

黄土高原丘陵沟壑区川地和梯田茄子 光合特性比较

陈龙飞¹, 葛耀相², 刘普灵^{1,3}, 王栓全²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100;
3. 中国科学院水利部水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用 Li-6400 便携式光合系统仪, 对黄土高原丘陵沟壑区川地和梯田茄子在覆膜与不覆膜两种栽培方式下的光合特性日变化进行了测定。结果表明: (1) 茄子在川地与梯田不同栽培模式下光合速率、蒸腾速率和气孔导度的日变化均表现为“双峰”曲线, 都具有明显的“午休”现象; 引起川地茄子产生光合“午休”现象的主要原因是气孔因素; 引起梯田茄子产生光合“午休”现象的一个重要原因是非气孔因素; (2) 梯田茄子在不同栽培方式下的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度日均值均显著高于川地茄子 ($P < 0.01$), 而叶片水平水分利用效率日均值却显著低于川地茄子 ($P < 0.01$); (3) 茄子在覆膜与不覆膜两种栽培方式下的光合特性日变化参数没有显著性差别 ($P > 0.05$)。

关键词: 茄子; 光合特性; 川地; 梯田; 黄土高原

中图分类号: S641.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0165-06

黄土高原丘陵沟壑区基本农田主要包括梯田、川台地以及坡地。近年来, 随着退耕还林还草工程的实施, 该区坡耕地面积大幅度减少, 梯田与川地成为主要农田类型。为了高效利用有限土地资源、增加土地产值、实现“减地增产”的目标, 大力发展以瓜果蔬菜等为主的高效经济作物已经成为当地产业结构调整的主要措施。茄子 (*Solanum melongena* L.) 作为黄土丘陵种植的一种传统蔬菜, 是当地城乡居民日常生活消费的主要蔬菜品种之一。

目前有关茄子光合特性的研究主要集中于日光温室^[1-2], 关于茄子在露地及黄土高原地区的光合特性的研究鲜有报道。在不同土地类型和栽培方式的条件下, 研究作物生理日变化时段性特性, 对寻求提高作物水分利用效率 (*WUE*) 和抗御干旱灾害的新途径有着积极意义^[3]。有关茄子叶片光合速率等日变化特性的研究多集中在品种^[1,4]、群体结构^[5]、灌溉方式^[6]、温室设施条件^[1,7]等方面, 而关于不同土地类型和栽培方式的研究较少。

地膜覆盖是黄土高原区广泛采用的一种栽培方式^[8]。本试验研究了川地和梯田在覆膜与不覆膜栽培方式下茄子初花期叶片光合、水分利用效率, 比较分析了两种土地类型和栽培方式下的茄子光合特性

和叶片水平的水分利用效率差异, 旨在为指导当地茄子高产优质栽培提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于陕西省延安燕沟流域, 属暖温带半湿润偏干旱季风气候, 多年平均气温 9.8℃, 多年平均降水量 549.9 mm, 其中, 降水大多集中在 7~9 月份, 降水年际变化大; 年蒸发量 1 000 mm 左右。≥10℃积温 3 207.4℃, 无霜期 170 d, 年均日照 2 445.2 h^[9]。梯田土壤 pH 值为 8.77, 有机质含量 0.567%, 速效 N、P、K 含量分别为: 24.78、2.67、97.55 mg/kg; 川地土壤 pH 值为 8.915, 有机质含量 0.767%, 速效 N、P、K 含量分别为 35.65、14.7、127.45 mg/kg。

1.2 试验设计

供试茄子品种为紫光长茄。育苗后于 5 月 15 日同时在梯田与川地分别采用覆膜与不覆膜两种栽培方式栽植。试验采用二因素随机区组设计, 小区的面积为 2 m × 3 m = 6 m², 苗龄 4 片展开叶时进行移栽, 每小区栽植 40 株, 株行距 30 cm × 50 cm, 每处理重复 3 次。播后管理按常规方法进行。

收稿日期: 2012-01-12

基金项目: 国家科技支撑项目“农田水土保持关键技术研究示范”(2001BAD31B01); 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2007CB407205); 陕西省农业攻关项目(2012K01-08)

作者简介: 陈龙飞(1988—), 男, 湖北嘉鱼人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与旱地农业研究。E-mail: 374852235@qq.com

* 通讯作者: 王栓全(1953—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事旱地农业研究。E-mail: wangshq5310@nwsuaf.edu.cn.

