

郝水源,苗三明,宝格日乐,等. 腐殖酸对加工番茄开花期光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):114-118.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.029

腐殖酸对加工番茄开花期光合特性及产量的影响

郝水源¹, 苗三明², 宝格日乐¹, 李林虎³, 苏康⁴

(1. 河套学院农学院, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 2. 内蒙古巴彦淖尔市临河区农业局, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 3. 内蒙古巴彦淖尔市临河区农业开发办公室, 内蒙古巴彦淖尔 015000; 4. 内蒙古环农腐殖酸研究院盐碱改良研究所, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要:为确定河套灌区加工番茄合理的施肥及植株栽培措施, 设置了平作(S₀)、起垄(S₁)、起垄搭架(S₂)分别与化肥(W₁)、腐殖酸(W₂)配合的6种处理, 对加工番茄开花坐果期光合日变化及产量进行分析。结果表明, 常规处理(W₁S₀、W₁S₁和W₁S₂)净光合速率日变化均呈双峰曲线, 有明显的光合午休现象, 而腐殖酸施用可以减弱甚至使光合午休现象消失。腐殖酸的施用显著增加了开花坐果期番茄的气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r), 降低了胞间CO₂浓度(C_i), 其中以W₂S₂处理促进作用最为明显。腐殖酸处理在06:00—21:00的旗叶最大光化学效率(F_v/F_m)和实际光化学效率(Φ_{PSII})均高于常规处理, 各处理的 F_v/F_m 和 Φ_{PSII} 日变化均随着光照强度的增强而降低。W₂S₂处理加工番茄产量的提高主要体现在番茄单果质量和结果率的增加。因此, 促进河套灌区加工番茄生长发育及光合效率的最佳施肥栽培措施为腐殖酸与起垄搭架配合处理。

关键词:河套灌区; 加工番茄; 腐殖酸; 光合日变化; 叶绿素荧光参数; 产量

中图分类号: S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0114-04

内蒙古自治区河套灌区因其丰富的光热资源、干燥的气候条件, 逐渐发展成为继新疆地区之后我国第二大加工番茄(*Solanum lycopersicum*)生产基地^[1]。加工番茄喜光、喜温, 是一种节水半耐性经济作物, 具有很高的推广前景和经济价值^[2]。近年来, 由于不合理施肥及栽培管理, 使得加工番茄农田土壤状况发生变化, 极易滋染病虫害, 严重影响了加工番茄的生长发育, 导致加工番茄总产量仍然不能满足加工业的需求, 限制了现代农业温室作物生产的发展^[1-3]。因此, 如何优化肥料及栽培管理模式, 协调作物生长与产量之间的均衡发展, 提高加工番茄的光合作用, 对于作物优质高产种植具有重要意义。

前人研究表明, 腐殖酸作为一种新型的有机肥, 对植物具有刺激生长和增加产量的作用^[4]。靳永胜等以菠菜和小油菜为材料对9种腐殖酸叶面肥的应用效果进行研究, 结果指出腐殖酸能促进菠菜和小油菜的生长发育和品质; 研究指出光合作用为作物产量形成提供物质基础^[5]。一天中, 随着环境条件的改变, 叶片的光合速率往往发生规律性变化。光合作用中“午休”现象的发生, 非常不利于作物高产^[6]。李杰对哈尔滨市保护性番茄温室大棚的研究发现, 腐殖酸改良处理的番茄叶片表现出良好的生理学特性, 能够显著增加番茄生育期内叶绿素含量, 提高保护地番茄净光合速率、蒸腾速率及水分利用率^[7]。另外, 叶绿素荧光动力学参数能够灵敏反映光合作用的变化情况, 为植物抗逆生理、作物增产潜力预测等方面的研究提供了极大方便, 因而被视为揭示植物光合作用与环境关系的内在探针, 成为研究作物光合生理的有力工

