

叶面肥“天达-2116植物细胞膜稳态剂” 对烟草叶片气体交换特征的影响

付在秋,王建林

(青岛农业大学,山东青岛 266109)

摘要:为了揭示叶面肥“天达-2116”对烟草光合速率的影响,对比分析了喷施和不喷施叶面肥“天达-2116”两种处理下,旺长期叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度以及水分利用率对光强响应特征。结果表明:喷施叶面肥时烟草的光合速率、蒸腾速率、气孔导度都随光强的增强而逐渐增大。不喷施条件下,蒸腾速率和气孔导度随光强的增强而逐渐增大,而在高光强($>1200 \mu\text{mol}(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)下,会产生光饱和现象。喷施叶面肥“天达-2116”条件下的光合速率、蒸腾速率、气孔导度均高于不喷施的,但并未改变水分利用效率。因此,适量喷施叶面肥“天达-2116”可以显著改善烟草叶片的光合生理性状和气体交换能力。

关键词:烟草;叶面肥;光合作用;蒸腾作用;气孔导度;水分利用率

中图分类号:S572.1,Q945.79

文献标识码:A

论文编号:2009-0818

Effects on Foliar Fertilizer to Leaf Gas Exchange of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

Fu ZaiQiu, Wang Jianlin

(Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong 266109)

Abstract: In order to reveal the effects on foliar fertilizer to photosynthetic rate, and increase the photosynthetic productivity of tobacco, we researched and analyzed the response characteristics of photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and water use efficiency to light intensity during the fast-growing period. It indicated under application foliar fertilizer conditions, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance all gradually increased with the light intensity enhancement. Under no application foliar fertilizer condition, transpiration rate and stomatal conductance gradually increased with the light intensity enhancement. Yet, when light intensity exceeded $1200 \mu\text{mol}(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, it appeared photons saturation. Photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance under application foliar fertilizer conditions were higher than those under no application, but water use efficiency was no change. So, application foliar fertilizer would remarkably improve photosynthesis and leaf gas exchange of tobacco.

Key words: tobacco, foliar fertilizer, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency

0 引言

烟草(*Nicotiana tabacum* L.)是喜光作物,充足的光照条件有利于光合作用,提高其产量和品质^[1]。烟草产量和品质的形成依赖于光合作用产生的有机物质,提

高产量和品质的根本途径是改善烟草的光合性能^[2]。光照强度对植物叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、光饱和点及光补偿点有显著的影响^[3-4]。大量研究表明,外源化学物质如硫^[5]、氯^[6]、铜^[7]、氯化胆碱^[8]、过氧

基金项目:国家自然科学基金“作物叶片气孔导度对环境因子响应机制的模型表达”(30871485);山东省中青年科学家奖励基金“作物叶片气体交换对环境变化响应模型及尺度扩展的研究”(2005BSB01177)。

第一作者简介:付在秋,男,山东昌邑人,高级农艺师,在职硕士研究生,研究方向:农业技术推广与病虫害综合防治。

通讯作者:王建林,男,河北唐山人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向:植物生理生态方面研究。通信地址:266109 青岛市城阳区青岛农业大学农学与植物保护学院, Tel: 0532-88030341, E-mail: wangjianlinrice@yahoo.com.cn。

