

# 地下滴灌条件下水氮耦合对黄瓜氮代谢的影响

李 华<sup>1,2</sup>, 张自坤<sup>2</sup>, 刘世琦<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018; 2. 德州市农业科学研究院, 山东 德州 253015)

**摘 要:**以“津优 35”黄瓜为试材,研究了日光温室地下滴灌条件下水氮耦合对黄瓜植株氮代谢过程中关键酶的影响。结果表明:灌水量和施 N 量对日光温室地下滴灌条件下黄瓜植株氮代谢酶活性均有显著影响。在同一施氮水平下,硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)活性随灌水量的增加而显著升高,而谷氨酸合成酶(GOGAT)活性在 I2(0.8 Ep)、I3(0.8 Ep)2 个灌溉水平下无显著差异;结果期黄瓜植物叶片中硝态 N 含量、可溶性蛋白质含量随灌水量的增加而降低,但 I2、I3 处理差异不显著。在 I2、I3 灌溉水平下,N2(600 kg/hm<sup>2</sup>)处理下硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸脱氢酶(glutamate dehydrogenase GDH)活性显著高于 N3 处理,而谷氨酸合成酶活性、硝态氮含量、可溶性蛋白质含量与 N3(750 kg/hm<sup>2</sup>)处理无显著差异。根据黄瓜氮代谢相关酶及相关物质含量,日光温室地下滴灌条件下黄瓜作物最佳灌水量应为 0.8 Ep,施 N 量为 600 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**黄瓜;地下滴灌;水氮耦合;氮代谢

**中图分类号:**S 642.207<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0005-06

水分、N 元素在作物生长发育过程中是 2 个相互影响、相互制约的因子。适宜的灌水量可以促进氮肥的转化及吸收利用,提高氮肥的利用效率,而适宜的氮肥施用量也可以促进水分的吸收利用,提高水分利用率。在日光温室黄瓜生产过程中,为提高黄瓜产量,经常进行灌溉和追施氮肥。但是如果施用不当,不仅不能充分发挥其增产作用,造成生产成本的增加,水分和氮肥的浪费,还将污染环境<sup>[1-2]</sup>。过量施用氮肥,还将导致土壤养分比例失调,肥料利用率低,产品品质下降,土壤结构退化等;而且过量施用 N 素化肥是引起土壤盐分积累的主要原因<sup>[3-5]</sup>。为了避免水分和氮肥不必要的浪费,必须对水分和氮肥进行科学配施。

在以往进行的日光温室水 N 耦合效应研究中,多集中在对作物产量、品质及土壤环境影响等方面,而较少涉及到 N 元素在植物体的代谢过程。N 素代谢是植物最基本的生理代谢过程之一,与碳代谢等协调统一共同成为植物生命活动的基本过程<sup>[6]</sup>。该试验采用地下滴灌的方法,研究日光温室水 N 耦合对黄瓜 N 代谢的影响,以期对日光温室黄瓜的水肥管理和高产优质提供技术支持及理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验设在同一温室内进行,土壤类型为壤土,其理化性质为土壤 pH 6.5,有机质 19.12 g/kg、全氮 1.02 g/kg、全磷 0.71 g/kg、全钾 8.10 g/kg、碱解氮 72.25 mg/kg、速效磷 19.26 mg/kg、速效钾 75.55 mg/kg。黄瓜定植前,各处理统一施入鸡粪 30 t/hm<sup>2</sup>、N 200 kg/hm<sup>2</sup>、P 180 kg/hm<sup>2</sup>、K 150 kg/hm<sup>2</sup>,各处理剩余的氮肥作为追肥分 4 次等量随地下滴灌灌水冲施。

### 1.2 试验材料

供试材料为“津优 35”黄瓜,于 2012 年 9 月 15 日在日光温室内的拱棚内用营养钵育苗,10 月 2 日定植,定植时秧苗按同一标准筛选。

### 1.3 试验方法

试验小区采用随机排列,相邻小区间用埋深 60 cm 的地膜隔开。黄瓜采用双垄种植,垄宽 60 cm,垄长 6 m,高 15 cm,行距 40 cm,株距 30 cm,每垄种植黄瓜 40 株,2 个垄之间的距离为 60 cm。黄瓜定植前在垄水平中心地下 20 cm 处埋设 1 根内径 10 mm、外径 12 mm 的滴灌管,滴头间距 30 cm,滴头流量 4 L/h,地下滴灌管两侧水平距离 20 cm 处种植作物。