具^[8-9]。然而, 现阶段关于矿源性腐殖酸对河套灌区加工番茄光合特性参数及叶绿素荧光动力学参数变化规律影响的研究报道仍然较少。众所周知, 开花坐果期是番茄生产管理最重要的时期, 保证这一时期番茄营养生长与生殖生长的一个协调平衡状态将直接影响到番茄最终产量及品质水平。因此, 本试验开展了不同施肥及栽培措施对河套灌区加工番茄开花坐果期叶片光合色素含量、光合气体交换和叶绿素荧光动力学参数日变化以及产量的影响规律的研究, 以期找出合理的施肥栽培方案以协调加工番茄生长和代谢, 减轻或避免光合午休现象, 提高加工番茄光合能力, 最终提高加工番茄产量。

1 材料与方法

1.1 试验地情况

本试验设置在内蒙古巴彦淖尔市河套学院狼山农场长期定位试验地。该区域为典型的中温带大陆性干旱季风气候, 年均太阳辐射150 kJ/cm², 年均气温6.1~6.7℃, 日照时数为3 258.3 h, ≥10℃有效积温为3 048.6℃, 光热资源丰富, 无霜期130 d, 多年平均降水为150 mm, 年均蒸发量2 200 mm。该试验田属于紫色轻壤土, 土层深厚, 质地均匀, 贮水性能良好。试验前土壤基础理化性状: 土壤有机质含量3.01%, 全氮含量1.26 g/kg、碱解氮含量99.2 mg/kg, 全磷含量1.25 g/kg、速效磷含量48.0 mg/kg, 全钾含量3.23 g/kg、速效钾含量115.2 mg/kg, pH值8.8。

1.2 试验设计

供试番茄品种为屯河1号。试验采用裂区设计, 3次重复, 每个重复553 m², 总面积1 hm², 地块东西走向。覆膜播种机播种, 一膜2行, 大小行种植, 大行行距80 cm, 小行行距40 cm, 株距50 cm, 种植密度约33 000株/hm²。其中一个大区所有处理均施入基肥磷酸二铵525 kg/hm²、硫酸钾

收稿日期: 2017-05-25

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金(编号: 2009MS0309)。

作者简介: 郝水源(1975—), 男, 内蒙古巴彦淖尔人, 副教授, 从事栽培生理方面的研究。E-mail: haoshuiyuan@126.com。

225 kg/hm² (W1), 在另一大区区内施入矿源性腐殖酸 (W2), 随缓苗水一次性冲施 150 kg/hm²。副区为植株调整处理 (平作 S0、起垄 S1、起垄搭架 S2), 试验处理组合具体见表 1。5 月 10 日人工膜上移栽, 在开花坐果期防治病虫害 2 次, 其他管理措施与当地丰产加工番茄田相同。

表 1 试验处理组合

处理编号	处理	植株调整
W1S0	常规管理 W1	平作 S0
W1S1	常规管理 W1	起垄 S1
W1S2	常规管理 W1	起垄搭架 S2
W2S0	矿源性腐殖酸处理 W2	平作 S0
W2S1	矿源性腐殖酸处理 W2	起垄 S1
W2S2	矿源性腐殖酸处理 W2	起垄搭架 S2

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶片光合色素含量测定 2016 年于番茄开花坐果期, 采新鲜番茄叶片, 用 80% 乙醇提取叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素, 其含量采用分光光度法测定。

1.3.2 叶片光合参数的测定 于番茄开花坐果期, 选择一晴天, 时间为 07:00—21:00, 每隔 2 h 测定 1 次。采用 LI-6400 型便携式光合测定仪 (LI-COR 生物科学公司生产) 测定叶片光合参数日变化, 测定指标分别为净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (G_s)、胞间 CO₂ 浓度 (C_i)。测定部位为第一花序下第一片叶和第二、三花序上第一片叶, 每个叶片记录 3 次数据, 取平均值。

1.3.3 叶绿素荧光参数的测定 采用 FMS-2 叶绿素荧光仪测定番茄开花坐果期叶片初始荧光 (F_0)、最大荧光 (F_m)、PS II 原初光能转换效率 (F_v/F_m) 和实际光化学效率 (Φ_{PSII})^[10], 暗适应 20 min 后进行暗适应测定, 然后再进行光适应测定, 每个处理重复 8 次, 测定时间和频率与光合参数测定一致。

