

黄瓜幼苗根系生长对氮素用量及氮形态的响应

黄保崴, 王国君, 司东霞, 吕福堂, 李海云
(聊城大学 农学院, 山东 聊城 252059)

摘要:为明确黄瓜幼苗根系生长与不同氮素用量及氮形态间的关系,采用盆钵培养的方法,以硝酸铵磷为供试肥料($\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 0.9:1.0),研究不同氮素用量及氮素形态对黄瓜幼苗根系生长的影响。结果表明:不施氮肥的黄瓜幼苗根长高于各施氮处理,施用氮肥植株根系的生长受到抑制,氮素用量 $100\text{ mg}\cdot\text{株}^{-1}$ 的情况下,根系生长受到的抑制更为明显;施用氮肥主要降低了根系直径在 $1.0\sim1.3\text{ mm}$ 和 $2.3\sim2.6\text{ mm}$ 范围内的根长比例。黄瓜幼苗的根长与播种前和移栽期基质无机氮的含量与形态显著相关。播种前基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 $382\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 $373\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、无机氮总量 $840\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,根长最小;移栽期,幼苗根长随基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量的增加逐渐降低,基质 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 $88\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、无机氮总量为 $455\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,对根长的抑制作用最大。播前基质 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的比值为 10.7 时,根长最大;移栽期 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 3.8 时,则显著抑制根系生长。

关键词:施氮量;氮形态;黄瓜幼苗;根系

中图分类号:S143;S642.2 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2017)10-0031-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.10.0031

氮素是植物生长所必需的大量营养元素之一,

是植物体内蛋白质、核酸、叶绿素等物质的组成成分,在植物的生长、生理过程中具有重要作用^[1]。已有研究表明,氮肥施用对作物的生长、产量和品质均有显著影响^[2]。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 是植物吸收的主要无机态氮素,两种不同形态的氮素对植物的根系生长和养分吸收具有不同的作用^[3],因此,通过氮素形态调控植物的生长发育可能成为农业生产管理中重要的技术手段。育苗移栽是

收稿日期:2017-08-19
基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2011CM007);聊城大学大学生创新资助项目(26312158810)
第一作者简介:黄保崴(1994-),男,山东省巨野县人,在读学士,从事园艺工程研究。E-mail:1723538069@qq.com。
通讯作者:司东霞(1969-),女,山东省东阿县人,博士,副教授,从事养分资源管理与植物营养研究。E-mail:sidongxia@126.com。

Effects of Nitrogen on Related Enzyme Activities and Gene Expression of Rice Seedling Nitrogen Metabolism

YANG Zhong-liang, LIU Hai-ying, LIU Hui, XU Zhen-hua, TAO Yong-qing, HUANG Cui
(Wuchang Rice Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150229)

Abstract: In order to determine the effect of nitrogen on rice seedlings of different protein content, 4 *japonica* rice seedlings with different contents of protein treated were induced by hydroponics. The differences of dry matter accumulation, nitrate reductase(NR) and glutamine synthetase(GS) activities and the expression of *OsNR1*, *OsGs1-1* genes were studied under $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ KNO}_3$ treatments on *japonica* rice seedlings with 4 different protein content. The results showed that after induced by $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ KNO}_3$, the dry weights of over ground part and root were higher than control, the contents of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in leaves and roots were significantly higher than the control, NR and GS activities in leaves were significantly higher than the control, *OsNR1* gene expression relatively enhanced with the increase of nitrogen treatment time, the maximum value was reached when 2 h treated, and then decreased with time; the change in *OsGs1-1* expression is not obvious, *OsGs1-1* gene expression significantly increased and was 1.2 times that before treatment when treating for 8 h.