根据已有研究结果<sup>[5,7]</sup>,试验设 3 个灌溉水平(I1:0.6 Ep、I2:0.8 Ep、I3:1.0 Ep;Ep 为 20 cm 蒸发皿蒸发量)和 3 个 N 素水平(N1:450 kg/hm<sup>2</sup>、N2:600 kg/hm<sup>2</sup>、

**第一作者简介:**李华(1979-),女,硕士,农艺师,现主要从事设施蔬菜栽培生理生态等研究工作。E-mail:lihua7924@163.com.

**收稿日期:**2015-01-19

N3;750 kg/hm<sup>2</sup>),3次重复,试验小区随机排列。

黄瓜幼苗定植后统一灌水 20 mm,然后按照试验设计进行灌水,灌水周期为 7 d。

整个试验期间各处理灌水量和施 N 量见表 1。

表 1 各处理的灌水量和施 N 量

Table 1 Irrigation amount and N application under different treatments

处理 Treatment	I1N1	I1N2	I1N3	I2N1	I2N2	I2N3	I3N1	I3N2	I3N3
灌水量 Irrigation/mm	221	221	221	288	288	288	355	355	355
施 N 量 N/(kg·hm <sup>-2</sup> )	300	450	600	300	450	600	300	450	600

#### 1.4 项目测定

分别于苗期(10月20日)和结果期(12月1日)测定各指标。每次取样时间均为 10:00,每个重复随机选取 10 株植株挂牌标记,摘取自上而下数第 4 片功能叶为样本。

硝酸还原酶活性(NR)测定采用磺胺比色法(内源法)<sup>[8]</sup>,谷氨酰胺合成酶(GS)和谷氨酸合成酶(GOGAT)活性测定分别参考赵全志等<sup>[9]</sup>和蔡一霞等<sup>[10]</sup>的方法,

GS 活性用 540 nm 处的吸光值(A)表示;谷氨酸脱氢酶活性采用 Lin 等<sup>[11]</sup>方法测定。分光光度计法和水杨酸比色法分别测定硝酸盐和可溶性蛋白质含量<sup>[8]</sup>。

#### 1.5 数据分析

采用 Excel 软件处理数据和制图,采用 SAS 软件的 Duncan 多重比较法进行统计分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 对黄瓜植株硝酸还原酶活性的影响

从图 1 可以看出,黄瓜苗期,在灌水量较少(I1)的条件下,NR 活性随施 N 量的增加而显著升高,在结果期,I1N2 和 I1N3 处理 NR 活性显著高于 I1N1 处理,而 I1N2 处理与 I1N3 处理之间无显著差异;在 I2 灌溉水平下,苗期和结果期 N1 处理 NR 活性均显著低于 N2 和 N3 处理,而 N2、N3 处理之间无显著差异;I3 灌溉水平下,在苗期,N2 与 N3 处理之间差异不显著,但均显著高于 N1 处理,在结果期,N1、N2、N3 处理之间均差异显著,以 N2 处理 NR 活性最高,N1 最低,N3 居中。在同一施 N 水平下,NR 活性随灌水量的增加而显著升高。

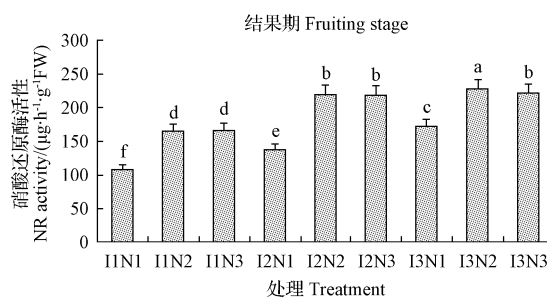
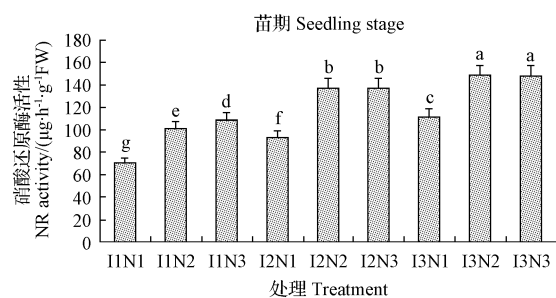