收稿日期:2009-04-20, **修回日期:**2009-05-13。

化氢^[9]、羟胺和胂^[10]等都可以影响烟草叶片的光合性能。

各种叶面肥被广泛应用于烟草的生产过程中^[11]。叶面肥“天达-2116”是山东天达生物制药有限公司与山东大学生命科学学院共同研制开发的一种植物细胞膜稳态剂,该产品运用生化技术,从海洋生物中提取活性物质,依靠稳定植物细胞膜技术,提高植物免疫力,增强植物生命活力,促进光合作用,实现农作物抗病、高产、优质、高效。开发了多个专用类型在粮食、花生、豆类、棉花、蔬菜、果树、茶桑、中药材、烟草、草坪(牧草)、花卉等植物上广泛推广应用,不仅增产效果明显,而且提高了农产品质量与风味,增强了作物抗逆性,抗病、抗冻、抗旱,安全无毒^[12]。笔者试验设不喷施“天达-2116”和喷施“天达-2116”600倍液两种处理,对烟草的光合速率、蒸腾速率、气孔导度以及水分利用率对光强的响应特征进行研究和分析。以便揭示该叶面肥对光合速率的影响效应,为烟草生产提供某些理论依据和生产上的指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2007—2008年在青岛农业大学标本园进行,试验田土壤为潮褐土,肥力水平中等,土层有机质含量为4.10 g/kg,全氮量0.50 g/kg,全磷(P)量0.46 g/kg,土壤有效磷(P)15 mg/kg,土壤速效钾(K)38 mg/kg。播种时施有机肥(腐熟豆粕)2250 kg/hm², N 240 kg/hm²、P₂O₅ 240 kg/hm²、K₂O 240 kg/hm²作为基肥。以大叶烟为试验材料(由中国农业科学院青岛烟草研究所提供),于2004年5月1日播种,试验设不喷施“天达-2116”和喷施“天达-2116”600倍液两种处理,3次重复,天达—2116烟草专用由山东天达生物制药股份有限公司提供。喷施处理在旺长期隔10天喷施2次“天达-2116”,在第2次喷施后7天进行测定。其他栽培管理同一般生产田。

1.2 测定方法

在烟草旺长期(8月下旬)选择晴天用LI-6400便携式光合测定仪对旗叶的光合速率、蒸腾速率、气孔导度等指标及相关的生态环境进行测定。光合测定仪的流速设定为500 μmol/(m²·s)在光合速率对光强响应机制的测定过程中,叶室温度为25℃,光合有效辐射(PAR)设定为2000、1800、1600、1400、1200、1000、800、600、400、200、100、60、20、10、0 μmol/(m²·s)等15个水平。每种处理测定3次进行平均。

2 结果与分析

2.1 光合速率对光强的响应

图1为不喷施“天达-2116”和喷施“天达-2116”2

种条件下光合速率(P_n)对光强(PAR)的响应关系。光强在0~1200 μmol/(m²·s)的范围内光合速率随光强增强而增大,且在光强很低的条件下光合速率增长较快。光强在1200 μmol/(m²·s)以上时,不喷施“天达-2116”的,出现光饱和现象,光合速率基本保持不变,而喷施“天达-2116”条件下,没有明显的光饱和现象。两条曲线比较,喷施“天达-2116”条件下光合速率明显高于不喷施条件下的光合速率。

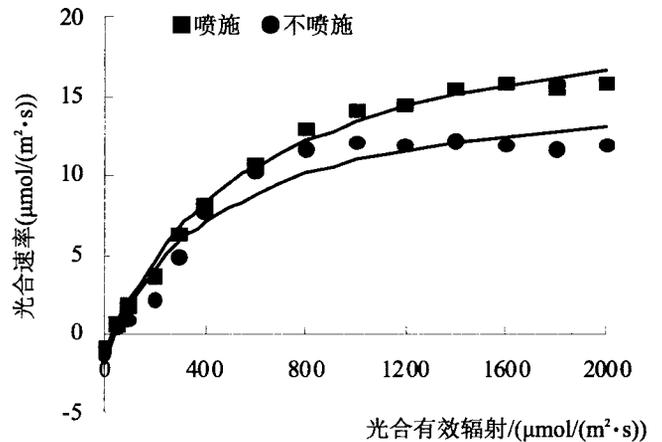


图1 光合速率对光强的响应

表1 不同喷施条件下的光合参数

处理	α	P _{max}	R _d	R ²
不喷施	0.0467	17.94	2.02	0.9568
喷施	0.0414	23.11	1.41	0.9924

进一步采用Michaelis-Menten方程^[13](式1)模拟2种处理下光合速率对光强的响应(图1),式中α为表征光合作用最大光能转化率的表观量子效率(μmolCO₂/μmol photons),P_{max}为光合速率对光强响应的表观最大光合速率(μmol/(m²·s)),R_d为暗呼吸速率(μmol/(m²·s))。得到的光合参数如表1所示。从表1可以看出,喷施“天达-2116”可以极显著提高烟草叶片的表观最大光合速率,并可以降低暗呼吸速率。