1.3.4 产量测定 在开花坐果期, 每个大区随机选取 3 株进行花序数记录, 到果实成熟期记录相应的坐果数, 计算番茄的结果率。在加工番茄的成熟期, 在各个区选取 4 m² 进行实收测产, 重复 3 次, 统计果实数量和红果数, 并计算平均单果质量。

1.4 统计分析

利用 Excel 2011 和 SPSS 17.0 软件对数据进行处理和统计分析, 图表采用 Excel 2011 和 Sigmaplot 12 制作。

2 结果与分析

2.1 腐殖酸对加工番茄开花坐果期叶片光合色素含量的影响

不同施肥及植株调整处理对开花坐果期番茄叶片的叶绿素含量影响不同 (表 2)。叶绿素 a 和叶绿素 b 在处理中呈现出相同的规律, 腐殖酸施用显著增加了叶绿素 a 和叶绿素 b 含量, 表现为 W2S2 > W1S2、W2S1 > W1S1 和 W2S0 > W1S0, W2S2 处理的番茄叶绿素 a 和叶绿素 b 含量最高, 较 W1S0 处理 (对照) 显著提高了 21.2% 和 9.9%。不同栽培处理对叶绿素 a 和叶绿素 b 含量影响不显著。叶绿素 a/b 数值介于 2.05 ~ 2.30 之间, 处理之间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明各处理下捕光色素中叶绿素 a 的变化幅度与叶绿素 b 相似。总叶绿

素含量在不同处理下呈现出显著差异 ($P < 0.05$), 具体表现为腐殖酸处理对总叶绿素含量的影响较植株调整的影响更大, W2S2 处理的番茄总叶绿素含量最高, 显著高于 W1S0 处理, 增加幅度为 17.1% ($P < 0.05$), 其他处理之间差异不显著。几种色素中以类胡萝卜素含量在不同处理之间的变化幅度相对较小, 处理之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 腐殖酸及植株调整对开花坐果期番茄叶片光合色素含量的影响

处理	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素 a/b	总叶绿素 (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)
W1S0	1.46b	0.71c	2.05a	2.17c	0.25a
W1S1	1.51b	0.72c	2.09a	2.23bc	0.27a
W1S2	1.57ab	0.71c	2.21a	2.29bc	0.26a
W2S0	1.61ab	0.76b	2.11a	2.37abc	0.26a
W2S1	1.69ab	0.77ab	2.18a	2.47ab	0.28a
W2S2	1.77a	0.78a	2.30a	2.54a	0.28a

注: 小写字母表示不同处理间 0.05 差异水平。

2.2 腐殖酸对开花坐果期番茄叶片光合特性日变化的影响

番茄开花坐果期叶片光合生理参数是评价番茄生长状况的重要因子。由图 1-a 可知, W1S0、W1S1 和 W1S2 处理番茄叶片 P_n 值呈现双峰变化, 分别出现在 11:00 和 17:00, 第二波峰较第一个波峰小, 而在 13:00 时处于低谷, 出现“午休”现象。W2S0、W2S1 和 W2S2 处理下 P_n 明显提高, 11:00—13:00 之间下降缓慢, 几乎没出现“午休”现象, 说明矿源性腐殖酸有利于维持番茄叶片较长的光合功能期。整体而言, W2S0、W2S1 和 W2S2 的叶片 P_n 平均值分别较 W1S0、W1S1 和 W1S2 提高了 24.1%、24.0% 和 22.4%, 差异呈显著水平 ($P < 0.05$)。各处理叶片 G_s 和 T_r 日变化呈现相似的变化规律, 均为单峰曲线 (图 1-b、c), 在 11:00 达到最大值, 而后随之下降, 到 21:00 降到最低。矿源性腐殖酸处理显著提高番茄叶片日平均 G_s 和 T_r 值, 较常规管理分别提高了 17.3% 和 14.6%。各处理叶片 C_i 日变化基本上与 G_s 、 T_r 呈相反趋势, 为凹峰型变化 (图 1-d), C_i 在清晨最高, 为 468.9 ~ 576.9 $\mu\text{mol}/\mu\text{mol}$, 到 11:00 降到最低, 为 174.9 ~ 236.5 $\mu\text{mol}/\mu\text{mol}$, 之后开始上升。矿源性腐殖酸显著降低了番茄开花期叶片日平均胞间 CO₂ 浓度, W2S2 处理的降幅最大, 较 W1S0 处理降低了 23.6%。