1.3 测定指标及方法

于 7 月 9 日(开花期),选长势基本一致的植株的且完全展开的功能叶(约第 7~8 片叶)并做好标记,采用 Li-6400 便携式光合系统仪(美国产)进行活体测定叶片相关光合作用参数,测定时间为 8:00~18:00,每 2 h 测定 1 次。测定参数包括:净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、光合有效辐射(PAR)、气孔导度($Cond$)、叶面温度(T_l)、气温(T_a)、大气相对湿度(RH)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、大气 CO_2 浓度(C_a)、叶片内外水蒸汽压差(V_{pdl})等。根据 Berry (1982)^[10]的方法计算气孔限制值(L_s),即 $L_s = 1 - C_i/C_a$ 。计算水分利用效率(WUE , mmol/mol), WUE 是光合速率与蒸腾速率的比值。

因茄子叶片较大,能布满叶室,故叶面积都记录为 6 cm^2 ,每个小区测 3 株,每个叶片记录相对恒定的数值 5 个。

1.4 数据处理

茄子的光合特性日变化参数的对比分析采用两因素方差分析(two-way ANOVA),多重比较采用 Duncan 法,利用 SAS 软件进行方差分析,作图采用

sigmplot 10 软件。

2 结果与分析

2.1 净光合速率及蒸腾速率的日变化特征

川地与梯田茄子在不同栽培条件下的净光合速率日变化呈现双峰曲线,并且有较明显的“午休”现象,但是不同处理间峰值大小与出现时间有明显的差异(图 1)。其中川地不覆膜处理 P_n 都明显低于其他处理,且川地茄子在覆膜与不覆膜栽培条件下从 8:00 开始 P_n 相对较低,随着气温与光照强度的增加, P_n 速率增高,到 10:00 时达到一天中的第一个峰值,分别为 22.34 、 $19.3\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,随后开始下降,进入“午休”阶段,12:00 时达到低谷后接着开始上升,并于 16:00 时再次出现全天第二次峰值,分别为 20.53 、 $17.35\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。而梯田茄子在覆膜与不覆膜栽培条件下,在 12:00 时才出现全天第一次峰值,分别为 22.73 、 $22.94\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,之后开始下降出现“午休”现象,到 14:00 时达到低谷之后开始上升,到 16:00 时出现第二次峰值,分别为 22.6 、 $21.39\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

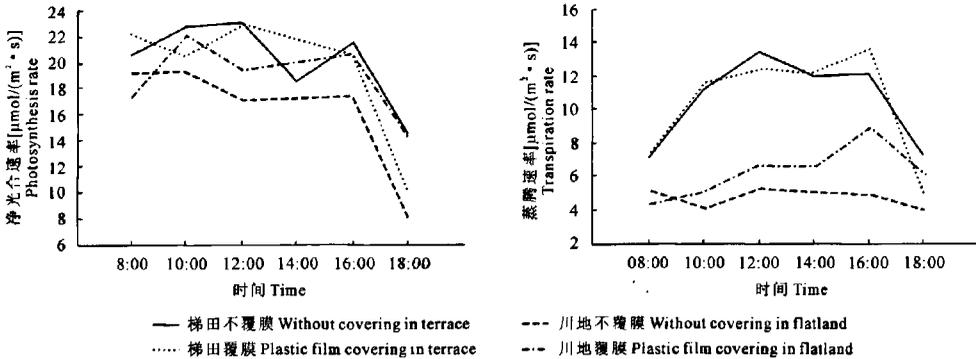


图 1 川地与梯田茄子的净光合速率和蒸腾速率的日变化

Fig.1 Diurnal variations of net photosynthesis rate and transpiration rate of eggplant in the flatland and terrace

经计算,茄子净光合速率日平均值大小顺序为:梯田不覆膜 $20.12(\pm 3.20)\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ > 梯田覆膜 $19.52(\pm 4.79)\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ > 川地覆膜 $18.87(\pm 2.83)\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ > 川地不覆膜 $16.28(\pm 4.23)\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。方差分析表明,梯田的净光合速率明显高于川地($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异($P > 0.05$)。这可能是由于梯田地获得的有效光合辐射大于川地。另外,可能与其光合器官的叶绿素含量有关。