$$P_n = \frac{\alpha \cdot PAR \cdot P_{max}}{(\alpha \cdot PAR + P_{max})} - R_d \dots\dots\dots (1)$$

2.2 气孔导度对光强的响应

不同喷施条件下气孔导度(g_s)对光强的响应关系如图2所示。从图2可以看出,气孔导度随着光强的增加而逐渐增大,且增长速率逐渐减小。比较两条曲线,喷施条件下气孔导度总是高于不喷施条件下的气孔导度。

由于气孔的开闭与光合作用的光反应一致,故一般采用光合作用速率—光响应的双曲线形式^[14](式2)来表述气孔导度对光强的响应特征(图2)。式中g_{max}

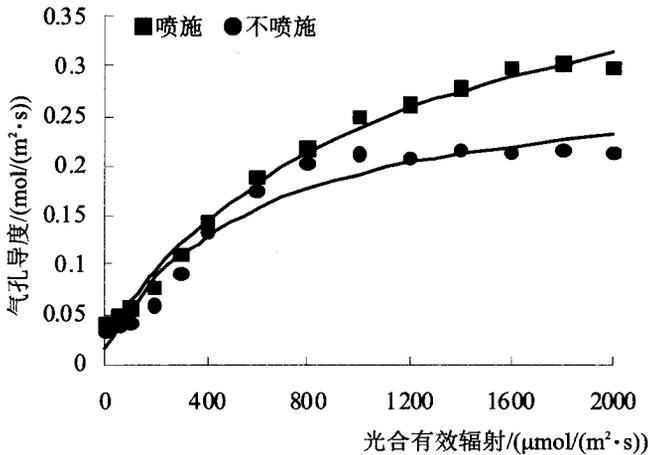


图2 气孔导度对光强的响应

表2 不同喷施条件下的气孔参数

处理	g_{max}	PAR_c	g_a	R^2
不喷施	0.2783	570.69	0.0147	0.9527
喷施	0.4509	1133.2	0.0264	0.9914

为最大气孔导度, PAR_c 为气孔导度达到最大气孔导度1/2时的PAR, g_a 为角质层导度。拟合得到的方程参数如表2所示。从表2可以看出, 喷施“天达-2116”可以

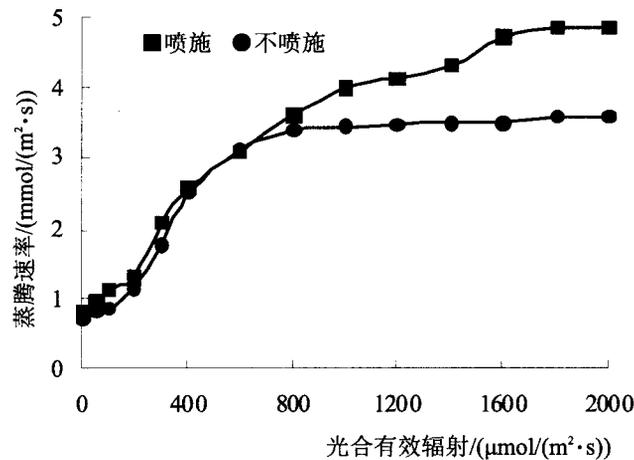


图3 蒸腾速率对光强的响应

2.4 水分利用效率对光强的响应

在叶片尺度上, 水分利用率(WUE)=光合速率/蒸腾速率, WUE随光强的变化如图4所示。由图4可知, 在较低光强条件下(小于600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) WUE随着光强的增强逐渐的增大, 且喷施叶面肥条件下WUE稍高。在大于600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时WUE基本保持不变, 甚至在光强大于1600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, WUE出现降低的趋势。