图 1 不同处理下黄瓜植株叶片硝酸还原酶活性

Fig. 1 Nitrate reductase activities under different treatments

#### 2.2 对黄瓜植株谷氨酰胺合成酶活性的影响

如图 2 所示,在苗期,3 个灌溉水平下,N2、N3 处理谷氨酰胺合成酶活性差异不显著,I1 灌溉水平下,N2、N3 处理的谷氨酰胺合成酶活性显著高于 N1 处理,而在 I2、I3 灌溉水平下,N2、N3 处理的谷氨酰胺合成酶活性

与 N1 处理无显著差异。在结果期,3 个灌溉水平下,N2 处理的谷氨酰胺合成酶活性均显著高于 N1、N3 处理,N3 处理谷氨酰胺合成酶活性显著高于 N1 处理。在同一施 N 水平下,谷氨酰胺合成酶活性随灌水量的增加而显著升高。

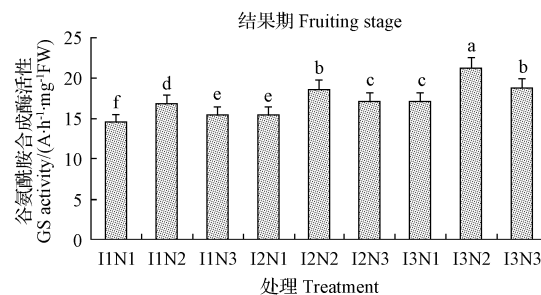
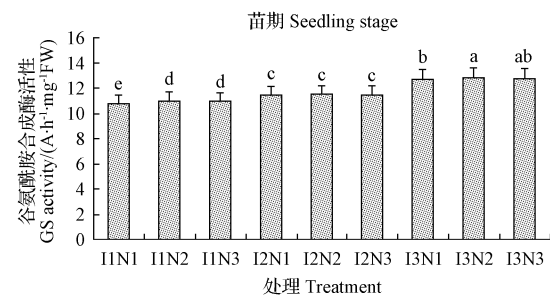


图 2 不同处理下黄瓜植株叶片谷氨酰胺合成酶活性

Fig. 2 Glutamine synthetase activities under different treatments

## 2.3 对黄瓜植株谷氨酸合成酶活性的影响

在苗期,黄瓜植株叶片谷氨酸合成酶均以 N1 处理下活性最低,显著低于 N2、N3 处理(图 3),在 I1、I2 灌溉水平下,N3 处理的谷氨酸合成酶活性显著高于 N2 处理,而在 I3 灌溉水平下,N2、N3 处理下谷氨酸合成酶活性差异不显著;在结果期,N1 处理的谷氨酸合成酶活性仍显著低于 N2、N3 处理,与苗期各处理下谷氨酸合成酶

变化不同的是,在 I1 灌溉水平下,N3 处理的谷氨酸合成酶活性显著高于 N2 处理,而在 I2、I3 灌溉水平下,N2、N3 处理的谷氨酸合成酶活性差异不显著。无论是在苗期还是结果期,N1、N3 施肥水平下,I1 处理谷氨酸合成酶显著低于 I2、I3 处理,而 I2、I3 处理间差异不显著,在 N2 施肥水平下,谷氨酸合成酶活性随灌水量的增加而升高。

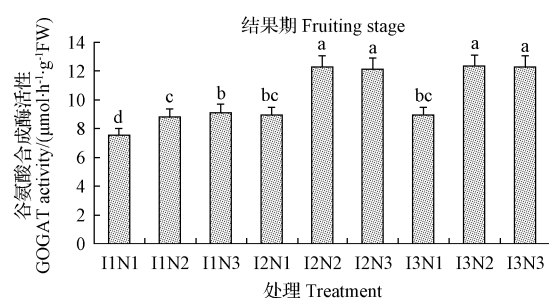
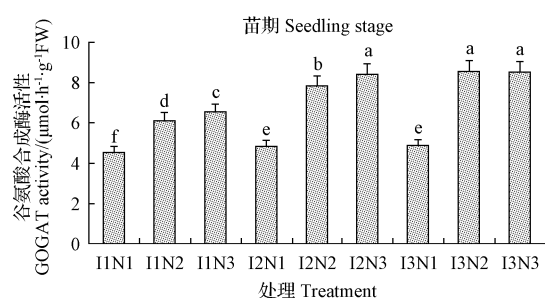


