

氮素供应对土壤酶活性及设施番茄生理抗性和产量的影响

沙海宁, 孙 权, 周 明, 郭 洁, 张晓娟

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:以土壤酶活性及保护酶系统作为反馈指标,以产量为最终评价因素,探讨宁夏设施栽培条件下,氮素胁迫对土壤生境及植株生理抗性的影响。结果表明:除过氧化氢酶外,供氮量对土壤酶活性影响显著,其中,土壤蔗糖酶活性随施氮量增加而极显著下降,土壤磷酸酶和脲酶活性在低氮供应下增高,高氮供应下(> 600 kg/hm²)遭胁迫;设施番茄体内保护酶系统对氮肥施用量反应敏感,适量施氮 CAT 活性显著回升,但高施氮量(> 600 kg/hm²)胁迫使番茄 SOD、CAT 和 POD 活性显著下降,而 PRO 活性显著增加。施氮量的差异最终显著影响番茄产量,供试条件下,设施番茄最高产量施氮量为 479.41 kg/hm²,最大利润施氮量为 364.71 kg/hm²。

关键词:设施;氮素供应;生理抗性;酶活性;番茄

中图分类号: S 641.201 文献标识码: A 文章编号: 1001- 0009(2010)07- 0009- 03

当前设施农业是我国具有较大比较优势的劳动密集型产业,是种植业和养殖业效益最高的支柱产业,是当前广大农民增收的主要渠道之一。据不完全统计,2008 年全国设施蔬菜面积 340 万 hm²,总产量 1.68 亿 t,占全国蔬菜产量的 25%。在设施农业长足发展的过程中,对肥料的利用提出了较高的需求。尤其是设施番茄,其生长特点是营养生长与生殖生长同时进行,对肥料需求量大,养分含量高,生长期长,因而需肥绝对量比较大,为高需肥蔬菜作物^[1,2]。氮素是植物生长的必需大量元素之一,同时也是组成植物体内蛋白质、酶类和维生素、生物碱、叶绿素以及其它数千种物质的重要成分之一,故氮肥对促进作物生长发育及增产的效果最为显著。但是,在高产及高利润的驱使下,人们长期大量施用化学氮肥,造成氮肥利用率降低,土壤养分大量累积、盐分表聚、土壤酸化及生态环境恶化等现象日益突出,逐渐成为当前急需解决的关键问题,受到广泛的关注。

现针对宁夏日光温室肥力普遍较高,但仍过量施肥的现状,以土壤酶活性及保护酶系统作为反馈指标,以产量作为评价因素,探讨宁夏设施栽培条件下,氮素胁迫对土壤生境及植株生理抗性的影响,为番茄优质高产栽培、合理施肥提供理论依据。

第一作者简介:沙海宁(1984),女,硕士,现从事植物营养与合理施肥技术研究工作。
基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAD57B04)。
收稿日期:2010- 01- 20

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于宁夏银川平原中部永宁县千亩万间设施农业示范园区。地处北纬 38°18',东经 106°15',海拔 1 111.4 m;年均气温 10℃以上,无霜期 157 d;年降水量 180~ 200 mm,且集中分布于 6~ 9 月;年日照时数 2 290~ 3 000 h。温室坐北朝南,墙体为土质,采光屋面采用日本进口无滴膜,夜间覆盖保温被。

1.2 试验材料

供试土壤为灌淤土,种植番茄前 0~ 40 cm 层次土壤基本理化性质见表 1。其中,pH 用 SH-3 精密酸度计测定,全盐用 DDS-11 电导率仪测定,有机质用重铬酸钾氧化-硫酸亚铁滴定法测定,碱解氮用扩散法测定,速效磷用硫酸钼锑抗法测定,速效钾用火焰光度计法测定,容重和田间持水量用环刀法测定^[3]。

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Soil basic physical and chemical properties								
深度	全盐	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	容重	田间持水量	
Depth	pH	Total salt	O. M.	Available N	Available P	Available K	Bulk density	Field capacity
/ cm		/ g · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹	/ g · cm ⁻³		/ %
0~ 20	8.91	0.59	12.94	31.50	4.95	127.5	1.32	24.07