分析其原因: 从上述光合速率和蒸腾速率对光强的响应可知, 在较低光照强度, 喷施与不喷施叶面肥的

极显著提高烟草叶片的气孔导度。同时, 由于在喷施“天达-2116”后, 叶片气孔导度需要在更高的光强下才能达到其最大值的1/2, 因此, 也证明“天达-2116”可以提高烟草对光强的耐受力。

$$g_s = g_{max} \frac{PAR/PAR_c}{1 + PAR/PKR_c} + G_a \dots\dots\dots (2)$$

2.3 蒸腾速率对光强的响应

图3为两种不同处理条件下蒸腾速率(T)随光强的变化。从图中可以看出, 蒸腾速率随光强的增强而逐渐增大, 但增长的速率逐渐减小。两条曲线在较低的光强下(<600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)几乎一致, 而在更高的光强下, 喷施“天达-2116”的蒸腾速率更大。

究其根本原因: 植物蒸腾作用主要通过气孔进行, 在一定光强范围内, 随光强增加气孔导度逐渐增大, 如上所述。同样蒸腾速率也以同样的方式增加。另外, 喷施“天达-2116”可以是使整个植物体的新陈代谢旺盛, 茎导管的输水能力以及叶肉细胞和叶脉的输水能力等显著增强, 所以蒸腾速率较大。蒸腾速率随光强的增强而增大, 说明光是直接或间接的影响蒸腾速率的主要因素。

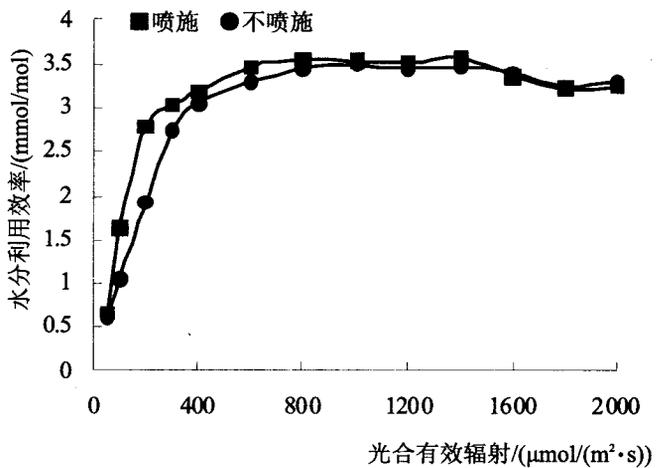


图4 水分利用效率对光强的响应

蒸腾速率相近, 而喷施叶面肥条件下的光合速率稍高, 所以, 其WUE也稍高。但在较高的光强条件下(大于800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$), 虽然喷施叶面肥的光合速率显著高于不喷施的, 但由于同时蒸腾速率也以相同的趋势增加, 因此水分利用效率不再增大, 特别是在光强>1600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 由于产生光饱和现象, 甚至光抑制现象, 光合速率有所降低, 而蒸腾速率还在增加, 所以使水分利用率降低。

3 结论与讨论

对旺长期烟草叶片在喷施和不喷施叶面肥“天

达-2116”情况下的气体交换特征进行了研究。结果表明:在较低光强下,光合速率随光强增强而增大,且在光强很低的条件下光合速率增长较快。在高光强下,出现光饱和现象,光合速率不再增加,在不喷施叶面肥条件下甚至出现光抑制现象使光合速率有下降的趋势。喷施叶面肥条件下光合速率明显高于不施肥条件下的光合速率。气孔导度、蒸腾速率随着光强的增加而逐渐增大,且喷施叶面肥条件下气孔导度总是高于不喷施条件下的气孔导度、蒸腾速率。在较低光强条件下(小于 $600 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)水分利用率随着光强的增强逐渐的增大,但大于 $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时 WUE 不再增大。综合叶面肥“天达-2116”对光合速率、气孔导度、蒸腾速率、WUE 的影响作用认为:喷施叶面肥“天达-2116”可以提高烟草对光强的耐受力,改善其光合性能,而光合性能的改善有赖于气孔导度的贡献。由于气孔导度不仅仅影响光合作用,同时也控制着蒸腾作用,因此气孔导度增大也加剧了蒸腾作用,并未改变 WUE。