Keywords: rice; nitrogen; nitrate reductase; glutamine synthetase; gene expression

蔬菜栽培的重要方式,因其可以延长作物的生长期,增加复种指数,广泛应用于农业生产^[4]。育苗阶段幼苗的根系生长状况是影响幼苗地上部生长和健壮程度的重要因素,而根系的可塑性受到养分浓度及养分形态的制约,因此,育苗基质养分的调控成为决定育苗成败及育苗质量的关键。本试验以黄瓜为供试作物,在盆钵培养条件下,研究氮素不同用量及氮形态对黄瓜幼苗根系生长的影响,为黄瓜育苗阶段的氮素管理提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试肥料为硝酸铵磷(32-4-0),过磷酸钙(P_2O_5 ,12%)和硫酸钾(K_2O ,50%)。其中,硝酸铵磷可同时提供 NO_3^-N (15%) 和 NH_4^+-N (17%), $NO_3^-N:NH_4^+-N$ 的比值为 0.9:1.0。供试黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种为津绿 11。

试验采用黄瓜育苗常用基质(草炭:蛭石2:1),基质全氮含量 $8.87\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷 $8.20\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾 $3.12\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机碳含量 $228.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $17\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $115\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,容重 $0.88\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,pH 5.15。

1.2 方法

试验于 2015 年 4-5 月在聊城大学生态园进行。

1.2.1 试验设计 采用 $9\text{ cm}\times 9\text{ cm}$ 盆钵育苗,试验共设 5 个处理,每处理育苗 7 株。各处理的氮素用量依次为 0、50、100、150、200 $\text{mg N}\cdot\text{钵}^{-1}$ 。磷、钾用量相同,分别为 $75\text{ mg }P_2O_5\cdot\text{钵}^{-1}$ 和 $90\text{ mg }K_2O\cdot\text{钵}^{-1}$ 。每钵基质装载量 200 mL,所有氮肥、磷肥和钾肥与基质混匀后装盆。4 月 4 日,挑选整齐、饱满的黄瓜种子,55℃ 烫种催芽,次日选发芽一致的种子播种,每钵播种 1 粒,播深 2 cm。播种后浇透水,之后每 3 d 浇水一次,每次浇 $40\text{ mL}\cdot\text{钵}^{-1}$ 。至 4 月 23 日,每 2 d 浇水一次,每次浇 $60\text{ mL}\cdot\text{钵}^{-1}$ 。5 月 1 日,黄瓜幼苗长至移栽期(2 叶 1 心)时收获测定各项指标。全育苗生育期 27 d。

1.2.2 测定项目与方法 移栽期每处理选取 4 株植株,取地下部根系,洗净,采用根系形态分析

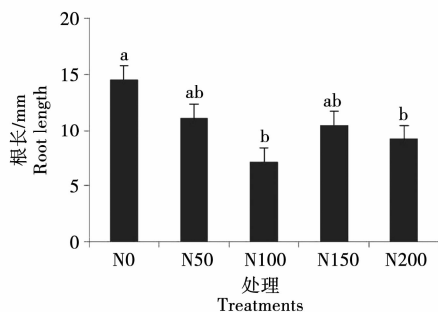
软件 WinRHI ZO (2004b)分析根系形态。原始育苗基质和移栽期其余 3 钵的基质过 3 mm 筛后混匀,称取 12.00 g,加入 $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $CaCl_2$ 100 mL,振荡 1 h,过滤,滤液用三通道流动分析仪(TRAACS-2000)测定无机氮含量(NO_3^-N 和 NH_4^+-N)。

1.2.3 数据分析 试验数据均采用 Excel 进行处理,用 SPSS20.0 统计软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 氮素用量与植株根长

根长长度是表征植株根系发育状况的重要指标,与氮素的供应水平密切相关。本试验条件下,施用氮肥对黄瓜幼苗的根长影响显著(见图 1)。不施氮处理 N0 的根长显著高于 N100 和 N200,与 N50 和 N150 差异不显著。结果表明,施用氮肥的情况下,根系的生长受到抑制,氮素用量 $100\text{ mg}\cdot\text{株}^{-1}$ 的情况下,根系生长受到的抑制更为明显。



不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

The different letter meah significant difference at 0.05 level.