2.3 腐殖酸对开花坐果期番茄叶片叶绿素荧光参数日变化的影响

不同施肥及植株调整处理对开花坐果期番茄叶片的叶绿素荧光参数日变化影响不同 (图 2)。旗叶 F_v/F_m 在早晨和傍晚较其他时间数值高, 07:00—11:00 之间下降明显, 在中午时达到最小值, 介于 0.67 ~ 0.79 之间, 然后在下午时慢慢恢复, 各处理均呈现出单峰变化, 表现出随着光强的增加而降低的趋势 (图 2-a)。W2S2 处理的旗叶 F_v/F_m 值在各时间段均高于其他处理, 表明 W2S2 条件下番茄旗叶在开花期保持了较高的生理活性。从图 2-b 可知, 在一整天内, 随着光强的增加, Φ_{PSII} 不断下降, 并在中午达到最低点, 然后又逐渐上升。W2S2、W2S1 和 W2S0 处理的旗叶 Φ_{PSII} 在 06:00—21:00 均高于 W1S2、W1S1 和 W1S0 处理, 表明腐殖酸有利于开花期番茄旗叶 PS II 在反应中心维持较高比例的开放程度, 具有较高的光合电子传递能力。

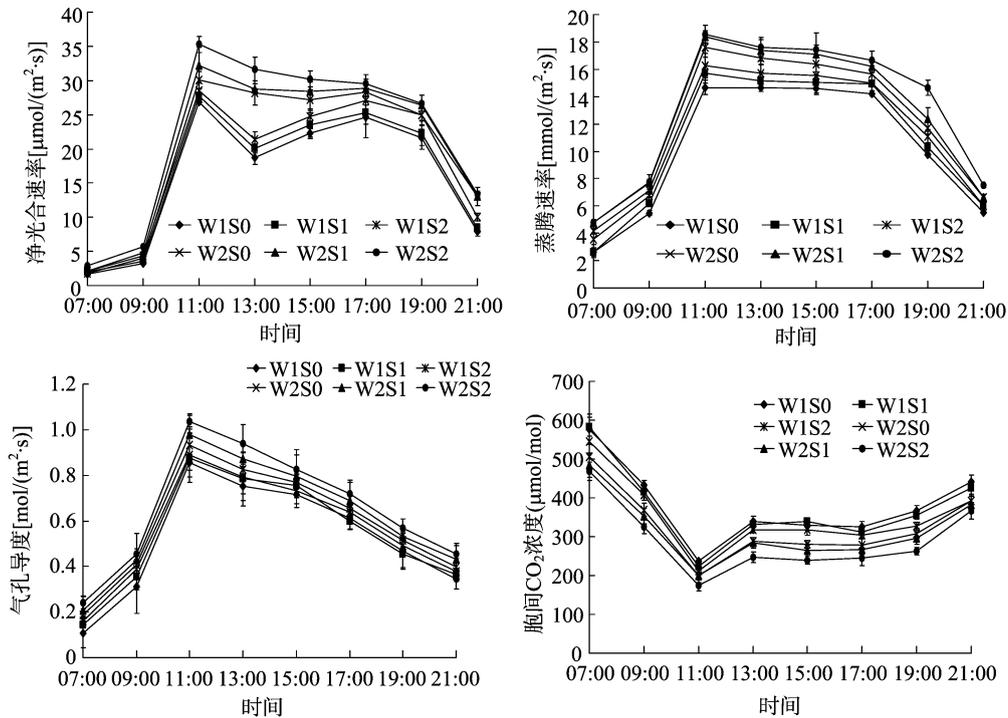


图1 腐殖酸对加工番茄开花坐果期叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)日变化规律的影响

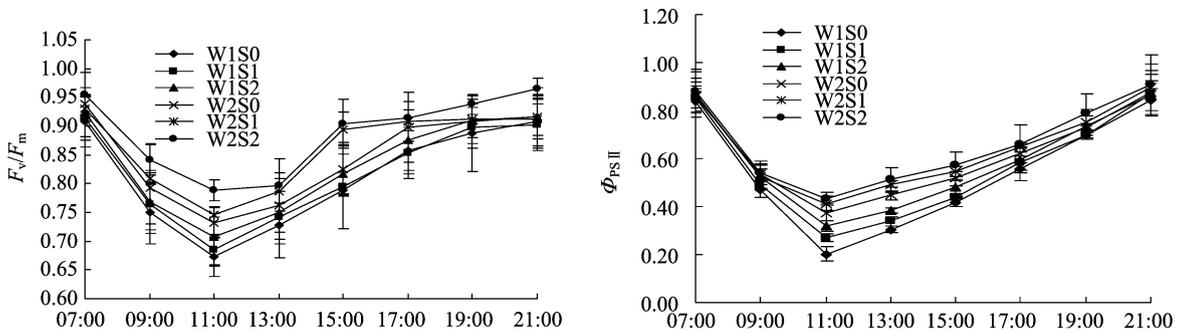


图2 腐殖酸对加工番茄开花坐果期叶片原初光能转换效率(F_v/F_m)和实际光化学效率(Φ_{PSII})日变化规律的影响

2.4 腐殖酸对加工番茄产量及构成因素的影响

由表3可以看出,不同施肥及植株调整处理对加工番茄产量及构成因素影响表现不同。加工番茄实际产量表现为 $W2S2 > W1S2$ 、 $W2S1 > W1S1$ 和 $W2S0 > W1S0$,腐殖酸处理较常规施肥处理实际产量提高了 7.3% ~ 15.4%,表明腐殖酸有利于加工番茄产量的提高。同一施肥水平下,垄作处理整体上较平作处理产量提高了 4.6% ~ 12.5%, $W2S2$ 处理实际产量最高,达到 $183.07 t/hm^2$,较 $W1S0$ 处理提高了 26.2% ($P < 0.05$)。