

不同水分亏缺程度对番茄叶片显微结构及光合作用的影响

刘 洋, 齐红岩, 刘海涛

(沈阳农业大学园艺学院, 110161)

摘 要: 试验通过设置 5 个不同的水分处理研究不同水分亏缺程度对番茄叶片显微结构及光合作用的影响。结果表明: 随着浇水量的减少, 单位长度栅栏组织细胞数增多, 番茄叶片厚度下降; 番茄叶片中叶绿素、类胡萝卜素含量增加; 但净光合速率、气孔导度、蒸腾速率下降。水分亏缺程度越大, 对番茄显微结构的影响越大。

关键词: 番茄; 水分亏缺程度; 显微结构; 光合作用

中图分类号: S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)02-0006-03

齐红岩、刘明池等人的研究表明, 亏缺灌溉能够提高樱桃番茄和大果番茄果实的品质, 但是常伴随着产量的下降^[1,2]。叶片是作物合成同化产物的器官, 因此了解水分亏缺下番茄叶片的显微结构变化十分必要。在梨树上的研究表明: 随着水分胁迫程度的加剧与时间的延长, 梨树叶肉栅栏组织厚度明显增加, 细胞变得细长, 上下表皮变得扁平, 纵横径比变小, 海绵组织细胞变小^[3~5]。水分亏缺条件下番茄叶片的显微结构和植株光合作用之间相互关系, 还少见报道。因此该研究在番茄开花后 5 d 至果实停止膨大过程中进行不同程度的水分亏缺处理, 研究不同的水分亏缺程度下番茄叶片显微结构的变化以及对光合作用的影响, 找出番茄水分亏缺灌溉适宜的浇水量范围。以期对番茄亏缺灌溉生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材与处理

试验于 2005 年 3~8 月在沈阳农业大学园艺科研基地中棚内进行, 以普通栽培型番茄 (*L. esculentum* Mill.) “辽园多丽”为试材。2005 年 3 月 22 日播种, 4 月 25 日定植到中棚内的塑料桶中, 所用的桶规格均一致, 桶高 25.5 cm, 上直径为 30.0 cm, 下直径为 24.0 cm。桶内土壤成分为园田土: 草炭: 腐熟猪粪=3:1:1。定植后正常水分管理, 当番茄第 1

花序开花后, 挂牌标明开花日期, 开花后 5 d 进行水分处理, 设置 5 个灌水处理, 以每桶灌水量 2 000 mL 为对照 (CK)、其它 4 个处理分别为 T1、T2、T3 和 T4, 每桶灌水量分别为 1 500 mL、1 000 mL、500 mL 和 300 mL, 开花后 5 d 至开花后 20 d 每 3 d 浇一次水, 花后 20 d 至花后 30 d 每 2 d 浇一次水, 花后 30 d 以后恢复正常水分管理。为防止根系扎入桶外土壤中, 每次浇水前转桶。每个处理 12 株番茄, 3 次重复, 植株单干整枝, 留 2 穗果摘心, 除水分外其它管理同生产。

1.2 测定项目和方法

在水分处理过程中, 用土钻取栽培桶中 15 cm 土层土壤, 采用烘干法测定各处理土壤含水量。在番茄开花后 30 d, 取第一穗果下的第一片叶最前端的小叶, 在叶片中部主脉与边缘之间切取 1~2 mm² 小块作为番茄叶片显微结构观察所用的材料。番茄叶片显微结构的观察采用石蜡切片法^[6], 在 Olympus 显微镜下观察叶片的显微构造, 每个指标均为 25 个观测值的平均值。净光合速率等指标的测定采用美国 Li cor 公司的 Li 6400 便携式光合仪进行测定; 叶绿素、类胡萝卜素的测定采用丙酮-乙醇提取法^[7]。在番茄开花后 30 d 测定第一穗果下的第一片叶最前端的小叶。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理土壤含水量的变化情况