图 1 不同氮素用量黄瓜幼苗的根长

Fig.1 Root length of cucumber seedlings with different N application

对黄瓜幼苗不同根系直径的根长分布状况的分析结果见表 1,由表中数据可知,各处理黄瓜幼苗根系直径 $<0.5\text{ mm}$ 的根长所占比例最大,占植株总根长的 $74.2\%\sim 79.4\%$,其次是直径为 $0.5\sim 1.0\text{ mm}$ 的根系,占植株总根长的比例为 $14.1\%\sim 18.3\%$,根系直径 $>1.0\text{ mm}$ 的占比各处理均不足 10%。与不施氮处理 N0 相比,氮肥

的施用对根直径 $<1.0\text{ mm}$, $1.3\sim2.3\text{ mm}$ 和 $>2.6\text{ mm}$ 的根长分布影响不显著。不施氮处理在根系直径在 $1.0\sim1.3\text{ mm}$ 的根长分布显著高于各施氮处理,但与 $\text{N}200$ 处理无显著性差异。根系直径在 $2.3\sim2.6\text{ mm}$ 的根长分布不施氮处理显著高于各施氮处理。

表 1 不同根系直径的植株根长比例

Table 1 Percentage of root length of plants with different root diameter

处理 Treatments	比例/% Ratio						
	$<0.5\text{ mm}$	$0.5\sim1.0\text{ mm}$	$1.0\sim1.3\text{ mm}$	$1.3\sim1.8\text{ mm}$	$1.8\sim2.3\text{ mm}$	$2.3\sim2.6\text{ mm}$	$>2.6\text{ mm}$
N0	74.2 a	17.6 a	2.6 a	2.6 a	1.6 a	0.7 a	0.7 a
N50	76.2 a	16.8 a	1.5 b	2.6 a	1.7 a	0.5 b	0.7 a
N100	79.2 a	14.3 a	1.3 b	2.6 a	1.4 a	0.5 b	0.7 a
N150	79.4 a	14.1 a	1.3 b	2.7 a	1.4 a	0.4 b	0.7 a
N200	74.3 a	18.3 a	1.7 ab	2.7 a	1.8 a	0.5 b	0.7 a

同一列中不同的字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。
Different letter in a same column mean significant difference at 0.05 level between treatments. The same below.

2.2 基质氮素状况

播种前,各处理基质的无机氮包括原始基质的无机氮和由施肥带入的外源无机氮两部分(见表2)。原始基质的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 $58.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量 $3.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,总无机氮含量为 $61.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。各处理氮素用量从 $0\text{ mg}\cdot\text{钵}^{-1}$ 增加至 $200\text{ mg}\cdot\text{钵}^{-1}$,播种前各处理基质的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量从 $58.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 增加至 $596.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量从 $3.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 增加至 $601.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,总无机氮含量从 $61.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 增加至 $1\,197.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 从原始基质的19.40下降至0.99。由于育苗期间黄瓜幼苗对氮素的吸收和不同形态氮素之间转化过程的差异,至育苗移栽前,氮素不同用量各处理的育苗基质中无机氮素的形

表 2 基质氮素状况

Table 2 Nitrogen status of substrate

	处理 Treatments	$\text{NO}_3\text{-N}/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$\text{NH}_4^+\text{-N}/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	总无机氮/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$
		Nitrate N	Ammonium N	Total mineral N	Nitrogen ratio
播种前	N0	58.2	3.0	61.2	19.40
	N50	192.8	152.5	345.3	1.26
	N100	327.3	302.0	629.4	1.08
	N150	461.9	451.6	913.5	1.02
	N200	596.5	601.1	1197.6	0.99
移栽期	N0	3.9 c	7.0 c	10.9 c	0.56 d
	N50	131.4 b	22.5 c	153.9 b	6.04 a
	N100	266.5 a	81.7 b	348.2 a	3.27 b
	N150	216.7 ab	103.9 b	320.6 a	2.09 c
	N200	243.7 a	135.8 a	379.5 a	1.74 c

