝营养下武育粳 3 号的总生物量增幅小于扬稻 6 号, 但前者 N 含量的增幅高达 7%, 高于后者, 所以增硝营养下两个不同基因型水稻的氮积累量的增幅基本相当。

表 1 不同形态氮素对水稻苗期生长的影响

Table 1 Effect of forms of nitrogen on growth of rice seedlings

品种 Genotype	NH_4^+ / NO_3^-	地上部干重 Shoot DW (g pot ⁻¹)	地下部干重 Root DW (g pot ⁻¹)	总干重 Total DW (g pot ⁻¹)	叶绿素 ¹⁾ Chll. content (%)	分蘖数 Tillers (plant ⁻¹)	氮含量 N concentration (%)	氮积累量 N accumulation (mg pot ⁻¹)
武育粳 3 号 Wuyujing	100: 0	1.12 ± 0.06	0.26 ± 0.02	1.38 ± 0.08	44.00 ± 0.59	1.83 ± 0.05	2.91 ± 0.10	40.16 ± 2.02
No. 3	50: 50	1.32 ± 0.12	0.29 ± 0.03	1.61 ± 0.15	43.85 ± 0.29	2.50 ± 0.09	3.11 ± 0.18	50.07 ± 2.21
扬稻 6 号 Yangdao	0: 100	1.23 ± 0.14	0.28 ± 0.01	1.51 ± 0.14	40.83 ± 0.05	1.87 ± 0.01	3.07 ± 0.18	46.63 ± 1.02
No. 6	100: 0	1.61 ± 0.11	0.35 ± 0.08	1.96 ± 0.13	42.37 ± 0.49	3.17 ± 0.12	3.35 ± 0.11	65.66 ± 3.10
Yangdao	50: 50	1.90 ± 0.08	0.49 ± 0.05	2.39 ± 0.13	41.12 ± 0.30	3.67 ± 0.12	3.37 ± 0.12	80.54 ± 3.78
No. 6	0: 100	1.44 ± 0.05	0.50 ± 0.04	1.94 ± 0.09	40.62 ± 0.08	2.33 ± 0.11	2.86 ± 0.17	55.48 ± 1.56

1) SPAD 值 SPAD readings

表2 增硝营养对不同水稻品种生长的影响¹⁾

Table 2 Effect of enhanced nitrate nutrition on growth of rice seedlings

品种 Genotype	地上部干重 Shoot DW	根干重 Root DW	总干重 Total DW	叶绿素含量 Chll content	分蘖数 Tillers	氮含量 N concentration	氮积累量 N accumulation
武育粳3号 Wuyujing No. 3	1.18	1.11	1.17	1.00	1.37	1.07	1.25
扬稻6号 Yangdao No. 6	1.18	1.40	1.22	0.97	1.16	1.01	1.23

1) NH_4^+ / NO_3^- 为 50 : 50 营养下的水稻生长参数除以 NH_4^+ / NO_3^- 为 100 : 0 营养下的水稻生长参数可得到增硝营养作用 Ratio between rice growth parameters in nitrogen of mixed forms (NH_4^+ and NO_3^-) and those in ammonium is the effect of enhanced nitrate

2.2 单一氮源时不同水稻品种对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收动力学特征

从图1可看出,单一氮源条件下,武育粳3号对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收速率均比扬稻6号的小,这说明后者的吸N能力强;而且武育粳3号在两种营养液下的根干重均比扬稻6号的小,所以它的总生物量和N积累量均比扬稻6号的小。而不同基因型水稻对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收速率有显著差异。武育粳对 NH_4^+ 的吸收速率小于对 NO_3^- 的吸收速率,而扬稻6号表现出相反的趋势。从动力学参数来看,武育粳对 NO_3^- 的吸收优势主要表现为较大的 V_{max} 值即更快的运转速度;而扬稻6号对 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收的 V_{max} 值相近,但 K_m 差异较大,分别为 0.63 与 1.05,说明扬稻6号对 NH_4^+ 的吸收优势主要表现在较小的 K_m 值,即载体与 NH_4^+ 之间更高的亲和性上。