供试番茄品种为荷兰瑞克斯旺 446,2008 年 9 月 13 日 4 叶 1 心期定植于日光温室,12 月 12 日始收,2009 年 4 月 3 日拉秧结束,全生育期 200 d。采用平垄双行栽培,垄宽 1.4 m,株距 45 cm,行距 50 cm,每垄 2 行,2 垄为一个小区,每小区重复 2 次;番茄全生育期内共采果 9 次,首次采果为 2008 年 12 月 12 日,最后 1 次采果为 2009 年 4 月 2 日。

供试肥料中氮肥为尿素(CO(NH₂)₂),含 N 46%;磷

肥为重过磷酸钙($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 含 P_2O_5 46%; 钾肥为硫酸钾(K_2SO_4), 含 50%。有机肥为宁夏吴忠科宇公司生产的完全腐熟生物有机肥。

1.3 试验设计

试验采用单因素五水平随机区组设计, 其中 P_2O_5 用量 $300 \text{ kg}/\text{hm}^2$, K_2O 用量 $450 \text{ kg}/\text{hm}^2$, N 素设 0、300、600、900、1 200 kg/hm^2 5 个水平, 重复 2 次, 共 10 个小区, 小区东西走向随机排列。其它栽培管理措施同生产实际。

试验为冬、春茬, 整地时施入 $30 \text{ t}/\text{hm}^2$ 有机肥为底肥, 磷肥全部基施, 氮、钾肥 1/2 基施, 1/2 分 3 次分别在开花期、初果期、盛果期, 距番茄根基部 15 cm 处穴施。

于番茄盛果期采集新鲜植株叶片测定主要生理抗性指标, 其中过氧化氢酶活性(CAT)采用碘量法; 脯氨酸(Pro)采用茚三酮比色法; 过氧化物酶(POD)采用愈创木酚比色法; 超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑(NBT)法^[4]。在番茄拉秧结束后采集土样测定土壤养分及酶活性^[3,5], 产量为生育期内多次产量统计总数, 乘面积系数得到最终产量。

试验数据统计分析由 Excel 2003 和 DPS 完成。

2 结果与分析

2.1 氮素供应对设施土壤酶活性的影响

作为土壤质量的生物活性指标, 土壤酶活性与土壤生物、土壤理化性质及环境条件等密切相关^[6,8]。同时, 磷酸酶、脲酶与作物产量之间有一定的相关关系^[7,9]。但是, 有关氮肥用量与土壤酶活性之间的关系报道的较少。

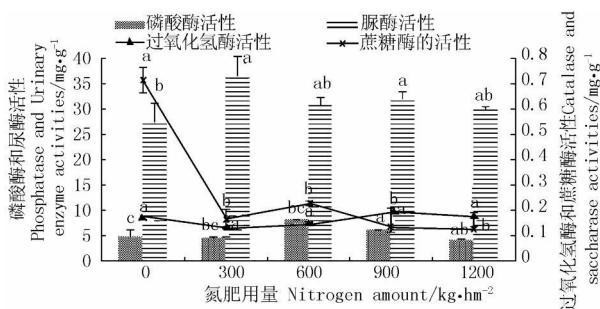


图1 氮素供应对土壤酶活性的影响

Fig. 1 Effect of N application rate on soil enzyme activities

图1表明, 不同氮素供应水平下, 设施番茄土壤蔗糖酶活性差异显著, 以无氮肥处理为最高, 施氮肥后, 蔗糖酶活性极显著下降; 不同施氮量土壤磷酸酶活性差异显著, 其中, 施氮量 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时磷酸酶活性显著提高, 进一步提高施氮量, 磷酸酶活性下降, 低施氮量($300 \text{ kg}/\text{hm}^2$)土壤脲酶活性显著增加, 进一步提高施氮量, 脲酶活性有下降的趋势, 而过氧化氢酶活性与施氮量之间的关系无显著影响。