图 3 不同处理下黄瓜植株叶片谷氨酸合成酶活性

Fig. 3 Glutamate synthase activities under different treatments

## 2.4 对黄瓜植株谷氨酸脱氢酶活性的影响

在苗期,N1 施肥水平下,不同灌溉水平下谷氨酸脱氢酶活性无显著差异(图 4),N2、N3 施肥水平下,I1 灌溉水下谷氨酸脱氢酶活性显著低于 I2、I3 处理,而在 N2 施肥水平下,I2、I3 灌溉处理之间无显著差异,N3 施肥水平

下,I3 灌溉处理显著低于 I2 处理。在结果期,同一灌溉水平下,谷氨酸脱氢酶活性随施 N 量的增加而呈现先后降的趋势,N2 处理的谷氨酸脱氢酶活性最高;同一施 N 水平下,谷氨酸脱氢酶活性随灌水量的增加而显著升高,而在低 N(N1)水平下,I2、I3 处理无显著差异。

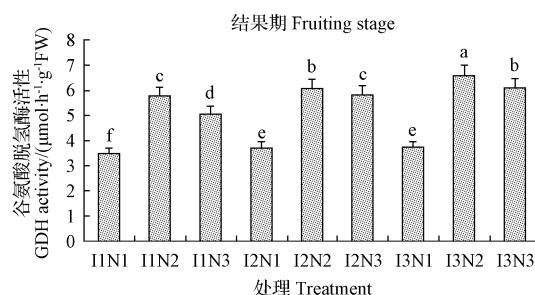
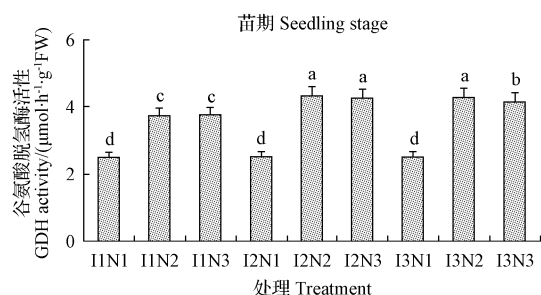


图 4 不同处理下黄瓜植株叶片谷氨酸脱氢酶活性

Fig. 4 Glutamate dehydrogenase activities under different treatments

## 2.5 对黄瓜植株叶片硝态 N 含量的影响

如图 5 所示,在苗期,同一施 N 水平下,黄瓜植物叶

片中硝态 N 含量随灌水量的增加而显著降低,同一灌溉水平下,硝态 N 含量随施 N 的增加而显著升高。在结

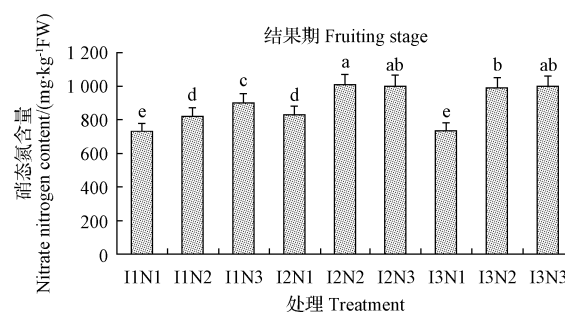
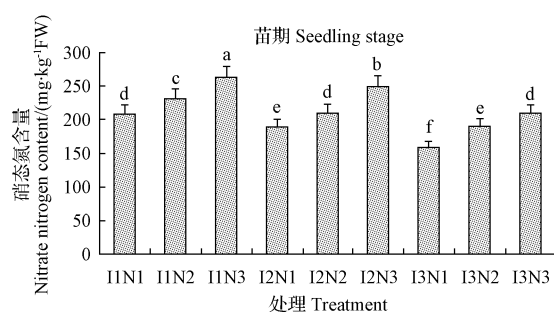