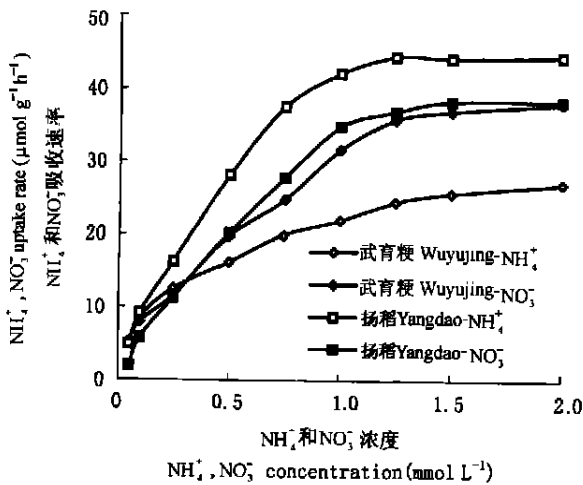


图1 水稻苗期对 NH_4^+ 、 NO_3^- 的吸收速率

Fig. 1 NH_4^+ and NO_3^- uptake rates by different genotypes of rice

单一N源条件下,武育粳3号在两种N营养下的根干重基本相当,而且 NH_4^+ 吸收速率小于 NO_3^- 吸收速率,所以 NO_3^- 营养下的武育粳3号的总生物量、

含N量、N积累量均高于 NH_4^+ 营养的。而扬稻6号对 NH_4^+ 吸收速率大于 NO_3^- 吸收速率,虽然从表1可看出全 NH_4^+ 营养下扬稻6号的根干重低于全 NO_3^- 营养下的根干重约40%, NH_4^+ 营养下的植株含N量和N积累量还是均高于 NO_3^- 营养下的量。

2.3 NH_4^+ 和 NO_3^- 共存时不同水稻品种 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收动力学特征

NO_3^- 存在时供试水稻对 NH_4^+ 的吸收速率仍符合 Michaelis-Menten 方程的描述,从图2可看出, NO_3^- 存在对两个水稻品种的吸收速率的影响差异显著。两种N源同时存在时,武育粳对 NH_4^+ 吸收速率有所增加,从吸收动力学参数看, NO_3^- 存在使武育粳对 NH_4^+ 的 V_{max} 增加了约35% (表3);而 NO_3^- 的存在使扬稻6号对 NH_4^+ 的吸收速率比单一 NH_4^+ 时显著下降,其 V_{max} 值减小了约1倍。

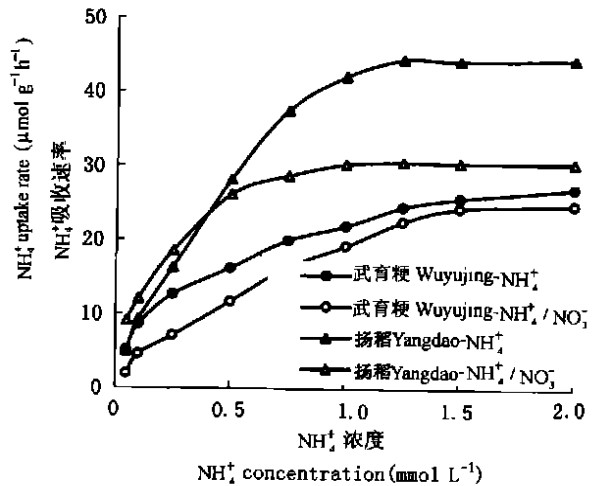


图2 NO_3^- 存在时水稻苗期对 NH_4^+ 的吸收速率

Fig. 2 NH_4^+ uptake rate by different genotypes of rice in the presence of NO_3^-

NH_4^+ 存在对供试水稻 NO_3^- 的吸收同样符合 Michaelis-Menten 方程的描述,从图3可看出, NH_4^+ 存在时,武育粳3号和扬稻6号对 NO_3^- 的吸收速率

表 3 不同水稻品种对 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收动力学参数Table 3 Parameters of NH_4^+ , NO_3^- uptake kinetics of rice of different genotypes

品种 Genotype	氮素形态 Nitrogen form	V_{\max} ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	K_m (mmol L^{-1})	R^2
武育粳 3 号 Wuyujing No. 3	NH_4^+	31.49	0.41	0.933 ^{**3)}
	NH_4^+ ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) ¹⁾	42.98	1.25	0.919 ^{**}
	NO_3^-	58.61	0.97	0.947 ^{**}
	NO_3^- ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) ²⁾	15.48	0.30	0.784 ^{**}
扬稻 6 号 Yangdao No. 6	NH_4^+	63.67	0.63	0.787 ^{**}
	NH_4^+ ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) ¹⁾	35.69	0.23	0.857 ^{**}
	NO_3^-	63.50	1.03	0.793 ^{**}
	NO_3^- ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) ²⁾	30.70	0.53	0.972 ^{**}