在产量构成因素上,不同施肥及植株调整处理对加工番茄的影响主要表现在番茄单果质量和结果率。腐殖酸处理($W2S2$ 、 $W2S1$ 和 $W2S0$)单果质量高于常规施肥处理($W1S2$ 、 $W1S1$ 和 $W1S0$),增幅介于 5.5% ~ 7.6%之间,说明矿源性腐殖酸处理利于果实膨大充实。同一施肥水平下,植株调整对番茄单果质量影响不显著。腐殖酸的施入增加了番茄结果率,较常规管理增加幅度达到 7.4%,垄作处理整体上较平作处理番茄结果率有所提高,其中以 $W2S2$ 处理的结果率最高,较 $W1S0$ 处理提高了 12.7% ($P < 0.05$)。不同处理下加工番茄单株红果数在 49.7 ~ 60.0 个之间,处理之间差异

表3 不同施肥及植株调整处理对番茄产量及构成因素的影响

处理	红果数 (个/株)	单果质量 (g)	结果率 (%)	产量 (t/hm^2)
W1S0	51.28a	60.27b	67.60c	145.03d
W1S1	55.95a	61.51b	68.85bc	166.30c
W1S2	57.42a	60.60b	70.6bc	163.13c
W2S0	49.69a	64.05a	71.38b	167.33c
W2S1	59.95a	64.91a	74.91a	174.97b
W2S2	56.91a	65.20a	76.20a	183.07a

注:小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

未达到 5% 显著水平。

2.5 叶片光合色素、光合特性、叶绿素荧光参数与产量之间的相关关系

表4显示了番茄开花坐果期叶片光合色素、光合特性、叶绿素荧光参数平均值与产量之间的相关关系。光合色素之间表现为叶绿素 a 与叶绿素 b 和类胡萝卜素呈现显著正相关性 ($P < 0.05$),而叶绿素 b 与类胡萝卜素之间相关性不显著。光合特性之间表现为 C_i 与 P_n 、 T_r 、 G_s 均呈现出极显著负相关

