

一氧化氮对杏叶片光合作用的影响

师守国, 李善菊, 童 斌, 任小林
(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 以山杏(*Armerniaca vulgaris* Lam)叶片为试材, 叶面喷施外源一氧化氮(Nitric Oxide, NO)供体硝普钠(Sodium Nitroprusside, SNP), 研究其对杏叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)以及叶绿素含量的影响。结果表明, 在一定浓度范围内, 杏叶片 P_n 、叶绿素含量随处理浓度的升高而增加, 其中以 $100\text{ }\mu\text{mol/l}$ 处理最高。SNP 处理后, 叶片的 T_r 均低于对照而 C_i 均不同程度有所升高。
关键词: 一氧化氮; 杏; 净光和速率; 蒸腾速率
中图分类号: S 662. 2 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 03-0086-02

Effect of Nitric Oxide on the Photosynthesis in Apricot Trees

SHI Shou-guo, LI Shan-ju, TONG Bin, REN Xiao-lin
(Horticulture College, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Experiment was conducted with the leaves of apricot tress. The effects of exogenous nitric oxide on the net photosynthetic rate (P_n), transpiraton rate (T_r) and chlorophyll content were studied after spraying the exogenous nitric oxide (sodium nitroprusside, SNP) on the leaves. The results showed that, within certain concentration, the P_n and chlorophyll content of leaves were raised along with the treated concentration increased. $100\text{ }\mu\text{mol/l}$ was the best one increased the P_n and chlorophyll content. Comparing to the control, the T_r was decreased and C_i was increased.
Key words: nitric oxide; apricot; net photosynthetic rate; transpiration rate

杏(*Armerniaca vulgaris* Lam)在我国分布较广, 北方和南方都有大面积栽植, 杏光合作用的强弱直接影响果实的产量和品质, 南方阴雨的早春初夏和北方干旱高温的夏季都对杏的光合作用有影响, 是制约杏优质丰产栽培的主要因素之一。因此, 研究杏的光合作用具有重要的理论和实践意义。
NO(nitric oxide)是近几年来人们比较关注的一种生物活性分子, 它也是植物体内一种重要的氧化还原信号分子^[1]。在植物体内主要通过一氧化氮合酶(nitric oxide synthase, NOS, EC 1. 14. 13. 39)和硝酸还原酶(nitrate reductase, NR, EC 1. 6. 6. 1/2)^[2]催化合成。它在植物体内具有双重性, 一方面, 低浓度 NO 对植物具有保护作用, 另一方面, 高浓度 NO 会诱发超氧自由基(O_2)和过氧化氢(H_2O_2)大量产生, 从而对组织有破坏性^[3]。NO 在植物中的相关研究起步较晚, 但到目前为止, 以初步证实 NO 在植物呼吸作用^[4]、气孔运动^[5]、种子萌发^[6]、根与叶片的生长发育^[7]、植物抗逆反应^[8]等生理过程中有重要作用。但目前尚无 NO 对光合作用特性影响的报道, 为此我们进行了此项试验。

1 材料和方法

1. 1 材料与药剂

试验在西北农林科技大学进行。供试材料为当年栽植的山杏, 栽植的株行距为 $0.3\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 。试验地土壤肥力中等, 管理水平中等。选择生长势较一致、生长健壮的杏树, 每处理 5 株树, 每处理 3 次重复。
试验药剂硝普钠(sodium nitroprusside, SNP)是 NO 的供体, 为德国 MERCK 公司提供, 此药剂需要随配随用。本试验设了 5 个浓度, 分别为 $10\text{ }000$ 、 $1\text{ }000$ 、 100 、 10 、 $1\text{ }\mu\text{mol/L}$ 和对照(CK), 于 2004 年 7 月 18 日 8: 00 喷施在杏树上, 对照处理喷蒸馏水。7 月 19 日观察杏树叶片对药剂的反应, 发现 $10\text{ }000\text{ }\mu\text{mol/L}$ 处理的叶片发生了较重的药害, 其叶片边缘有点卷枯, 叶片上有较大的褐斑, $1\text{ }000\text{ }\mu\text{mol/L}$ 处理的杏树幼叶发生了轻微的毒害, 幼叶有轻微的萎蔫, 成熟叶和老叶没有发生药害。并于 19 日对 $1\text{ }000$ 、 100 、 10 、 $1\text{ }\mu\text{mol/L}$ 和 CK 处理的光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度以及叶片叶绿素的含量进行了测定。测定的叶片选自树冠外围、大小一