茄子在不同土地类型与栽培方式下的蒸腾速率日变化与净光合速率相同,也呈双峰曲线,并有明显的“午休”现象(图 1)。4 个处理出现的 T_r 峰值均在

12:00 时与 16:00 时,但是峰值大小不同,除了川地不覆膜从 8:00 时先下降到 10:00 才上升外,其他 3 个处理从 8:00 开始持续上升,到 12:00 时都达到全天第一次峰值,峰值分别为:川地不覆膜 $5.60\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、川地覆膜 $6.78\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、梯田不覆膜 $13.67\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、梯田覆膜 $12.54\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,接着开始下降,于 14:00 时达到低谷之后开始上升,16:00 时达到全天第二个峰值,峰值分别为:川地不覆膜 $5.34\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、川地覆膜 $9.15\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、梯田不覆膜 $12.14\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、梯田覆膜 $13.63\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,之后由于光合有效辐射和气温的下降, T_r 开始下降。不同处理的茄子的 T_r 在 14:00

均下降,而此时正是高温、高光强,可能造成茄子部分叶片的气孔关闭或者缩小,从而导致 G_s 变小, T_r 下降,这种现象是植物在进化的过程中对自然条件的一种适应,说明茄子对不良环境有一定抗性。

经计算,茄子蒸腾速率日平均大小顺序为:梯田不覆膜 $10.51 (\pm 2.68) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 梯田覆膜 $10.35 (\pm 3.39) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 川地覆膜 $6.35 (\pm 1.52) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 川地不覆膜 $4.82 (\pm 0.53) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。方差分析表明,梯田的蒸腾速率明显高于川地 ($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 气孔导度 (G_s)和胞间 CO_2 浓度日变化特征

气孔是水汽和 CO_2 进出的门户,气孔导度 (G_s) 的变化影响着水分和 CO_2 的交换,因此 G_s 的大小对蒸腾作用和光合作用都有一定的影响。 G_s 的日变化与净光合速率及蒸腾速率类似,基本呈双峰型曲线变化(图 2),其中梯田不覆膜处理与川地不覆膜处理出现峰值的时间为 12:00 和 16:00 时外,出现的低谷都在 14:00 时,分别为川地不覆膜 $0.213 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、梯田不覆膜 $0.410 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而川地与梯田覆膜处理出现的峰值时间均为 10:00 与 16:00,但出现低谷的时间不同,川地覆膜处理在 12:00 时出现低谷 [$0.277 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$],梯田覆膜处

理在 14:00 出现低谷 [$0.412 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$], G_s 日平均大小顺序为:梯田覆膜处理 $0.448 (\pm 0.168) \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 梯田不覆膜处理 $0.423 (\pm 0.110) \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 川地覆膜处理 $0.267 (\pm 0.050) \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) >$ 川地不覆膜处理 $0.225 (\pm 0.069) \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。方差分析表明,梯田的气孔导度明显高于川地 ($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。

胞间 CO_2 作为光合作用中 CO_2 的中介,直接影响着光合作用过程。胞间 CO_2 浓度 (C_i) 既受到作为源的外界 CO_2 浓度和气孔导度的影响,又受叶片光合消耗的影响。各处理 C_i 日变化趋势除梯田覆膜处理呈双峰曲线型(峰值时间分别在 10:00 与 16:00 时)外,其余 3 个处理均为单峰型,但是出现的峰值时间不一致,川地不覆膜处理在 12:00,川地覆膜处理在 10:00,梯田不覆膜处理在 12:00(图 2)。 C_i 日平均大小顺序为:梯田覆膜 $241 (\pm 12) \mu\text{mol}/\text{mol} >$ 梯田不覆膜 $236 (\pm 8) \mu\text{mol}/\text{mol} >$ 川地覆膜处理 $208 (\pm 17) \mu\text{mol}/\text{mol} >$ 川地不覆膜处理 $199 (\pm 41) \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。方差分析表明,梯田的胞间 CO_2 浓度明显高于川地 ($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。这可能是由于梯田的气孔导度显著高于川地,进入气孔 CO_2 较多的缘故。