($P < 0.01$), P_n 、 T_r 和 G_s 两两之间均表现为极显著正相关性 ($P < 0.01$)。 F_v/F_m 与 Φ_{PSII} 之间无显著相关性。产量与叶绿

素 a、 P_n 、 T_r 、 Φ_{PSII} 呈现出极显著正相关性 ($P < 0.01$), 产量与 C_i 呈现出极显著负相关性 ($P < 0.01$)。

表4 番茄叶片光合色素、光合特性、叶绿素荧光参数及产量之间的相关性

指标	叶绿素 a	叶绿素 b	类胡萝卜素	P_n	T_r	G_s	C_i	F_v/F_m	Φ_{PSII}	产量
叶绿素 a	1	0.86 *	0.81 *	0.99 **	0.99 **	0.84 *	-0.99 **	0.87 *	0.86 *	0.94 **
叶绿素 b		1	0.74	0.91 **	0.92 **	0.97 **	-0.89 **	0.81 *	0.6	0.77 *
类胡萝卜素			1	0.75	0.79 *	0.6	-0.73	0.85 *	0.78 *	0.87 *
P_n				1	1.00 **	0.92 **	-0.99 **	0.82 *	0.81 *	0.91 **
T_r					1	0.91 **	-0.99 **	0.84 *	0.81 *	0.93 **
G_s						1	-0.90 **	0.71	0.58	0.73
C_i							1	-0.82 *	-0.82 *	-0.91 **
F_v/F_m								1	0.61	0.75
Φ_{PSII}									1	0.94 **
产量										1

注：“*” $P < 0.05$ ，“**” $P < 0.01$ 。

3 结论与讨论

叶片作为光合作用的主要器官,直接影响作物的光能利用率和生产力,尤其是功能叶光合作用的强弱对作物产量起着至关重要的作用^[11]。Kouril 等研究表明,叶片光合速率是体现叶片光合作用强弱的重要指标,叶片的叶绿素含量与光合速率密切相关,而作为生理过程,光合作用与蒸腾作用、气孔开度等又是互相联系相互影响的^[12]。本试验结果表明,在一天中,最大光合速率出现在 11:00 左右,第一个时间段 07:00—11:00,由于光照弱,温度低,光合速率较低。随着光照强度增大,气温逐渐升高,光合速率明显上升。部分学者研究指出,光合速率的高低不仅仅受到光照强度的影响,也受到温度的显著影响。Salvucci 曾指出 25~30℃ 温度范围有利于提高光合碳同化关键酶 Rubisco 的活性,而其活性高低直接影响光合速率大小^[13]。清晨的低温主要是限制了 Rubisco 的活性,目前 Rubisco 活性高低常作为引起光合速率变化的生化因子^[14]。与传统化肥施用相比,腐殖酸施用显著减弱甚至使番茄开花坐果期光合午休现象消失。学术界对于光合速率的“午睡”现象主要归因于两方面,分别为气孔因素与非气孔因素^[6]。气孔作为空气和水蒸气的通路,在碳同化、呼吸、蒸腾作用等气体代谢中起到关键作用,而其中通过量的多少是由气孔开度来调节^[15]。气孔导度的降低,促使进入细胞的 CO₂ 减少,胞间 CO₂ 含量减少,光合原料减少,叶片的光合作用降低。非气孔因素主要在于光抑制致使叶绿体光合效率下降^[16]。本试验结果表明,11:00—13:00 时间段,开花期番茄叶片气孔导度降低,而胞间 CO₂ 含量呈现出上升趋势,可见光合速率的午休现象由这 2 个因素共同作用。腐殖酸的施用增强了该时间段气孔导度,提高了叶片的光合速率。

F_v/F_m 被认为是衡量光抑制的重要指标,由于 $F_v/F_m = 1 - F_o/F_m$,因此, F_v/F_m 的变化实际等同于 F_o/F_m 的变化,因此, F_o 的升高或 F_m 的降低都能使 F_v/F_m 降低,但最终 F_v/F_m 的变化取决于 F_o 和 F_m 共同变化的结果^[17]。本研究发现,开花坐果期番茄叶片 F_v/F_m 呈下降趋势,中午时达到最小值,然后在下午时却慢慢恢复,研究表明这一整天的动态变化被认为是由 PS II 反应中心的可逆失活引起的^[18],他们认为在番茄叶片中的这种可逆失活不涉及 D1 蛋白的降解与重新合成,有可能仅仅与 D1 蛋白的构象变化有关。Hong 等认为,强