¹ 收稿日期: 2004-12-10
基金项目: 国家“十五”科技攻关课题(2001BA606A-04)
作者简介: 师守国(1973-), 男, 在读硕士, 主要从事果树生理研究工作; 通讯作者: 任小林, 博士, 副教授, 从事果树生理及产品采后处理研究工作。

致、分化较一致的成熟叶片,每株树测 5 片叶。

1.2 测定方法

1.2.1 光合速率、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度的测定
用便携式光合仪直接在田间测定。

1.2.2 叶绿素含量的测定
用分光光度计法测定,采用 4 下 80% 丙酮黑暗中浸泡 42 h 法提取叶绿素。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 SNP 对杏叶片净光合速率(*P_n*)值的影响

表 1 不同浓度 SNP 对杏叶片(<i>P_n</i>) 值的影响				
处理浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	净光合速率 (CO_2)	净光合速率相 对值	差异显著性	
	$/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	$/ \%$	$P < 0.05$	$P < 0.01$
10000	3.53	36.43	d	D
1000	10.10	104.12	bc	BC
100	12.03	124.05	a	A
10	11.70	120.62	a	AB
1	11.17	115.12	ab	ABC
CK	9.70	100.00	c	C

[注]:表中数据采用新复极差法处理, $a=0.05$, $A=0.01$ (下表同)。
由表 1 可知,与对照相比,除 10 000 $\mu\text{mol/L}$ 处理外其余各处理浓度均不同程度的增加了杏叶片的净光和速率,且在一定浓度范围内,叶片的净光和速率值随 SNP 处理浓度的升高而增大的,其中 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理增加得最多,1 $\mu\text{mol/L}$ 处理的净光和速率虽也有增加,但与对照差异不是极显著。这表明在适当浓度范围内 NO 可提高杏的净光和速率,浓度过高会对叶片造成损伤反而会降低杏的净光和速率。

2.2 不同浓度 SNP 对杏叶片蒸腾速率(*T_r*)的影响

由表 2 可知,与对照相比,SNP 各浓度处理均减小了杏叶片的蒸腾速率,且都与对照有极显著差异,以 1 $\mu\text{mol/L}$ 和 10 $\mu\text{mol/L}$ 处理蒸腾速率最低,100 $\mu\text{mol/L}$ 和 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理次之,这两组处理之间也有极显著差异。

表 2 不同浓度 SNP 对杏叶片 <i>T_r</i> 值的影响				
处理浓度 ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	蒸腾速率相 对值/%	差异显著性	
			$P < 0.05$	$P < 0.01$
1000	3.53	61.76	b	B
100	3.36	58.84	b	B
10	1.45	25.39	c	C
1	1.03	18.04	c	C
CK	5.71	100.00	a	A

2.3 不同浓度 SNP 对杏叶片叶绿素含量的影响

由表 3 可知,与对照相比,由于 10 000 $\mu\text{mol/L}$ 处理使杏叶片发生药害,其叶片叶绿素含量比较低外,其余各处理叶绿素含量都有不同程度的增加,与杏叶片的净光和速率增加一致,其中 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理增加得最多,表明在一定浓度范围内,叶片的叶绿素含量随 SNP 处理浓度的升高而增大的,超过 100 $\mu\text{mol/L}$ 叶片的叶绿素含量会随浓度的升高而降低。

2.4 不同浓度 SNP 对杏叶片胞间 CO₂ 浓度(*C_i*)的影响

由表 2 可知,与对照相比,SNP 各浓度处理均不同程度的增加了杏叶片的胞间 CO₂ 浓度,其中只有 1 $\mu\text{mol/L}$ 处理增加得最多,与对照有极显著差异。100 $\mu\text{mol/L}$ 处理增加最少,增加效果不显著。

表 3 不同浓度 SNP 对杏叶片叶绿素含量的影响				
处理浓度/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	叶绿素含量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	叶绿素含量相 对值/%	差异显著性	
			$P < 0.05$	$P < 0.01$
10000	2.56	75.3	d	D
1000	4.28	128.40	a	A
100	4.41	132.43	a	A
10	3.75	112.57	b	B
1	3.72	111.55	b	B
CK	3.33	100.00	c	C