播前 $\text{NO}_3\text{-N}$ =原始基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ +肥料投入的 $\text{NO}_3\text{-N}$;播前 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ =原始基质 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ +肥料投入的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$;播前无机氮=原始基质无机氮+肥料投入的无机氮。
 $\text{NO}_3\text{-N before sowing} = \text{initial } \text{NO}_3\text{-N from substrate} + \text{NO}_3\text{-N from fertilizer}$,
 $\text{NH}_4^+\text{-N before sowing} = \text{initial } \text{NH}_4^+\text{-N from substrate} + \text{NH}_4^+\text{-N from fertilizer}$,
 $\text{mineral N before sowing} = \text{initial mineral N from substrate} + \text{mineral N from fertilizer}$.

态及含量均有较大变化。由表 2 可知,各处理基质中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 $3.9\sim 266.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 $7.0\sim 135.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 总无机氮含量为 $10.9\sim 379.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 从 6.04 下降至 0.56。不施氮肥 (N_0) 处理,除 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量与 N_{50} 差异不显著外,基质总无机氮和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量显著低于所有施氮处理。氮素用量大于 $100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,各处理间的基质总无机氮和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量差异不显著, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 存在显著差异。 N_{200} 处理基质的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于 N_{150} 和 N_{100} , N_{50} 和对照 N_0 的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量较低。不同氮素用量 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的比值差异较显著,

N_{50} 最高,其次为 N_{100} , N_0 最低。

2.3 根长与播种前基质无机氮的相关性

由图 2 可知,黄瓜幼苗的根长与播种前基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、总无机氮含量及 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 显著相关,其数学关系均可用一元二次方程模拟。模拟结果表明,本试验条件下,播前基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 $382\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 $373\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,对根系伸长产生的抑制作用最大;播前基质无机氮总量为 $840\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,根长最小; $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的比值为 10.7 时,根长最大,增加或降低播种前基质的 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 则抑制根系生长。