图 5 不同处理下黄瓜植株叶片硝态 N 含量

Fig. 5 Nitrate nitrogen content under different treatments



果期,硝态 N 含量随施 N 量的增加而显著升高,但在 I2、I3 灌溉水平下, N2、N3 处理之间硝态 N 含量无显著差异; N1、N2 施肥水平下,硝态 N 含量随灌水量的增加而呈先升后降的趋势,而在 N3 施肥水平下, I1 灌溉水平下硝态 N 含量显著低于 I2、I3 处理水平, I2、I3 处理无显著差异。

### 2.6 对黄瓜植株叶片可溶性蛋白质含量的影响

在苗期,低灌溉水平(I1)下,黄瓜植株叶片中可溶性蛋白质含量随施 N 量的增加而显著升高(图 6),较高灌溉水平(I2、I3)下,可溶性蛋白质含量表现出显著的先升后降趋势, N2 处理可溶性蛋白质含量显著高于 N1 和 N3 处

理,而 N3 处理显著高 N1;高施 N 水平(N3)下,可溶性蛋白质含量随灌水量的增加而降低,而在较低施 N 水平(N1、N2)下,可溶性蛋白质含量随灌水量的增加表现出先升后降的趋势。

结果期,较低施 N 水平下(N1)下,可溶性蛋白质随灌水量的增加而升高,而在较高施 N 水平(N2、N3)下,可溶蛋白质含量随灌水量的增加表现出先升后降的趋势;在低灌溉水平(I1)下,可溶性蛋白质含量随施 N 量的增加而升高,而在较高灌溉水平(I2、I3)下, N2、N3 处理可溶性蛋白质含量无显著差异,但均显著高于 N1 处理。

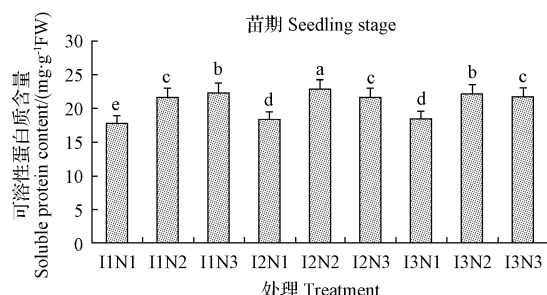
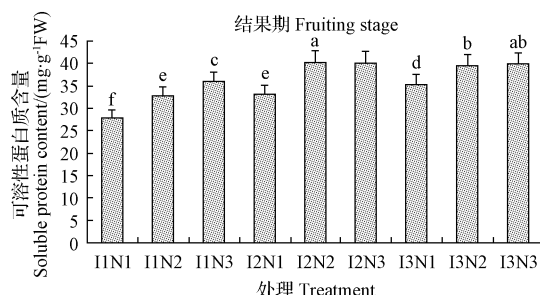


图 6 不同处理下黄瓜植株叶片可溶性蛋白质含量

Fig. 6 Soluble protein content under different treatments

### 3 讨论与结论

硝酸还原酶是植物体内硝酸盐同化过程中的限速酶,在植物氮代谢中处于关键位置,对植物生长发育、产量形成和蛋白质含量都有重要影响。水分胁迫下硝酸还原酶活性和作物生长发育有密切关系<sup>[12]</sup>。研究表明,灌水处理对作物氮代谢酶活性及相关物质含量均有显著影响<sup>[13]</sup>。硝酸还原酶对水分胁迫非常敏感,而且硝酸还原酶是植物氮代谢硝酸盐同化过程中的调节酶和限速酶,是催化  $\text{NO}_3^-$  转化为氨基酸的第一步反应<sup>[14]</sup>,常用来表示氮代谢的强度,其活性的大小也可用来表示作物抗旱能力的强弱。孙永健等<sup>[15]</sup>研究认为,硝酸还原酶活性只有在适宜的含水量的情况下才能够得到有效改善,而含水量过高或过低均不利于硝酸还原酶活性的提高。该试验中,在同一施氮水平下,硝酸还原酶的活性随灌水量的增加而显著升高,其原因可能是该试验采用的是地下滴灌,灌水量较少,在 I3 灌溉水平下,土壤含水量仍处于适宜含水量环境,硝酸还原酶活性仍持续升高。张丽莹等<sup>[13]</sup>研究认为,在低肥处理下高灌水会抑制硝酸还原酶活性,而该试验中,在低氮(N1)处理下,硝酸还原酶随灌水量的增加而升高,反而在高施氮(N3)条件下, I3 灌溉处理与 I2 处理硝酸还原酶活性差异不显著,其原因还需进一步研究。有研究认为植物的硝酸还原酶活性随着施氮量的增加而增强<sup>[13,16]</sup>,而该试验中,只有在苗期 I1 灌溉水平下,硝酸还原酶活性随施氮量的增