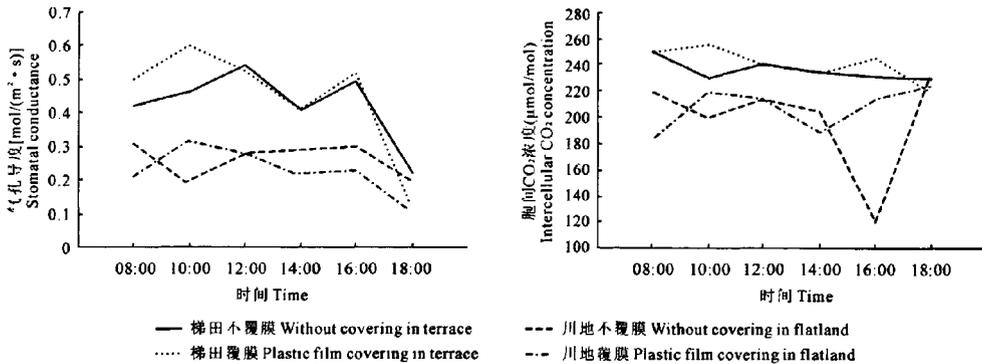


图 2 川地和梯田茄子气孔导度和胞间 CO_2 浓度日变化

Fig.2 Diurnal variations of stomatal conductance and intercellular CO_2 concentration of eggplant in the flatland and terrace

2.3 气孔限制值 (L_s)和非气孔限制指标 (C_i/G_s)

气孔限制值 (L_s)一般被用来反映由于气孔导度降低导致的对光合速率的限制作用,反映了植物叶片对大气 CO_2 相对利用效率的大小程度。从图 6 可以看出,茄子不覆膜栽培在川地与梯田地气孔导度均为双峰型曲线,但出现的峰值时间不一样,川地为 10:00 (0.44%) 和 16:00 (0.67%),梯田为 10:00 (0.31%) 和 14:00 (0.30%)。茄子在川地与梯田覆

膜栽培方式下的气孔限制值均表现为单峰型,都在 14:00 出现峰值,川地覆膜为 0.46%,梯田覆膜为 0.30%(图 3)。 L_s 日均值大小顺序为:川地不覆膜 $0.44 (\pm 0.12) \% >$ 川地覆膜 $0.41 (\pm 0.04) \% >$ 梯田不覆膜 $0.30 (\pm 0.01) \% >$ 梯田覆膜 $0.29 (\pm 0.05) \%$,其大小顺序与水分利用效率相同。方差分析表明,川地的气孔限制日均值明显高于梯田 ($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。

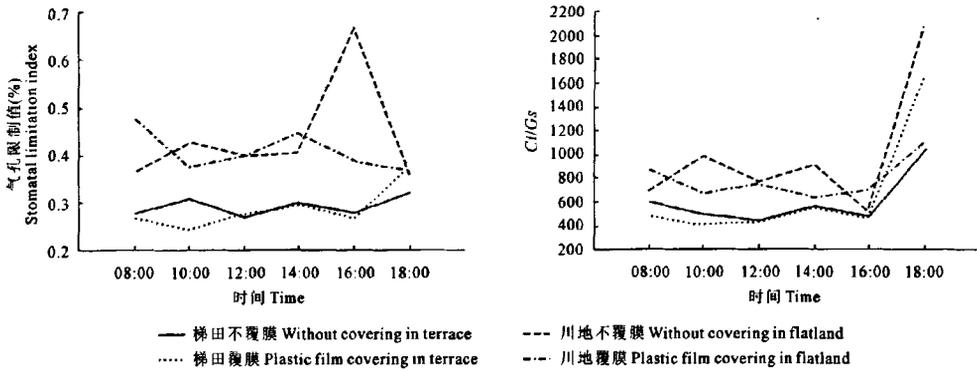


图 3 川地和梯田茄子气孔限制值和非气孔限制指标日变化

Fig.3 Diurnal variations of stomatal limitation index and non-stomatal limitation index (C_i/G_s) of eggplant in the flatland and terrace

胞间 CO_2 浓度与气孔导度的比值 (C_i/G_s) 则被用来反映非气孔因素的限制情况^[11-12]。如图 3 所示,除川地不覆膜的 C_i/G_s 值在早间较低外,其余 3 个处理的 C_i/G_s 值都呈现早晚较高、中午较低的趋势。另外,梯田覆膜和不覆膜处理的 C_i/G_s 值在 14:00 时都出现了峰值。经测量,此时的叶面温度达 $35^\circ C$ 。这可能是由于此时的太阳辐射过强、温度较高,抑制了光合作用有关酶的活性、表现为较强的非气孔限制的缘故。 C_i/G_s 日均值大小顺序为:川地不覆膜 $1011 (\pm 576) >$ 川地覆膜 $806 (\pm 175) >$ 梯田不覆膜 $685 (\pm 496) >$ 梯田覆膜 $605 (\pm 223)$ 。方差分析表明,川地的 C_i/G_s 日均值明显高于梯田 ($P < 0.05$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。