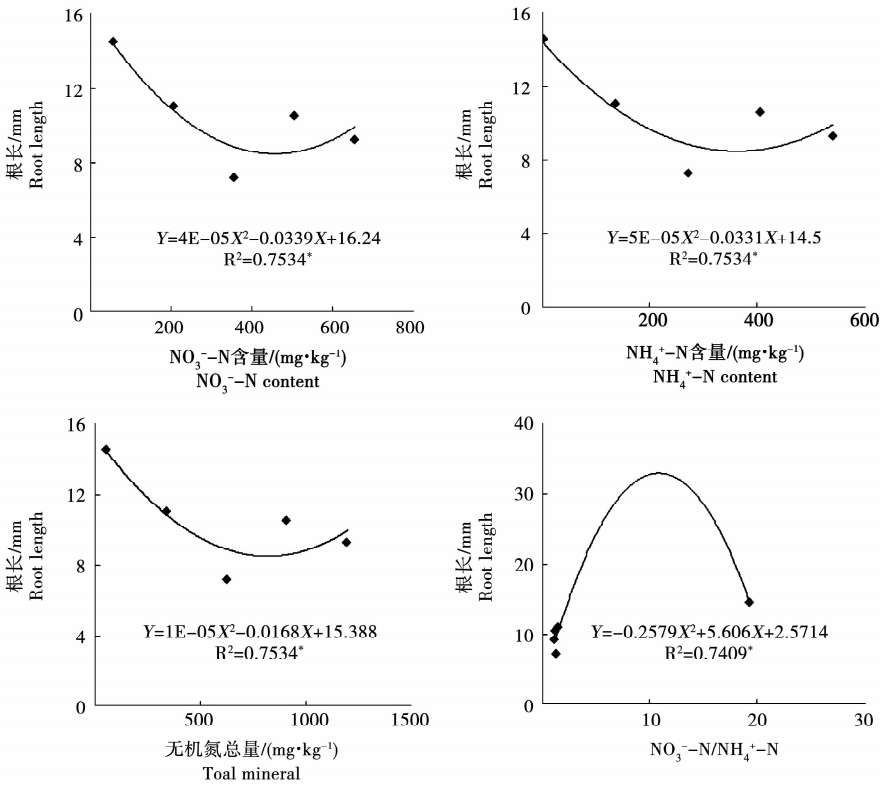


图 2 黄瓜幼苗根系长度与播种前基质氮素的相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis between root length of cucumber seedlings and initial N in substrate before sowing

2.4 根长与移栽前基质无机氮的相关性

从图 3 中可以看出,根长与移栽期基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量的相关性达极显著水平,处于一元二次曲线的下降阶段,根长随移栽期 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量的增加逐渐降低;根长与移栽期基质 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著相关,在 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 $88\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,对根

长的抑制作用最大;基质无机氮总量 $455\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,根长最小;根长与移栽前基质 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的比值极显著相关, $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}<3.8$ 的情况下,根长随 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的增大而降低, >3.8 则对根系伸长具有促进作用。

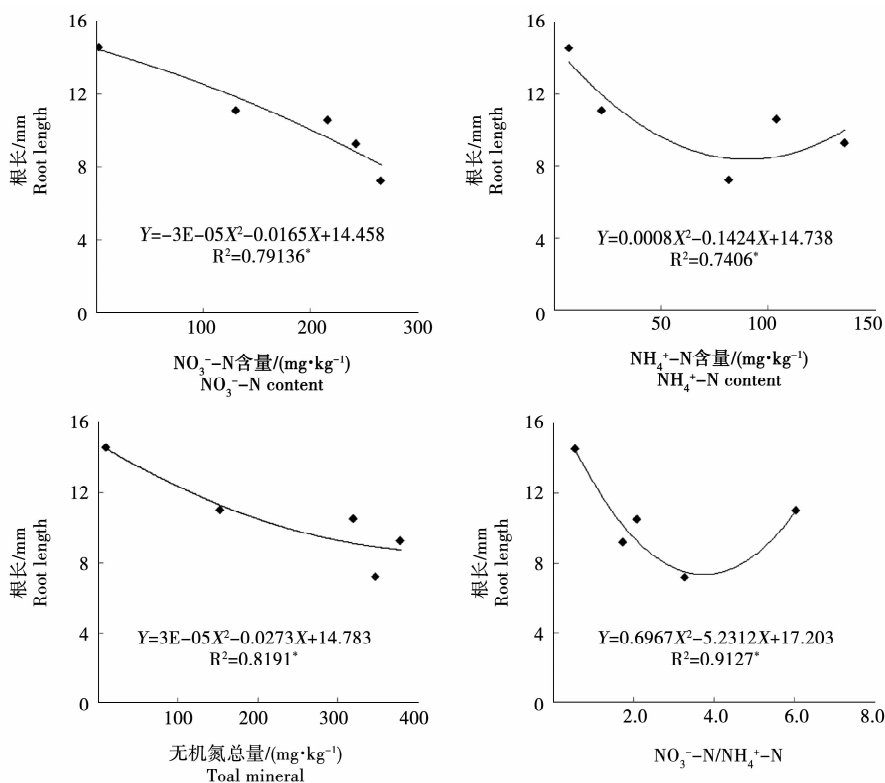


图 3 黄瓜幼苗根系长度与移栽前基质氮素的相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis between root length of cucumber seedlings and N in substrate before transplanting