表 4 不同浓度 SNP 对杏叶片胞间 CO ₂ 浓度(<i>C_i</i>)的影响				
处理浓度/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度 相对值/%	差异显著性	
			$P < 0.05$	$P < 0.01$
1000	296.67	102.06	ab c	AB
100	295.00	101.49	bc	AB
10	299.67	103.10	ab	AB
1	301.67	103.78	a	A
CK	290.67	100.00	c	B

3 讨 论

杏的净光合速率是否光合作用特性的重要指标,也是影响经济产量的和生物产量的重要因素。从本试验可以看出叶片喷施 SNP,在一定浓度范围内杏的净光和速率随 SNP 浓度的升高而增加,如果浓度超出这个范围,其杏的净光和速率随 SNP 浓度的升高而降低,这与 NO 在植物体内的双重性一致^[3],一方面,低浓度 NO 对植物具有保护作用,能促进植物的生长,当喷施浓度为 100 $\mu\text{mol/L}$ 时,其净光和速率最高。当喷施浓度超过 1 000 $\mu\text{mol/L}$,叶片内 NO 的浓度过大、积累过多,导致叶片发生药害,这是因为叶片内高浓度 NO 会诱发超氧自由基(O_2^-)和过氧化氢(H_2O_2)大量产生,从而对组织有破坏性。所以,从增加杏净光和速率这一角度来说,100 $\mu\text{mol/L}$ 的浓度是最合适的。

蒸腾作用伴随着植物的生命活动。从本试验来看,随着 SNP 处理浓度的增加,蒸腾速率在逐步降低,这可能因为在一定浓度范围内 NO 可诱导植物叶片气孔的关闭^[10],气孔开度降低导致叶片蒸腾速率的降低。叶片蒸腾速率的下降显著的降低了植物对水分的消耗,从而可增加植物对本体内水分的利用率,这对植株的生长、抗旱性的增强有利。

叶片的胞间 CO₂ 浓度是植物进行光合作用前提物质。SNP 各浓度处理均不同程度的增加了杏叶片的胞间 CO₂ 浓度,100 $\mu\text{mol/L}$ 增加最少,可能是因为 100 $\mu\text{mol/L}$ 的光和速率较大消耗的 CO₂ 也较多。按理 NO 诱导气孔开度降低,应该导致叶片胞间 CO₂ 浓度也降低,但本试验发现 SNP 处理的叶片其叶片胞间 CO₂ 浓度均高于对照,这是否意味着 NO 与细胞内 CO₂ 的固定有关联,还有待于进一步的研究。不过 CO₂ 浓度的升高有利于叶片的光和速率。

杏叶片叶绿素的变化与杏叶片净光和速率的变化基本相同,在一定浓度范围内,随着处理浓度的增加而增加,这一点与前人在马铃薯材料上的实验结论一致^[10],还与本实验室研究发现 NO 对采后番茄、草莓等果皮中叶绿素含量的下降有延缓作用(待发表)相符合。SNP 处理有利于叶绿素的
(下转第 140 页)

表 1 规划工作图层^[3]

层名称	层代码	图层内容	要素特征
基础地理要素 A			
行政规划	A 10	乡级行政单元	Polygon
土地利用规划基本要素 B			
面状用地	B 11	面状用地类型	Polygon
线状用地	B 12	现状用地类型	Line
土地利用规划要素 C			
土地用途分区	C 10	能够表示各种规划信息的最小图斑	Polygon
基本农田保护	C 20	各类线状建设用地	Line
土地整理	C 30	不宜采用图斑表示的规划用地	Point
土地复垦	C 40		Polygon
土地开发	C 50		Polygon
生态环境建议	C 60		Polygon
注记及其他要素			
注记层	D 10	图面注记、地名注记、水系注记、交通注记、	Point
		地形注记、土地用途分类注记、图例	
其他要素层	D 20	图廓线、公里格网、图幅接合表、	Line
		比例尺符号、图示符号	

3.5 功能设计

系统总统设计好后,可分为两级,第一级为主菜单,包
参考文献:

[1] 张冠斌,何秉宇,张力猛,等. 省级土地资源管理信息系统的设计与功能实现[J]. 新疆大学学报(自然科学版) , 2003, 20 (1): 36– 40.