图 1 表明了从水分处理开始到结束, 各处理土壤含水量的变化情况。由于灌水量不同, CK 与处理 T1、T2、T3 和 T4 的土壤含水量有明显的差异, 在水分处理期间, CK 土壤的含水量一直最高, 基本在 35% 上下波动, 是田间持水量的 75%~90%。随着灌水量的减少, T1 至 T4 处理土壤含水量依次降低, 各处理土壤含水量分别为田间持水量的: 65%~85%、50%~70%、35%~50% 和 29%~35%。尤其

第一作者简介: 刘洋, 男, 硕士研究生, 沈阳农业大学园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳市东陵路 120 号, 110161, E-mail: ly800329@163.com

通讯作者: 齐红岩, E-mail: hyqiaaa@126.com。

基金项目: 省博士启动基金项目, 编号: 2004F085; 教育厅青年基金项目, 编号: 2004F085; 沈阳市技术创新开发研究基金, 编号: 1053125-1-50。

收稿日期: 2006-11-22

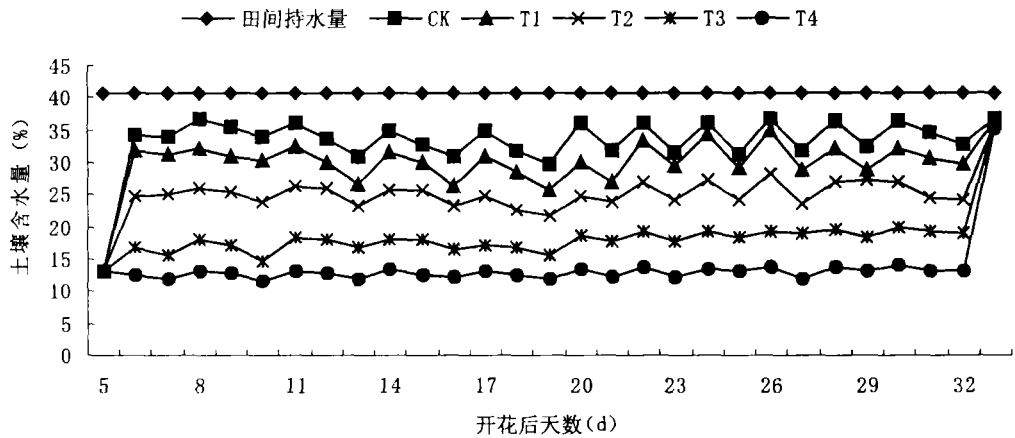


图 1 不同水分处理土壤含水量的变化

是灌水量较少的 T3 和 T4 处理, 土壤含水量最低, 已经对番茄植株的生长发育构成了胁迫。

2.2 不同水分亏缺程度对番茄叶片细胞显微结构的影响

不同水分亏缺程度下番茄叶片细胞显微结构的变化如表 1 所示。随着水分亏缺程度的不断增大, 单位长度栅栏组织细胞数呈不断增加的趋势。单位长度栅栏组织细胞数最多的 T4 处理比 CK 多 56.42%。叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、栅栏组织细胞长、栅栏组织细胞宽则呈不断减小的趋势。其中 T4 处理的叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度不到 CK 的 50%。可见, 随着水分亏缺程度的加剧, 番茄植株的叶片逐渐变薄。而栅栏组织和

海绵组织厚度的减小会对番茄叶片的光合作用产生不利影响。栅栏组织细胞密度的增加及栅栏组织细胞的长、宽变小表明, 水分亏缺下植株已经形成了一些机制来适应水分亏缺。此外水分亏缺下叶片的栅海比变化规律为先减小后增大, T2 为最小值, T4 为最大值。这可能是由于水分亏缺不严重时栅栏组织减少得较多, 而在水分亏缺严重时海绵组织减少的更多。栅栏组织细胞长/栅栏组织细胞宽的变化规律基本上呈先增大后减小, 说明水分亏缺条件下, 栅栏组织细胞靠提高长宽比来适应水分亏缺, 但当水分亏缺严重时(如 T4), 叶片栅栏组织受到损伤不能适应水分的变化, 这必将影响植株光合作用的进行。