加而增强,而在结果期 I3 灌溉水平下,高施氮(N3)处理的硝酸还原酶活性显著低于 N2 处理,其它条件下, N2 处理与 N3 处理下硝酸还原酶活性差异不显著。

谷氨酰胺合成酶(GS)和谷氨酸合成酶(GOGAT)是氮代谢过程中的关键酶,负责氮的初级和次级同化,是保证植株内氮代谢顺利进行的基础,与植株体内较低的氮浓度相适应,其较高的活性可以有效利用土壤中的氮素营养,减少氮素的深层渗漏损失<sup>[17]</sup>。前人研究表明,灌水量对谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶活性影响显著,适宜的灌水量有利于二者活性的提高,而在水分胁迫下,植物叶片中的谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶活性呈明显下降的趋势<sup>[13,18]</sup>。该试验中,谷氨酰胺合成酶活性随灌水量的增加而升高,在 N1 施肥条件下,谷氨酸合成酶活性随灌水量的增加而升高,而在 N2、N3 施肥条件下, I2、I3 处理谷氨酸合成酶活性差异不显著。张丽莹等<sup>[13]</sup>研究指出,作物叶片中谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶活性随土壤施氮水平的提高而升高,而该试验研究结果与其不一致;在该试验中,谷氨酰胺合成酶活性随施氮量的增加呈现先升后降的趋势, N2 处理下谷氨酰胺合成酶活性最高;对谷氨酸合成酶来说,在灌水较少的条件下(I1),谷氨酸合成酶活性随施氮量的增加而升高,而在灌水较多的情况下(I2、I3), N2、N3 处理的谷氨酸合成酶活性差异不显著。

虽然谷氨酸脱氢酶在植物体内氮代谢方面的生理

功能还未有准确定论,但仍被认为是氮代谢过程中的一个关键酶<sup>[19]</sup>。前人研究结果表明,谷氨酸脱氢酶在作物生育前期处于较低状态,随着生育期的推进,植株日益衰老,谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶活性下降,促进了谷氨酸脱氢酶活性的升高。而在该试验中,从苗期开始谷氨酸脱氢酶活性就保持较高活性,且与谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶活性呈显著的正相关,其原因还有待于进一步研究。

该试验中,在苗期,黄瓜植物叶片中硝态 N 含量随灌水量的增加而显著降低,其原因可能是在苗期,植株对氮素的吸收量较小,在高灌溉水平下,硝酸还原酶活性处于较高水平,对氮的还原量大于植株吸收的硝酸盐数量所致。在结果期,由于植株根系吸收能力增强,硝酸还原酶对氮的还原量远小于植株的吸收量,硝酸盐在植物体内不断积累,因而叶片中的硝态氮含量显著高于幼苗期。

氮素作为蛋白质组成的基本元素,对蛋白质代谢起着至关重要的作用。在该试验中,低灌溉水平下(I1),可溶性蛋白质含量随施氮量的增加而显著升高,这与前人研究结果一致。水解酶在水分胁迫环境下活性增强,促进蛋白质降解速度,可溶性蛋白质含量增大。曹翠玲等<sup>[20]</sup>的研究证明,小麦叶片中可溶性蛋白质含量随施氮水平的增高缓慢增加。该试验中,结果期可溶性蛋白质含量远高于幼苗期,这是因为在结果期,植株代谢旺盛,而可溶性蛋白质成分大多是参与代谢的酶类。

该试验结果表明,灌水量和施 N 量对日光温室地下滴灌条件下黄瓜植株氮代谢酶活性均有显著影响。根据黄瓜氮代谢相关酶及相关物质含量,日光温室地下滴灌条件下黄瓜作物最佳灌水量应为 0.8 Ep,施 N 量为 600 kg/hm<sup>2</sup>。

### 参考文献

[1] Liu Y, Yu X, Jiang J. Effects of nitrogen fertilization on quality of self-rooted and grafted cucumber[J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2006, 12

(5):706-710.