1) NH_4^+ 、 NO_3^- 共存时溶液中的 NH_4^+ NH_4^+ in the mixed solution of NH_4^+ and NO_3^- ; 2) NH_4^+ 、 NO_3^- 共存时溶液中的 NO_3^- NO_3^- in the mixed solution of NH_4^+ and NO_3^- ; 3) **: 指 1% 显著水平 Significance at 1% level of probability

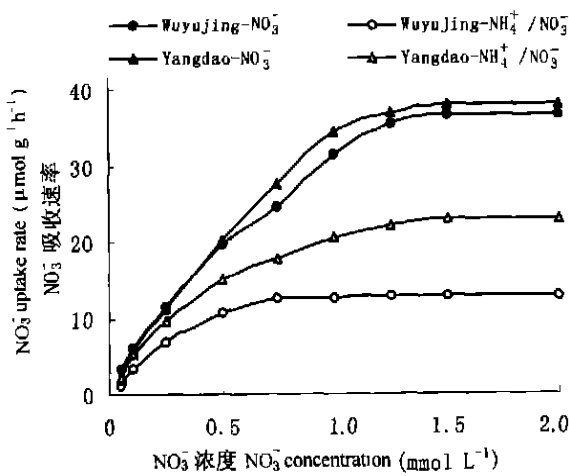
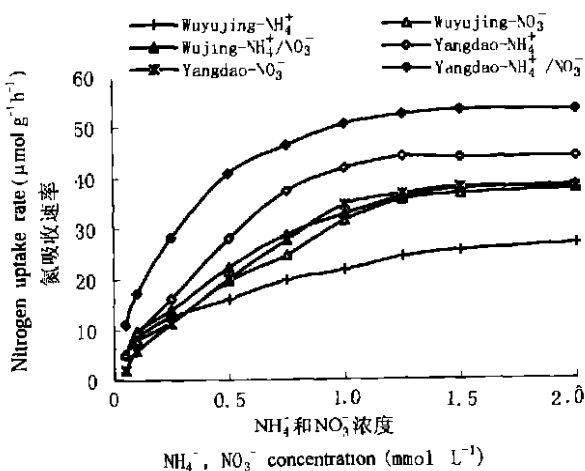
图 3 NH_4^+ 存在时水稻苗期对 NO_3^- 的吸收速率Fig 3 NO_3^- uptake rates by different genotypes of rice in the presence of NH_4^+ 

图 4 水稻苗期对氮的吸收速率

Fig 4 N uptake rate by different genotype of rice

均显著下降, 其中前者的下降幅度大于后者。从吸收动力学参数来看, 二者也表现出一致性, 与单独供 NO_3^- 相比, NH_4^+ 存在使两种水稻对 NO_3^- 的 V_{\max} 值均显著降低了 1/2, K_m 值也有所减小, 说明 NH_4^+ 的存在使水稻对 NO_3^- 的亲合力增加(表 2)。

从图 4 可看出, 两个水稻品种同时供应 NH_4^+ 和 NO_3^- 时水稻吸氮速率大于水稻供单一氮源时的吸氮速率, 这可能是水稻在供给混合 N 营养液时其生长优于供应单一 N 源的原因。

3 讨论

离子吸收是作物矿质营养过程中极其重要的环节, 在小麦、大麦、玉米等作物上, 都已证明 K^+ 和 H_2PO_4^- 等离子的吸收存在着明显的基因型差异。试验表明, 水稻在 N 素吸收上也存在着明显的基因型差异^[4, 5]。在本实验条件下, 武育粳 3 号与扬稻 6 号相比, 后者在 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收上均显示出较为明显的优势, 且这种优势主要体现在 V_{\max} 的增大, 验证了扬稻 6 号(籼稻)比武育粳 3 号(粳稻)的吸 N 能力强。

从本实验结果可看出, 单一氮源时, 不同基因型水稻 NO_3^- 的 K_m 值均大于 NH_4^+ , 说明水稻对 NH_4^+ 的亲合力大于 NO_3^- ; 但不可忽略的是水稻对 NO_3^- 的吸收利用也较强, 在本试验条件下对两种水稻苗期体内硝态氮还原酶活性(Nitrate Reductase Activity, NRA)的测定结果表明, 两种水稻叶片的 NRA 远高于根系的 NRA, 说明水稻与其他旱地作物一样, 叶片是硝态氮还原的主要场所^[12, 13]。武育粳 3 号和