光下叶片的光抑制主要归因于其 PS II 反应中心的可逆失活^[19]。在本试验中,番茄产量与 Φ_{PSII} 呈极显著正相关 (0.94),与前人研究结果一致。 Φ_{PSII} 反映光合电子传递的量子转化效率,是 PS II 反应中心关闭情况下 PS II 光能捕获的效率。本试验结果表明腐殖酸的施用,使叶片 Φ_{PSII} 较常规施肥有一定程度的增加,说明 PS II 光合反应中心的实际量子产量也在逐渐增加。本研究也表明腐殖酸施肥有助于提高加工番茄产量,实际产量较常规施肥处理提高了,主要体现在番茄单果质量和结果率的增加。张学智等通过 3 年定位试验证明,腐殖酸连续施用,有提高春小麦产量、品质和提高耕层土壤肥力的作用^[20]。原因可能在于腐殖酸能够吸附交换活化土壤中的矿质元素,如磷、钾、钙、镁等,使这些元素的有效性大大增加,从而改善了作物的营养条件^[21]。腐殖酸作为一种无毒、无公害的绿色有机肥料,对调节植株的生理活性、改善作物品质、提高产量等具有良好作用,未来在我国绿色低碳农业领域将展现独特魅力。

参考文献:

- [1] 刘宝玉,王军义,王玉杰,等. 不同栽培方式对加工型番茄病害发生的影响[J]. 北方园艺,2012(9):143-145.
- [2] 郑风杰,杨培岭,任树梅. 河套灌区调亏畦灌对加工番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2012,21(5):83-90.
- [3] 阿不都外力·卡力阿不都,夏依买尔旦·艾白都力,李 焯. 氮、磷、钾、钙营养胁迫对加工番茄幼苗光合色素及光合特性的影响[J]. 新疆农业科学,2013,50(1):71-76.
- [4] 吴 迪,赵 萍,黄立梅. 绿色生肌腐殖酸叶面肥在番茄上的应用效果[J]. 腐殖酸,2012(1):42-42.
- [5] 靳永胜,仝宝生,李 炎,等. 腐殖酸叶面肥在叶菜上的应用效果[J]. 腐殖酸,2012,25(1):44-44.
- [6] 赵海波,林 琪,刘义国,等. 氮磷肥配施对超高产冬小麦灌浆期光合日变化及产量的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(10):2545-2550.
- [7] 李 杰. 保护土壤质量变化规律及不同措施对土壤改良效果研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [8] 陈建明,俞晓平,程家安. 叶绿素荧光动力学及其在植物抗逆生理研究中的应用[J]. 浙江农业学报,2006,18(1):51-55.
- [9] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通

袁丛军,丁访军,刘延惠,等. 天气条件对喀斯特森林优势树种天鹅槭树干液流的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):118-122.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.030

天气条件对喀斯特森林优势树种 天鹅槭树干液流的影响

袁丛军, 丁访军, 刘延惠, 崔迎春, 舒德远

(贵州省林业科学研究院, 贵州贵阳 550005)

摘要: 土层浅薄和间歇性干旱是限制喀斯特区植物生长与发育的典型生境特征。为探讨天气条件对喀斯特区森林优势树种树干液流的影响,运用热消散式探针法,对茂兰国家级自然保护区生态系统定位观测站固定观测样地群落的优势树种之一天鹅槭树干液流和天气条件进行为期1年(2013年1月至2014年1月)的连续同步观测。结果表明:(1)树干液流均呈现“昼高夜低”规律,平均液流量为夏季(307.86 g/h) > 秋季(264.70 g/h) > 春季(194.05 g/h) > 冬季(71.89 g/h);(2)冬季液流整体变化较平缓,夏季液流日变化曲线均出现明显的峰,日波动极为明显,秋季林木生长代谢逐渐变慢,且液流日变化波动变缓;(3)季节和天气条件(日降水量)显著影响树干液流日变化曲线的波动范围和程度。