[2] Cabello M, Castellanos M, Romojaro F, et al. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(5):866-874.

[3] 肖自添. 温室基质培番茄水氮耦合效应研究[M]. 北京:中国农业科学院, 2008.

[4] 高兵,任涛,李俊良,等. 灌溉策略及氮肥施用对设施番茄产量及氮素利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(6):1104-1109.

[5] 徐坤范,李明玉,艾希珍. 氮对日光温室黄瓜呈味物质、硝酸盐含量及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5):717-721.

[6] 许振柱,周广胜. 植物氮代谢及其环境调节研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3):511-516.

[7] 张自坤,刘作新,张颖,等. 日光温室黄瓜地下滴灌灌溉制度的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6):76-81.

[8] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.

[9] 赵全志,陈静蕊,刘辉,等. 水稻氮素同化关键酶活性与叶色变化的关系[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9):2607-2616.

[10] 蔡一霞,王维,朱庆森,等. 水分胁迫对水稻籽粒蛋白质积累及营养品质的影响[J]. 植物生态学报, 2007, 33(3):536-543.

[11] Lin C C, Kao C H. Disturbed ammonium assimilation is associated with growth inhibition of roots in rice seedlings caused by NaCl[J]. Plant growth regulation, 1996, 18(3):233-238.

[12] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2002.

[13] 张丽莹,王荣莲,张俊生,等. 水肥耦合对温室无土栽培黄瓜氮代谢的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(5):893-902.

[14] 高慧璟,肖能文,李俊生,等. 不同氮素水平下 CO<sub>2</sub> 倍增对转 Bt 棉花氮素代谢的影响[J]. 生态学杂志, 2009(11):2213-2219.

[15] 孙永健,孙园园,李旭毅,等. 水氮互作下水稻氮代谢关键酶活性与氮素利用的关系[J]. 作物学报, 2009, 35(11):2055-2063.

[16] 何舞,刘红耀,朱端卫,等. 不同肥料施用对大蒜生长、品质和氮代谢的影响[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(2):179-182.

[17] 刘淑云,董树亭,赵秉强,等. 长期施肥对夏玉米叶片氮代谢关键酶活性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(2):278-283.

[18] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1):105-109.

[19] 汪建飞,董彩霞,沈其荣. 氮素不同形态对比对菠菜体内游离氨基酸含和相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4):664-670.

[20] 曹翠玲,李生秀. 氮素形态对作物生理特性及生长的影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(5):581-586.

## Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization on Nitrogen Metabolism of Cucumber Under Subsurface Drip Irrigation

LI Hua<sup>1,2</sup>, ZHANG Zi-kun<sup>2</sup>, LIU Shi-qi<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018; 2. Dezhou Academy of Agricultural Science, Dezhou, Shandong 253015)

**Abstract:** Taking cucumber 'Jinyou 35' as test material, the effect of irrigation and nitrogen fertilizer coupling on enzyme activities related to nitrogen metabolism under subsurface drip irrigation in solar greenhouse were studied. The results showed that irrigation amount and nitrogen application had significant effect on enzyme activities related to nitrogen metabolism. Under the same nitrogen fertilizer level, the activities of nitrate reductase and glutamine synthetase increased

# 三种有机蔬菜结果期光合及荧光特性研究

张金梦<sup>1</sup>, 江洪<sup>1,2</sup>, 吴丹娜<sup>1</sup>, 刘玉莉<sup>1</sup>, 孙文文<sup>1</sup>, 马锦丽<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学 国际空间生态与生态系统生态研究中心, 浙江 杭州 311300; 2. 南京大学 国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093)