扬稻 6 号苗期叶内的 NRA 值分别为 NO_2^- 1.5 和 $2.1 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$, 其 NRA 与小麦叶片的 NRA 相当(小麦叶片的 NRA 约为 NO_2^- 1.5 ~ 5.0 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$), 比棉花叶片的 NRA 高(棉花叶片的 NRA 约为 NO_2^- 0.4 ~ 0.6 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)^[13]。对硝酸盐吸收动力学的进一步研究表明(未刊数据), 在水稻根系细胞膜上存在着高亲和力 and 低亲和力两类对硝酸盐的吸收系统。这些结果均说明水稻也能像其他旱地作物一样利用 NO_3^- 。

在本实验条件下研究结果还表明, 单一 N 源时, 武育粳 3 号的 NO_3^- 吸收速率与 NH_4^+ 的相比高出近 1 倍; 而扬稻 6 号 NO_3^- 与 NH_4^+ 的 V_{max} 值相近, 约为 $63 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ 。与单一 N 源相比, 两种 N 源同时存在时武育粳 3 号和扬稻 6 号对 NH_4^+ 和 NO_3^- 的吸收速率差异显著。 NH_4^+ 的存在使两个品种的水稻对 NO_3^- 的吸收速率显著下降, 而 K_m 值则同时变小, 说明 NH_4^+ 不仅影响 NO_3^- 进入水稻体内的速率, 而且影响吸收位点与 NO_3^- 之间的亲和性。这与汪晓丽等人的试验结果不尽一致^[14], 他们认为 NH_4^+ 的存在对扬稻 6 号 NO_3^- 的吸收速率影响很小, 其原因可能来自于实验条件的不一致。 NH_4^+ 很可能是通过影响吸收位点附近的微环境和膜电位以及通道结构等进一步影响 NO_3^- 的吸收^[15]。业已证实, NO_3^- 以与 H^+ 共运的方式透过细胞膜进入细胞质, 这一过程的动力来源是膜电位差。因此有人解释, NH_4^+ 降低 NO_3^- 的吸收主要是通过对膜的去极化使 NO_3^- 移动的推动力减小的结果^[16]。另一方面, NO_3^- 的存在对武育粳 NH_4^+ 的吸收影响较小, 但使扬稻的 V_{max} 下降约 1 倍。目前, 有关 NO_3^- 对 NH_4^+ 吸收速率的影响研究较少, 这方面的机制问题还有待于进一步的探讨。

参 考 文 献

[1] Kirk G J D. Plant-mediated processes to acquire nutrients: Nitrogen uptake by rice plants. *Plant and Soil*, 2001, 232: 129~ 134

[2] 田霄鸿, 李生秀, 王清君. 几种作物 NO_3^- 吸收动力学参数测定方法初探. *土壤通报*, 2001, 32(1): 16~ 18. Tian X H, Li S X, Wang Q J. Preliminary study on the methods for determining adsorption kinetic parameters of NO_3^- by using some crops (In Chinese). *Chinese J. of Soil Sci.*, 2001, 32(1): 16~ 18

[3] 刘秀珍, 李韵珠, 慕雪梅. 玉米苗期硝酸根离子吸收动力学参数的研究. *土壤肥料*, 1994, 3: 21~ 24. Liu X Z, Li Y Z, Ji

X M. The kinetics of NO_3^- uptake by maize seedling (In Chinese). *Soil and Fertility*, 1994, 3: 21~ 24