植物的光合作用是指光合色素利用 CO_2 和 H_2O 把光能转化为化学能贮存在植物体内的过程。在光合作用过程中,光能的捕获和 CO_2 的固定主要由叶绿素完成,其原初反应在类囊体膜上进行^[15]。叶面肥“天达-2116”作为一种植物细胞膜稳态剂,影响光合作用反应膜的状态,因此,影响光反应、暗反应、电子传递等过程,从而直接或间接影响着光合作用。在喷施叶面肥“天达-2116”条件下,由于细胞膜更稳定,不易遭到自由基等氧化物质的破坏,光合色素可以把所捕获的光能以更高的速度和效率转化为化学能,从而为碳同化提供更加充足的能量;有利于光系统反应中心维持较高比例的开放程度,捕光能力较强,利用其进行光反应的能力也较强,不易产生光饱和与光抑制现象。同时,可以改善保卫细胞膜的透性和稳定性,使保卫细胞控制的气孔有更大的导度,加快 CO_2 进入气孔下腔和水汽才气孔扩散出去。反之,在不喷施条件下,光能容

易过量造成光合系统的破坏产生光抑制现象,同时造成膜质过氧化,影响光合作用的光反应、暗反应、电子传递等过程,以及气孔的开度,并最终造成光强过高条件下光合速率呈下降趋势。因此,适量喷施叶面肥“天达-2116”可以显著改善烟草叶片的光合生理性状和气体交换能力。

参考文献

- [1] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:58-61.
- [2] 韩锦峰.烟草栽培生理[M].北京:中国农业出版社,2003:31-56.
- [3] Ma B L, Morrison M J, Dwyer L M. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of maize[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88(6):915-920.
- [4] 关义新,林葆,凌碧莹.光、氮及其互作对玉米幼苗叶片光合和碳、氮代谢的影响[J]. *作物学报*, 2000, 26(6):806-812.
- [5] 朱英华,屠乃美,肖汉乾,等.硫对烟草叶片光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. *生态学报*, 2008, 28(3):1000-1005.
- [6] 王少先,李再军,徐艳芬,等.施氯对烟草植株光合特性的影响[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(9):229-232.
- [7] 李宽,孙婷,刘鹏,等.铜对烟草光合特性的影响[J]. *广东农业科学*, 2007, (1):15-17.
- [8] 卢健,何若天.氯化胆碱对烟草光合性能的影响[J]. *广西农业大学学报*, 1996, 15(3):241-245.
- [9] 江力,曹树青,张荣铨.过氧化氢对烟草光合功能衰退的影响[J]. *浙江大学学报:理学版*, 2006, 33(5):578-583.
- [10] 何平.羟胺和肋对烟草光合放氧影响的差异[J]. *植物生理学报*, 1996, 22(2):165-170.
- [11] 胡建斌,王政,尹永强,等.喷施不同叶面肥对烤烟生长和品质的影响研究[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(32):32-33.
- [12] 付在秋.天达-2116农作物抗病增产剂在不同农作物上的应用效果[J]. *山东农业科学*, 2000, (1):41-42.
- [13] Thornley J H M.植物生理的数学模型[M].王天铎译.北京:科学出版社,1983:107-129.
- [14] 王建林,于贵瑞,王伯伦,等.北方粳稻光合速率、气孔导度对光强和 CO_2 浓度的响应[J]. *植物生态学报*, 2005, 29(1):16-25.
- [15] 王忠主编.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000:121-185.