2.2 氮素供应对设施番茄生理抗性的影响

大量研究表明, 植物抗逆性的大小与植物保护酶系统的活性变化关系密切^[10-12]。SOD、POD、CAT 等是抗氧化酶系统中最重要的 3 个保护酶。

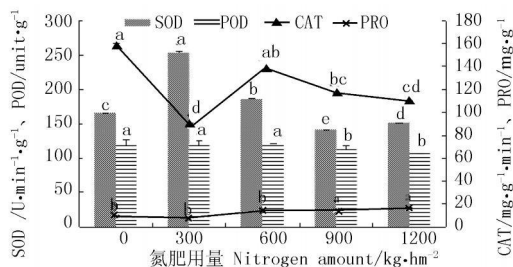


图2 氮素供应对设施番茄生理抗性指标的影响

Fig. 2 Effect of N application rate on physiological index of tomato

图2表明, SOD 是氧代谢的关键酶, 低施氮量 ($300 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 条件下, 设施番茄 SOD 活性显著增加, 而随施氮量的进一步增加, 高氮胁迫使番茄 SOD 活性显著下降; CAT 对氮肥施用量的胁迫也很敏感, 低氮素供应($300 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 时, 其活性显著下降, 随施氮量的增加, CAT 活性显著回升, 但进一步增高的施氮量对 CAT 活性产生强烈抑制; 番茄 POD 活性在施氮量低于 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时与对照无差异, 而进一步增加施氮量, POD 活性显著受抑制; Pro 活性与 POD 相反, 低氮素供应($300 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 时, 对 Pro 活性无影响, 但施氮量高于 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 其活性显著增加。植物体内游离 Pro 含量的增加是对逆境胁迫的一种生理生化反应, 高氮胁迫对设施番茄产生很大的伤害。

2.3 氮素供应对设施番茄产量的影响

氮肥对促进作物生长发育和作物增产的作用毋庸置疑。不同氮素供应水平下, 番茄产量差异显著。其中氮素供应 $300 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时的产量最高, 氮素供应达到 $1 200 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时的产量比不施氮处理的还要少, 说明氮肥用量过量反而会造成设施番茄严重减产(图3)。

通过模拟得到施氮量与番茄产量的关系式为: $y = 59.84 + 0.0163x - 0.0002x^2$; $R^2 = 0.7122$ 。

根据边际分析原理, 对上式求解得最高产量施氮量为 $479.41 \text{ kg}/\text{hm}^2$; 在氮素 $3.92 \text{ 元}/\text{kg}$, 番茄价格 $1 000 \text{ 元}/\text{t}$ 的情况下, 设施番茄最大利润施氮量为 $364.71 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

表2相关分析表明, 不同氮素供应水平下, 设施番茄产量和土壤过氧化氢酶活性呈显著负相关($P = -0.878$); 施氮量和 Pro 呈显著相关($P = 0.905$); 蔗糖酶和磷酸酶呈显著负相关($P = -0.89$), 和脲酶呈显著负相关($P = -0.8791$), 脲酶和磷酸酶呈极显著正相关($P = 0.9765$); SOD 和磷酸酶呈显著相关($P = 0.8876$), 过氧化氢酶和 POD 呈显著相关($P = 0.8187$), 同时, SOD 和脲酶呈显著正相关($P = 0.9461$)。

表 2 土壤酶活性、番茄生理活性及番茄产量与施氮量的相关关系

Table 2	Correlativity amount soil enzyme activities, physiological activities and yield of tomato with N application rate									
r	施氮量 N amount	蔗糖酶 Invertase	磷酸酶 Phosphatase	过氧化氢酶 Catalase	脲酶 Urease	SOD	CAT	POD	Pro	
施氮量 N amount										
蔗糖酶 Invertase	- 0. 7698									
磷酸酶 Phosphatase	0. 8326	- 0. 89*								
过氧化氢酶 Catalase	0. 43 16	0. 1476	0. 1974							
脲酶 Urease	0. 71 55	- 0. 8791 *	0. 9765* *	0. 1182						
SOD	0. 5527	- 0. 9124 *	0. 8876*	- 0. 2026	0. 9461*					
CAT	0. 3381	0. 1709	0. 2697	0. 8164	0. 1719	- 0. 1253				
POD	0. 68 32	- 0. 2978	0. 574	0. 8787*	0. 534	0. 2575	0. 6359			
Pro	0. 905*	- 0. 5756	0. 6493	0. 6454	0. 558	0. 3524	0. 3329	0. 8516		
产量 Yield	- 0. 4663	- 0. 1939	- 0. 1142	- 0. 878*	0. 0464	0. 354	- 0. 8575	- 0. 6474	- 0. 5447	