**摘 要:**有机种植是在生态学理论指导下的一种重要的种植体系,但是缺乏对其深入的机理研究。该试验以结果时期的黄瓜、豇豆和番茄为研究对象,测定其在有机种植条件下叶片的光合特性、叶绿素荧光参数和叶绿素相对含量等指标,研究三者叶片光合特性的特点与差异。结果表明:3种有机蔬菜叶片的叶绿素含量大小为豇豆>黄瓜>番茄;3种有机蔬菜的净光合速率  $P_n$ 、蒸腾速率  $T_r$  和气孔导度  $G_s$  对光强的响应为:豇豆>黄瓜>番茄,拟合的最大净光合速率  $P_{n_{max}}$  和光饱和点  $LSP$  的大小为:黄瓜>豇豆>番茄,表观量子效率  $AQE$ 、光补偿点  $LCP$  和暗呼吸速率  $R_d$  的大小为豇豆>黄瓜>番茄;PSII光化学效率 ( $F_v/F_m$ ) 和 PSII潜在活性 ( $F_v/F_o$ ) 大小均为黄瓜>豇豆>番茄。综合以上结果得出,有机黄瓜和豇豆的叶片的光合固碳能力较强,番茄弱之。

**关键词:**有机种植;黄瓜;番茄;豇豆;光合特性;叶绿素荧光;叶绿素相对含量

**中图分类号:**S 642.2;S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0010-05

有机农业(Organic Farming)是指在动植物生产过程中不使用化学合成的农药、化肥、生产调节剂、饲料添加剂等物质,以及基因工程生物及其产物。而是遵循自然规律和生态学原理,采取一系列可持续发展的农业技术,协调种植业和养殖业的平衡,维持农业生态系统持续稳定的一种农业生产方式<sup>[1]</sup>。与常规农业(Conventional

Agriculture)相比,其核心特点是保持和提高土壤肥力,培育健康的土壤,生产高品质和安全的产品<sup>[2]</sup>。作为一种环境友好型的农业方式,有机农业禁止使用化学合成的肥料投入,在一定程度上可以减少温室气体( $CO_2$ 、 $N_2O$ 、 $CH_4$ )的排放<sup>[3]</sup>。近年来,对于黄瓜、番茄光合特征与环境因子影响关系的报道较多<sup>[4-11]</sup>。也有研究表明有机肥可以促进植株的生长发育,提高蔬菜的产量,对植株的茎粗、开花数等指标有较好的影响<sup>[12-13]</sup>。但从有机种植条件下作物的生理生态特点方面入手的研究尚少。研究有机种植条件下作物的生理生态特点,对于探讨有机农业减排固碳的机理机制有重要的意义。黄瓜、豇豆和番茄进入结果期时植株生长盛期,对水肥需求量显著增加,保持最适的叶面积指数,群体达到最高程度的干物质产量,光合作用是植物重要的生理指标之一,是判断植物生产能力的重要生理过程。叶绿素荧光是研究植物光合能力的良好探针,可直接或间接了解植物的光

**第一作者简介:**张金梦(1988-),女,硕士研究生,研究方向为植物生理生态以及生态模型与模拟。E-mail:beike0922@163.com.

**责任作者:**江洪(1955-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事生态系统生态学与环境遥感和生态模型与模拟等研究工作。

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(61190114,41171324);国家“973”重点基础研究发展规划资助项目(2011CB302705);上海市科学委员会资助项目(12231205101);上海市战略性新兴产业重大资助项目(重大 2013-14 号);上海市农委资助项目(沪农科政字(2012)第 2-2 号)。

**收稿日期:**2015-01-26

with the increase of irrigation, but as for glutamate synthase activity, there was no significant difference existed between I2 (0.8 Ep) and I3 (1.0 Ep) irrigation treatment. The contents of nitrate nitrogen and soluble protein in leaves of cucumber decreased with increase of irrigation water in fruiting stage, whereas there was no significant difference between I2 and I3 treatments. Under I2 and I3 irrigation level, the activities of nitrate reductase, glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in N2 (600 kg/hm<sup>2</sup>) treatment were significantly higher than those in N3 (750 kg/hm<sup>2</sup>) treatment, while there were no significant difference on the glutamate synthase activity and the contents of nitrate nitrogen and soluble protein between N2 and N3 treatments. According to enzyme activities related to nitrogen metabolism, the optimum irrigation level and nitrogen fertilizer application level for cucumber under subsurface drip irrigation were 0.8 Ep and 600 kg/hm<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords:** cucumber; subsurface drip irrigation; water and nitrogen fertilizer coupling; nitrogen metabolism