表 1 不同水分亏缺程度对番茄叶片细胞显微结构的影响

	CK	T1	T2	T3	T4
单位长度栅栏组织细胞数(个/mm)	48.88±0.95	58.57±7.70	60.43±6.65	77.58±5.07	76.46±3.32
叶片厚度(μm)	268.11±13.37	302.42±22.34	258.93±22.81	246.05±5.34	147.36±6.04
栅栏组织厚度(μm)	125.28±6.61	114.49±8.83	98.97±9.56	97.13±3.90	62.58±1.05
海绵组织厚度(μm)	137.21±12.16	129.92±14.55	130.92±11.99	119.32±3.33	66.52±5.28
栅栏组织厚度/海绵组织厚度	0.91±0.064	0.88±0.060	0.76±0.047	0.81±0.041	0.94±0.145
栅栏组织细胞长(μm)	74.72±6.99	73.64±6.94	71.32±9.19	70.21±5.69	50.65±3.34
栅栏组织细胞宽(μm)	20.26±1.20	19.64±2.29	17.54±1.45	14.01±1.90	12.88±0.93
栅栏组织细胞长/栅栏组织细胞宽	3.69±0.30	3.75±0.36	4.07±0.44	5.01±0.41	3.93±0.15

2.3 不同水分亏缺程度对番茄叶片叶绿素含量及光合作用的影响

表 2 表明不同水分亏缺下叶绿素含量的变化。随着水分亏缺程度的不断增大, 类胡萝卜素含量、叶绿素总量、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量与 CK 相比均有不同程度的增加, 呈先增大后减小的趋势。T3、T4 处理的类胡萝卜素含量较高, 分别比 CK 高 25.63% 和 24.54%; T3 的叶绿素总量、叶绿素 a 含量最高, 分别比对照高 24.34% 和 26.36%; T2 的叶绿素 b 含量最高, 比对照高 26.24%, 表明叶绿素 a 和 b 对水

分亏缺的敏感性不同。各水分处理的叶绿素 a/b 与 CK 相差不大。这说明即使在严重水分亏缺下, 植株仍然有能力调节其自身的叶绿素构成比例, 使其稳定在一定范围内; 也说明在一定水分亏缺范围内, 叶绿素 a 比叶绿素 b 增加的稍快。

随着水分亏缺程度的不断增大, 叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率不断下降(表 3), 与单位长度栅栏组织细胞数及栅栏组织细胞宽等指标的变化趋势一致。T4 处理净光合速率、气孔导度、蒸腾速率下降的幅度最大, 比 CK 分别下降 53.55%、39.56% 和

45.29%。除 T4 处理外,其它各处理的胞间 CO₂ 浓度与对照相差不大,T4 的胞间 CO₂浓度比 CK 增加 20%。

表 2 不同水分亏缺程度对番茄叶片叶绿素含量的影响 (mg · g⁻¹)

	CK	T1	T2	T3	T4
类胡萝卜素	0.33	0.35	0.35	0.42	0.42
叶绿素总量	1.71	1.92	2.02	2.13	1.97
叶绿素 a	1.35	1.49	1.54	1.70	1.54
叶绿素 b	0.37	0.41	0.47	0.43	0.41
叶绿素 a/b	3.70	3.74	3.42	3.92	3.81

表 3 不同水分亏缺程度对番茄叶片光合作用的影响

	CK	T1	T2	T3	T4
净光合速率(μmolCO ₂ · m ⁻² · s ⁻¹)	6.20	5.68	5.06	3.66	2.88
气孔导度(mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	0.182	0.164	0.147	0.138	0.110
蒸腾速率(mmolCO ₂ · m ⁻² · s ⁻¹)	3.29	2.84	2.74	2.18	1.80
细胞间隙 CO ₂ 浓度(mg · kg ⁻¹)	242	234	240	252	290