3 讨论与结论

植株地下部根系的发育对地上部的生长有制约作用也有促进作用。一般情况下,植物的根系生长良好,其地上部分的枝叶也较茂盛;同样,地上部分生长良好,也会促进根系的生长。然而,根系的生长与分布又受到栽培基质中养分供应含量和形态的调控,植株根系具有很大的可塑性^[5-6]。在氮素用量与氮素形态方面,适宜的氮素用量及铵硝配比有利于植株的生长。徐子先等^[7]通过对不同品种的芝麻进行试验,当 NH₄⁺-N 用量较高时,其苗期生长受到抑制,植株根系短粗,随 NH₄⁺-N 用量的持续增加,抑制程度加深。当 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 1:9 时,植株生物量最高,根系长势良好。徐静静等^[8]以耐低氮性能力强弱不同的两个黄瓜品种为试材,进行两个氮水平的施肥处理,结果表明,低氮胁迫条件下,黄瓜冠根比和根重在整個生育期中持续上升,并且根系较细,侧根数增加。张定一等^[9]研究表明,低氮胁迫下小麦根重、根长、根数、根系活力均明显降低。宋科等^[10]通过烤烟生长对氮素形态响应的

研究,发现当 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 配比为 50:50 时,烤烟在各个生育期的生物量均最高。Linkohr 等^[11]研究发现 NO₃⁻-N 能够促进拟南芥根系的伸长,增加其根系的表面积和密度。刘晓静等^[12]采用完全营养液培养的方法,研究了外源氮素形态对紫花苜蓿不同生育期根系特性的影响,表明 NH₄⁺-N 可以促进植株侧根和根毛的生长,NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N 混合施用比单一 NO₃⁻-N 和单一 NH₄⁺-N 更能促进根系表面积的增加。Zhang 等^[13]研究也发现局部外施 NO₃ 可以促进植株侧根的伸长,并且高 NO₃ 会抑制分生组织活力,同时抑制侧根伸长。综合以上研究成果可知,低浓度的氮胁迫条件下,可促进根系的生长,较高浓度的氮素会对根系生长产生抑制作用,表现为根系长度下降,进而影响植株地上部的生长,不同形态的氮素对根系生长的作用不同。

本试验采用盆钵育苗的方法,以硝酸铵磷(NO₃⁻-N/NH₄⁺-N 为 0.9:1.0)为试验肥料,研究了不同氮素用量及形态对黄瓜幼苗根系生长的影响。结果表明,不施氮肥处理黄瓜幼苗的根长高于各施氮处理,说明低氮供应(初始 NO₃⁻-N

58 mg·kg⁻¹, NH₄⁺-N 3 mg·kg⁻¹), 可促进黄瓜幼苗的根系发育, 这一结论与前人研究结果一致。随硝酸铵磷用量的增加, 黄瓜幼苗根系长度下降, 但不同用量的下降幅度存在差异, 这与不同形态的氮素对根系的作用不同有关。本试验条件下, 播种前和移栽前的基质无机氮含量与形态和根长显著相关, 播前基质 NO₃-N 含量为 382 mg·kg⁻¹、NH₄⁺-N 含量 373 mg·kg⁻¹ 和无机氮总量 840 mg·kg⁻¹ 时, 对根系伸长产生强烈的抑制作用, NO₃-N 和 NH₄⁺-N 的比值为 10.7 时, 根长最大; 移栽前, 基质 NH₄⁺-N 含量为 88 mg·kg⁻¹ 和无机氮总量 455 mg·kg⁻¹ 时, 根长最小, NO₃-N/NH₄⁺-N 为 3.8 时, 强烈抑制根系伸长, 黄瓜幼苗根长随移栽期基质 NO₃-N 含量的增加逐渐降低, 这一结论与 Bhat 和樊剑波等^[14-15] 的研究结果不同, 可能与栽培基质中的初始氮素含量存在差异有关。由于在育苗过程中基质氮素的转化过程相对复杂, 在利用不同氮素用量及氮素形态培育优质健壮幼苗方面仍有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 薛艳芳, 张慧, 夏海勇, 等. 不同氮素形态供应对玉米幼苗生物量和氮素累积的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(6): 126-130.
- [2] 曹庆杰, 孙权, 李建设, 等. 不同施氮量对设施黄瓜生长及产量的影响[J]. 北方园艺, 2010(8): 1-4.
- [3] 邢瑶, 马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(2): 109-117.
- [4] 杨六萍. 作物育苗技术探讨[J]. 园艺与种苗, 2016(3):

20-22.