关键词: 树干液流; 天鹅槭; 天气条件; 喀斯特

中图分类号: X171.4; S792.350.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0118-05

水分是林木进行光合、呼吸等生理代谢活动的重要物质基础和先决条件,是影响植物发育和分布的主要环境因素。如何定量估算不同林木尺度的水分利用状况一直是树木生理生态学的热点问题^[1]。树木树干液流的测定是量化树木耗

水和需水的基础^[2],蒸腾作用是森林生态系统向大气输送水分的重要途径^[3],是土壤-植物-大气连续体水分循环路径中关键的过程之一,决定着整个树冠的蒸腾耗散量^[4]。由于树冠对水分利用的主要动力源于植物蒸腾拉力,因而树干液流量可表征林木蒸腾量^[5],已成为研究树木耗水特性及其水分传输机制的重要指标。为了较准确地测量植物蒸腾,国内外许多植物生理学家提出了多种测量方法,刘茜从叶片尺度的角度研究了樟树(*Cinnamomum camphora*)叶片蒸腾速率的日变化和季节变化特征^[6];王兵等从林木个体角度研究了丝栗栲(*Castanopsis fargesii*)树干液流蒸腾与气象因子间的关系特征^[7];Schipka等从林分角度研究地中海欧洲水青冈林冠冠层蒸腾变化特征^[8],其中,Granier热消散式探针法被认为是目前测定乔木蒸腾作用最准确的方法,受到广泛关注^[4,9-13]。

收稿日期:2016-10-09

基金项目:贵州省社会发展项目(编号:黔科合人才团队[2014]4004号);贵州省优秀青年人才培养对象专项资金(编号:黔科合人字[2011]12号)。

作者简介:袁丛军(1990—),男,贵州安顺人,硕士,主要从事恢复生态学、植物学分类与保护研究。E-mail: ycongjun2012gzdx@163.com。

通信作者:丁访军,博士,研究员,主要从事喀斯特森林生态学研究。E-mail: ding3920034@163.com。

报,1999,16(4):444-448.

[10]王正贵,周立云,郭文善,等. 除草剂对小麦光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 农业环境科学学报,2011,30(6):1037-1043.

[11]Acreche M M, Briceno - Felix G, Martin Sanchez J A, et al. Radiation interception and use efficiency as affected by breeding in Mediterranean wheat[J]. Field Crops Research,2009,110(2):91-97.

[12]Kouril R, Ilík P, Naus J, et al. On the limits of applicability of spectrophotometric and spectrofluorimetric methods for the determination of chlorophyll a/b ratio[J]. Photosynthesis Research, 1999,62:107-116.

[13]Salvucci M E. Regulation of rubisco activity *in vivo*[J]. Physiologia Plantarum,1989,77:164-171.

[14]许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化[J]. 植物生理学报,1990,26(6):5-10.

[15]陆秀华. 生物热点追踪——气孔[J]. 考试(高考理科版),2013(7):47-51.

[16]于强,任保华,王天铎. C₃植物光合作用日变化的模拟[J]. 大气科学,1998,22(6):867-880.

[17]代金明. 大豆叶片衰老过程中PS II功能和光破坏防御机制的变化[D]. 泰安:山东农业大学,2003.

[18]Hong S S, Xu D Q. Difference in response of chlorophyll fluorescence parameters of strong light between wheat and soybean leaves[J]. Chinese Science Bulletin,1997,42(8):684-688.

[19]Hong S S, Xu D Q. Light-induced increase in initial chlorophyll fluorescence *F_o* level and the reversible inactivation of PS II reaction centers in soybean leaves[J]. Photosynthesis Research, 1999,61:269-280.

[20]张学智,杨珍. 腐殖酸氮磷钾复合肥对春小麦的增产效应及对土壤肥力的影响[J]. 甘肃农业科技,2000(2):36-37.

[21]Bandiera M, Mosca G, Vamerali T. Humic acids affect root characteristics of fodder radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) in metal-polluted wastes[J]. Desalination,2009,246(1/2/3):78-91.