- [4] 杨肖娥, 孙羲. 不同水稻品种 NH_4^+ 和 NO_3^- 吸收的动力学. *土壤通报*, 1991, 22(5): 222~ 224. Yang X E, Sun X. The kinetics of NH_4^+ and NO_3^- uptake by rice (In Chinese). *Chinese J. of Soil Sci.*, 1991, 22(5): 222~ 224
- [5] 封克, 汤炎, 张素玲. 铵离子对不同基因型水稻吸收硝酸根离子的影响. *植物生理学通讯*, 2001, 37(3): 192~ 193. Feng K, Tang Y, Zhang S L. Effects of ammonium on nitrate uptake by different rice genotypes (In Chinese). *Plant Physiology Communications*, 2001, 37(3): 192~ 193
- [6] Kamminga C, Wijk V, Hidde B. The kinetics of NH_4^+ and NO_3^- uptake by Douglas fir from single N solution and from solutions containing both NH_4^+ and NO_3^- . *Plant and Soil*, 1993, 151: 91~ 96
- [7] Malagoli M, Dal Canal A, Quaggiotti S, *et al.* Differences in nitrate and ammonium uptake between Scots pine and European larch. *Plant and Soil*, 2000, 221: 1~ 3
- [8] Claussen W, Lenz F. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. *Plant and Soil*, 1999, 208: 95~ 102
- [9] 张志良. *植物生理学指导*. 北京: 高等教育出版社, 1990. Zhang Z L. *Guide to Plant Physiology* (In Chinese). Beijing: Higher Education Press, 1990
- [10] Forde B, Lorenzo H. The nutritional control of root development. *Plant and Soil*, 2001, 232: 51~ 68
- [11] Zhang H, Jennings A, Barlow P W, *et al.* Dual pathways for regulation of root branching by nitrate. *Plant Biology*, 1999, 96: 6 529~ 6 534
- [12] 李春喜, 李秀明. 不同氮肥运筹对超高产小麦 NR 活性和产量影响的研究. *作物学报*, 1998, 24(6): 847~ 853. Li C X, Li X M. Effect of different nitrogen operations on nitrate reductase activity and yield of high yield wheat (In Chinese). *Acta Agronomica Sinica*, 1998, 24(6): 847~ 853
- [13] 李伶俐, 杜远仿. S_{3307} 浸种对棉苗生长及某些酶活性的影响. *河南农业大学学报*, 1999, 33(1): 17~ 19. Li L L, Du Y F. Effect of S_{3307} on growth and some enzyme activity of cotton seedling (In Chinese). *Journal of Henan Agricultural University*, 1999, 33(1): 17~ 19
- [14] 汪晓丽, 封克, 盛海君, 等. 不同苗期水稻 NO_3^- 吸收特点及受 NH_4^+ 的影响. *中国农业科学*, 2003, 36(11): 1 306~ 1 311. Wang X L, Feng K, Sheng H J, *et al.* Kinetics of nitrate uptake by different rice genotypes and the effects of ammonium on nitrate uptake at the seedling stage (In Chinese). *Agricultural Science in China*, 2003, 36(11): 1 306~ 1 311
- [15] Marschner H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. London: Academic Press, 1997
- [16] Crawford N M, Glass A D M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. *Trends in Plant Science*, 1998, 3: 389~ 395

CHARACTERISTICS OF NH_4^+ AND NO_3^- UPTAKE BY RICES OF DIFFERENT GENOTYPES

Zhang Yali Dong Yuanyuan Shen Qirong[†] Duan Yinghuan

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China)

Abstract Nitrogen stress compromises realization of yield potential in cereal crops more than any other single factor. For rice is the world's most important crop species, nitrogen adsorption and utilization efficiency by rice is an important issue in agricultural production. Due to inhibited nitrification in the bulk soil of lowland rice field, researches on nitrogen nutrition of rice focus much more on ammonium (NH_4^+) than on nitrate (NO_3^-). Much evidence has shown that rice can take up not only $\text{NH}_4^+\text{-N}$ but also $\text{NO}_3^-\text{-N}$. The capacity varies with its genotype. The responses of rice to different forms of nitrogen and their physiological effects are poorly understood. The kinetics of NH_4^+ and NO_3^- uptake by rice plants of different genotypes were studied in nutrient solutions containing either one or both N forms. The results showed that rice plants of both genotypes grew the best in the nutrient solution of mixed N forms though Indica rice had higher N uptake capacity than Japonica rice. Using solution containing a single form of N, the K_m of NO_3^- uptake was higher than that of NH_4^+ uptake, indicating that the affinity for NH_4^+ was greater than that for NO_3^- . The V_{\max} of NH_4^+ uptake was higher than that of NO_3^- in japonica rice while remained the same in Indica rice. When both NH_4^+ and NO_3^- were present, the NO_3^- uptake was largely inhibited by NH_4^+ , the V_{\max} of NO_3^- uptake in japonica and Indica rice decreased by half and two-thirds, respectively. The NH_4^+ uptake was slightly inhibited by NO_3^- in Indica rice while maintained in Japonica rice.

Key words Rice; NH_4^+ ; NO_3^- ; Kinetic parameter