3 讨论与结论

3.1 不同水分亏缺程度与番茄叶片细胞显微结构的关系

叶片显微结构变化能明显反应出植株叶片对水分亏缺的适应情况。彭伟秀等人指出,成龄叶片器官建造已经完成,水分胁迫时,很难通过其显微结构的弹性调节来实现抗性的提高,只能是被动适应^[8]。该试验结果表明,叶片内栅栏组织细胞变小可以减少因干旱导致细胞收缩产生的机械损伤。在中度水分亏缺时海绵组织厚度与对照相比相差不大,因此光合作用并没有受到明显的抑制,说明中等水分亏缺处理 T1、T2 的植株仍然有一定的主动调节能力。在严重水分亏缺时海绵组织减少得较快,并使栅海比上升。栅海比上升有利于提高叶片光合作用,这是严重水分

亏缺处理 T3、T4 植株对不良环境的一种适应性反应。

3.2 不同水分亏缺程度与番茄叶片光合作用的关系

叶绿素是光合作用的基础。但该试验研究表明,水分亏缺条件下叶绿素含量的上升使植株叶片对光能的吸收增加。但是增加的叶绿素并没有用来提高植株叶片的光合作用。

对于水分亏缺下番茄叶片光合作用的限制因素,Farquhar 等人认为胞间 CO₂ 浓度是评判气孔限制和非气孔限制的依据,净光合速率、气孔导度和胞间 CO₂浓度值同时下降时,净光合速率的下降为气孔限制;相反,如果叶片光合速率的降低伴随着胞间 CO₂浓度值的提高,说明光合作用的限制因素是非气孔限制^[10]。试验可以看出 T1、T2 处理植株光合作用的限制因素比较接近气孔限制;而 T3、T4 处理植株光合作用的限制因素更接近非气孔限制。表明在不同水分亏缺条件下,影响番茄叶片光合作用的因素不同。

参考文献:

[1] 齐红岩,李天来. 亏缺灌溉对蔗糖代谢和干物质分配及果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, (37): 1045-1049.
[2] 刘明池,陈殿奎. 亏缺灌溉对樱桃番茄产量和品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2002, (6): 4-6.
[3] 曲桂敏,李兴国,赵飞,等. 水分胁迫对果树叶片和新根显微结构的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(3): 147-151.
[4] 高秀萍,张勇强. 梨树在自然干旱条件下叶片解剖学特征[J]. 山西农业科学, 2001, 29(1): 62-64.
[5] 王中英. 果树抗旱生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 118-122.
[6] 李正理. 植物制片技术[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
[7] 郝建军,刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学出版社, 2001: 1.
[8] 彭伟秀,王文全,梁海永,等. 水分胁迫对甘草营养器官解剖构造的影响[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(3): 46-48.
[9] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and Photosynthesis[J]. Ann. Res. Plant Physiol, 1982, 33: 317-342.

Effects of Different Water Deficit Levels on Microstructure and Photosynthesis of Tomato Leaves

LIU Yang, QI Hong yan, LIU Hai tao
(Department of Horticulture, Shengyang Agricultural Vriversity, Liaoning 110161)

Abstract: Five treatments of different irrigation levels were conducted and the effects of different water deficit levels on microstructure photosynthesis of tomato leaves were studied. The results indicated that the leaf thickness decreased obviously with the decline of irrigation amount while the number of palisade tissues of the unit length increased gradually. Chlorophyll and carotene content in tomato leaves increased, while net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate declined. The more degree of water deficit, the more effect on microstructure of tomato leaves.

Key words: Tomato; Water deficit levels; Microstructure; Photosynthesis