- [5] Nacry P, Bouguyon E, Gojon A. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource[J]. Plant and Soil, 2013, 370(1-2): 1-29.
- [6] Henke M, Sarlikioti V, Kurth W, et al. Exploring root developmental plasticity to nitrogen with a three-dimensional architectural model[J]. Plant and Soil, 2014, 385(1-2): 49-62.
- [7] 徐子先, 秦璐, 李银水, 等. 铵硝配比对不同芝麻品种苗期生长及养分吸收的影响[J]. 中国油料作物学报, 2017, 39(2): 204-212.
- [8] 徐静静, 秦智伟, 于明磊, 等. 低氮胁迫下黄瓜根系相关指标的变化[J]. 中国蔬菜, 2011(14): 47-51.
- [9] 张定一, 张永清, 杨武德, 等. 不同基因型小麦对低氮胁迫的生物学响应[J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1349-135.
- [10] 宋科, 梁洪波, 徐旭光, 等. 不同铵硝比对烤烟根系形态及氮磷钾吸收的影响[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(2): 8-13.
- [11] Linkohr B I, Williamson L C, Fitter A H, et al. Nitrate and phosphate availability and distribute have different effects on root system architecture of Arabidopsis[J]. The Plant Journal, 2002, 29(6): 751-760.
- [12] 刘晓静, 叶芳, 张晓玲. 外源氮素形态对紫花苜蓿不同生育期根系特性的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(6): 53-63.
- [13] Zhang H, Jennings A, Barlow P W, et al. Dual pathways for regulation of root branching by nitrate[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1999, 96(11): 6529.
- [14] Bhat K K S. Nutrient inflows into apple roots[J]. Plant and Soil, 1983, 71(1-3): 371-380.
- [15] 樊剑波, 张亚丽, 万小羽, 等. 水稻根系与氮素吸收利用之研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(2): 236-240.

Root Growth of Cucumber Seedlings Response to Nitrogen Application Rates and Nitrogen Forms

HUANG Bao-wei, WANG Guo-jun, SI Dong-xia, LYU Fu-tang, LI Hai-yun

(College of Agricultural Sciences, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059)

Abstract: In order to clarify the relationship between root growth of cucumber seedlings and nitrogen application rates and nitrogen forms, ammonium nitrate phosphorus fertilizer as tested material (NO₃-N:NH₄⁺-N 0.9:1.0), a pot experiment was employed to determine the effects of different nitrogen (N) application rates and N forms on root growth of cucumber seedlings. The results showed that the root length of cucumber seedlings without N fertilizer was higher than that of N applied treatments. The growth of plant roots was inhibited with N application, and the inhibition was more obvious when N applied at the rate of 100 mg·plant⁻¹. Nitrogen fertilizer mainly reduced the root length in the range of 1.0~1.3 mm and 2.3~2.6 mm root diameter. The root length of cucumber seedlings was significantly correlated with the content of mineral N and N forms in the substrate before sowing and at transplanting. Before sowing, when the content of NO₃-N was at 382 mg·kg⁻¹, NH₄⁺-N at 373 mg·kg⁻¹ and total mineral N at 840 mg·kg⁻¹ in substrate significantly reduced root length, and at transplanting, the root length decreased with the content of NO₃-N increasing, and when the content of NH₄⁺-N was 88 mg·kg⁻¹ and the total mineral N at 455 mg·kg⁻¹, the inhibition of root length was the highest. When the NO₃-N/NH₄⁺-N ratio before sowing was 10.7, the root length was the highest, and NO₃-N/NH₄⁺-N ratio at transplanting was 3.8, the root growth was inhibited significantly.

Keywords: nitrogen application rate; nitrogen forms; cucumber seedling; root system