2.4 水分利用效率 (WUE) 的日变化

植物在吸收 CO_2 进行光合作用的同时,蒸腾释放一定量的水汽,叶片水平的水分利用效率一般采用瞬时净光合速率与蒸腾速率的比值^[13]。川地茄子在覆膜与不覆膜处理下 WUE 呈双峰型曲线,但出现的时间与峰值大小不同,两处理从 8:00 开始,持续上升,到 10:00 时达到第一个峰值(川地不覆膜为 4.49 mmol/mol ,川地覆膜为 4.20 mmol/mol),随后开始下降,到 12:00 同时达到低谷,之后,川地覆膜茄子在 14:00 时达到第二个峰值 (2.95 mmol/mol),而川地不覆膜却在 16:00 时达到全天第二个峰值 (3.25 mmol/mol)。梯田茄子 WUE 日变化却有所不同,不覆膜表现为“U”型曲线,而覆膜茄子的 WUE 表现为单峰型曲线,峰值出现在 12:00 时,大小为: 1.81 mmol/mol (图 4)。WUE 日均值大小顺序为:川地不覆膜 $3.24 (\pm 0.82) \text{ mmol/mol} >$ 川地覆膜 3.02

(± 0.76) $\text{mmol/mol} >$ 梯田不覆膜 $1.97 (\pm 0.44) \text{ mmol/mol} >$ 梯田覆膜 $1.96 (\pm 0.43) \text{ mmol/mol}$,其大小顺序与光合速率与蒸腾速率日变化曲线正好相反。方差分析表明,川地的水分利用效率明显高于梯田 ($P < 0.01$),覆膜与不覆膜没有显著差异 ($P > 0.05$)。

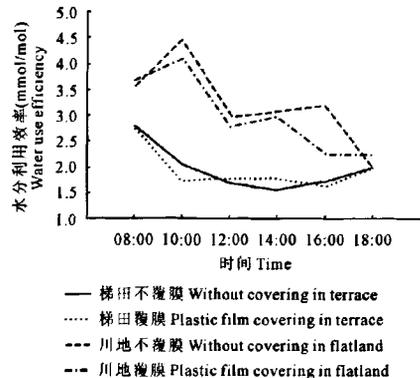


图 4 川地与梯田茄子水分利用效率日变化

Fig.4 Diurnal variations of leaf water use efficiency of eggplant in the flatland and terrace

3 讨论

1) 茄子在川地与梯田不同栽培模式下光合速率、蒸腾速率和气孔导度的日变化均表现为“双峰”曲线,都具有明显的“午休”现象,这与郁继华^[1]、舒英杰^[4]、杨国栋^[5]等的研究结果一致。

植物叶片光合“午休”现象是对夏季炎热的气候条件一种有益的生态适应和自我调节的表现。植物叶片 P_n 在中午降低的自身因素不外乎两个,即气

孔因素和非气孔因素^[14-15]。前者是由于中午田间光照、温度和湿度等环境因子的变化引起植物气孔的部分关闭,CO₂进入叶片受阻而使光合速率下降,称为光合作用的气孔限制;而后者是由于叶片温度的增高,叶绿体活性与 Rubisco 活性降低、RuBP 羧化酶再生能力降低,导致叶片光合作用能力降低,称为光合作用的非气孔限制。根据 Farquhar 等^[15]和许大全^[16]的观点,只有当 P_n 和 C_i 变化方向相同两者同时减小、 L_s 增大时,才可以认为 P_n 的下降主要是由 G_s 引起的,否则下降要归因于光合作用的非气孔限制。川地茄子在覆膜栽培方式下 10:00 ~ 12:00 期间(午休) P_n 降低、 C_i 下降、 L_s 增大,因此可以推断出引起光合“午休”的主要原因是气孔因素。梯田茄子在覆膜与不覆膜栽培方式下,在 14:00, P_n 达到低谷,而此时 C_i/G_s 达到峰值,非气孔限制比较突出,这可能是由于此时梯田地获得的有效的光合辐射较多、温度较高,抑制了光合作用有关酶的活性的缘故。因此也可以推断,引起梯田茄子光合“午休”现象的一个重要原因是非气孔因素。对于梯田茄子,在暑季的午间适当的采取避暑措施可以提高其光合速率。