($r_{0.05} = 0.878, r_{0.01} = 0.959$)

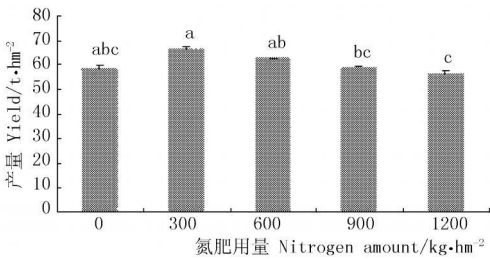


图 3 氮素供应对设施番茄产量的影响

Fig. 3 Effect of N application rate on yield of tomato

3 结论

随着施氮量的增加,设施番茄土壤蔗糖酶活性极显著下降;且土壤磷酸酶活性呈现先增后降的趋势,其中,施氮量 600 kg/hm² 时磷酸酶活性显著提高;低施氮量(300 kg/hm²)土壤脲酶活性显著增加,进一步提高施氮量,脲酶活性有下降的趋势。而过氧化氢酶活性与施氮量之间无显著影响。

设施番茄体内保护酶系统对氮肥施用量反应敏感,低氮素供应(300 kg/hm²)时,其活性显著下降,随施氮量的增加,CAT 活性显著回升,但进一步增高的施氮量对CAT 活性产生强烈抑制;高施氮量(> 600 kg/hm²)胁迫使番茄SOD、CAT 和 POD 活性显著下降,而Pro 活性显著增加。

氮素供应对设施番茄产量影响显著。施氮量的差异最终显著影响番茄产量,供试条件下,设施番茄最高产量施氮 479. 41 kg/hm²,最大利润施氮 364. 71 kg/hm²。

参考文献

[1] 孙军利,赵宝龙.不同施肥对日光温室春茬黄瓜生长、产量和品质的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2006,24(6):674-689.
[2] 张艳玲,宋述尧.氮素营养对番茄生长发育及产量的影响[J].北方园艺,2008(2):25-26.
[3] 孙权.农业资源与环境质量分析方法[M].银川:宁夏人民出版社,2004.
[4] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
[5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
[6] 和文祥,朱铭娥.陕西土壤脲酶与土壤肥力关系研究④土壤脲酶的动力学特征[J].土壤学报,1997,34(1):42-52.
[7] Dick R P, Rasmussen P E, Kerle E A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system[J]. Biological Fertility of Soils, 1988(6): 159-164.
[8] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987.
[9] 关松荫,沈桂琴,孟昭鹏,等.我国主要土壤剖面酶活性状况[J].土壤学报,1984,21(4):368-381.
[10] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2000.
[11] 席章营,吴克宁,王同朝,等.玉米抗生生理生化鉴定指标及利用价值分析[J].河南农业大学学报,2000,34(1):7-12.
[12] 王振铨,郭瑞光,罗淑萍.水分胁迫对玉米 SOD 和 POD 活力及同工酶的影响[J].西北农业大学学报,1989,17(1):45-49.

Effect of N Application Rate on Soil Enzyme Activities, Physiological Activities and Yield of Tomato

SHA Hai-ning, SUN Quan, ZHOU Ming, GUO Jie, ZHANG Xiao-juan
(Agricultural College of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Soil and plant enzyme activities, as well as yield of tomato were adopted to evaluate the influence of Nitrogen over application on soil and tomato. The results showed that N application significantly effects soil enzyme activities except soil catalase. Invertase activity was significantly decreased along with increased N application rate. Phosphatase and urease activity were increased under low N application rate, yet severe restrained under high amount of N application (> 600 kg/hm²). The inner protective enzyme system was sensitive to N application. Reasonable N application rate stimulate catalase of tomato. High rate of N application(> 600 kg/hm²) severe restrict SOD, CAT and POD activities, but significantly promote Pro activity. Tomato yield was significantly effected by N application. The maximum N application rate for the highest yield of tomato was 479. 41 kg/hm². The reasonable application rate for the highest profit yield of tomato was 364. 71 kg/hm².

Key words: greenhouse; N application; physiological activity; enzyme activity; tomato