[2] 王晓红. 基于 GIS 的县级土地利用规划管理信息系统的研究与开发[D] . 绵阳: 西南科技大学, 2004.

[3] 李满春,任建武,陈刚,等. GIS 的设计与实现[M] . 北京: 科学出版社, 2003.

[4] 寇有观,萧术. 全国土地管理信息系统的系统分析和总体设计研究[J] . 中国土地科学, 1999, 13(6): 1– 4.

[5] 高亚军,常庆瑞,赫晓慧,等. 土地资源信息系统数据库的设计研究——以乾县试区为例[J] . 干旱半干旱区域研究, 2003, 21(21): 163– 166.

(上接第 87 页)

合成, 本实验室研究发现 NO 有利于杏叶片中叶绿素 a 的增加^[11], 从而使整个植株的净光和速率增加。NO 提高叶绿素
参考文献:

[1] 屠洁,沈文风,叶茂炳,等. 外源 NO 供体对小麦离体叶片过氧化氢代谢的影响[J] . 植物学报, 2002, 19(3): 336– 341.

[2] Wendehenne D, Pugin A, klessig D F. Nitric oxide: Comparative synthesis and signaling in animal and plant cells[J] . Trends Plant Sci. , 2001, 6(4): 177– 183.

[3] Belying M V, Lamatina L. Is nitric oxide toxic or protective? [J] . Trends Plant Sci. 1999, 4(8): 299– 300.

[4] Millar A H, Day D A. Nitric oxide inhibits the cytochrome oxidase but not the alternative oxidase of plant mitochondria [J] . FEBS Lett, 1996, 398(2– 3): 155– 158.

[5] Garcfa – Mata C, Lamattia L. Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells[J] . Plant Physiol , 2002, 128: 790– 792.

[6] Caro A, Puntarulo S. Nitric oxide generation by Soybean embryonic axes, Possible effect on mitochondrial function[J] . Free Radic Res, 1999, 31(sup): 205– 212.

[7] Gouvea C M C P, Souza J F, Magalhaes A C N, et al. NO–releasing substances that induce growth elongation in maize root segments[J] . Plant Growth Reg, 1997, 21: 183– 187.

[8] Zhao L Q, Zhang F, Guo J K, et al. Oxide functions as a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed [J] . Plant Physiology, 2004, 134: 1– 9.

[9] Garcfa– Mata C, Lamattina L. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress[J] . Plant Physiol, 2001, 126(3): 1196– 1204.

[10] A M Laxalt, M V Beligni, Lamattina L. Nitric oxide preserves the level of chlorophyll in potato leaves infected by phytophthora infestans[J] . European Journal of Plant Pathology , 1997, 103: 643– 651.

[11] 李善菊,任小林. 外源一氧化氮共体浸种对杏幼苗生长的影响[J] . 陕西农业科学, 2004 (5): 21– 23.

括: 系统介绍、图形数据库管理、属性数据库管理、帮助。其中图形数据库管理仍以 ARC/INFO 进行, 单击图形数据库或属性数据库管理菜单后, 进入二级菜单。二级菜单主要注重管理, 因此需要确认管理权限, 通过之后才能进行下面的操作。二级菜单设计主要包括四个大的功能模块: 文件管理、数据维护、数据服务、数据转出。各个模块间相互独立, 采用窗口式界面, 易于操作, 以便用户能更好的利用本系统。

4 讨论与结论

(1) 土地管理必须走信息化的道路, 必须充分利用日益完善的地理信息系统技术, 以提高管理的效率。土地利用规划管理信息系统的设计可以大大地提高榆林地区土地管理工作的现代化和科学化决策水平, 改善土地利用中存在的问题, 其社会效益和经济效益十分显著, 具有广阔的市场推广应用前景。

(2) 本研究的主要是针对土地利用规划工作的需要, 因此, 用户对系统的准确性要求很高, 而数据质量和数据库的设计直接影响到土地利用规划管理信息系统的好坏, 所以在数据库建立的过程中, 要严格控制好每个环节, 及时检验和校对, 对数据质量不高和不能保证其精确度的数据不予入库, 保证数据库的质量和系统的准确性。