2) 梯田茄子在不同栽培方式下的净光合速率、蒸腾速率日均值均明显高于川地茄子,表明梯田地更有利于作物叶片的光合作用和蒸腾作用。

梯田茄子蒸腾速率高于川地茄子的原因可能是梯田地获得的有效光合辐射大于川地,温度高于川地的缘故,为了避免 7 月高温、强光对其自身的灼伤,梯田茄子采取了增加气孔导度、增加蒸腾速率来降低其叶片的温度,进而适应这种高温、强光的气候条件。梯田茄子净光合速率高于川地茄子原因可能与气孔和非气孔因素都有关。梯田茄子的气孔导度、胞间 CO₂ 浓度均显著高于川地茄子,且气孔限制值显著低于川地茄子。可以推测梯田茄子净光合速率高于川地梯田茄子部分原因可能和蒸腾作用一样,也是为了通过增加气孔导度、增加蒸腾速率来降低其叶片的温度;随着气孔导度变大,胞间 CO₂ 浓度增加,光合作用的速率也随之增加,从而导致梯田茄子净光合速率高于川地茄子。另外,川地的 C_i/G_s 日均值明显高于梯田,表明川地茄子受非气孔因素限制更加突出。这可能是由于川地获得的平均有效辐射和温度低于梯田地,导致与光合作用有关酶的活性低于梯田地的缘故。

3) 由于茄子光合速率和蒸腾速率的日变化表现出不同的关系,使得水分利用效率形成了不同的日变化特征。虽然梯田茄子在不同栽培方式下的净光合速率、蒸腾速率日均值均明显高于川地茄子,但是川地茄子的水分利用效率却高于梯田茄子。且在无补充灌溉的年份,不覆膜处理,川地茄子的水分利用效率是梯田茄子的 1.6 倍;而覆膜处理,川地茄子的水分利用效率是梯田茄子的 1.5 倍。

植物的水分利用效率受植物因子和环境因子的共同作用^[17]。对于植物单叶片水平的 WUE 来说,光照是一个重要的影响因子,是光合和蒸腾的驱动力,但对两者的影响不同^[18];光合作用有一个光饱和点问题,而辐射引起的温度上升导致蒸腾的增加却没有饱和现象;此外,光合作用有光抑制现象,而蒸腾则无^[19]。川地茄子的水分利用效率高于梯田茄子的原因可能是由于梯田地获得有效辐射多、温度高,光合速率、蒸腾速率增加,但是光合作用由于存在着光饱和点和光抑制现象,导致光合速率的增加受到限制,而蒸腾速率的增加无此限制的缘故。

4) 茄子在覆膜与不覆膜两种栽培方式下的光合特性日变化参数没有显著性差别。前人的很多研究表明地膜覆盖可以提高作物的水分利用效率^[8]。水分利用效率(WUE)一般分三个层次来考虑,即叶片、群体和田间水平上的 WUE ^[20]。本文讨论了叶片水平上的 WUE ,为了更好地了解地膜覆盖对提高梯田和川地茄子水分利用效率的影响,还需从群体和田间的水平对 WUE 进行研究。

参考文献:

- [1] 郁继华,舒英杰,杨秀玲,等.茄子光合特性研究再探[J].兰州大学学报(自然科学版),2003,39(6):81-84.
- [2] 郁继华,舒英杰,杨秀玲,等.二茛茄和快圆茄光合特性研究[J].甘肃农业大学学报,2002,(1):62-66.
- [3] 刘庚山,郭安红,任三学,等.不同覆盖对夏玉米叶片光合和水分利用效率日变化的影响[J].水土保持学报,2004,18(2):152-156.
- [4] 舒英杰,周玉丽,郁继华.茄子 P_n 日变化及光合“午休”的生理生态因子分析[J].中国农学通报,2006,22(9):225-228.
- [5] 杨国栋,周宝利,付亚文,等.茄子不同群体结构光合特性、干物质分配及其对产量的影响[J].园艺学报,2004,31(5):603-606.
- [6] 杜社妮,梁银丽,翟胜,等.不同灌溉方式对茄子生长发育的影响[J].中国农学通报,2005,21(6):430-432.
- [7] 郁继华,舒英杰,吕军芬,等.低温弱光对茄子幼苗光合特性的影响[J].西北植物学报,2004,24(5):831-836.

- [8] Xie Z K, Wang Y J, Li F M. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China[J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 75:71-83.
- [9] 薛智德, 杨光, 梁一民, 等. 燕儿沟人工植被营造模式与快速建设研究[J]. *水土保持研究*, 2006, 7(2):128-132.
- [10] Berry J A, Downton W J S. Environmental regulation of photosynthesis[A]. Govindjee. *Photosynthesis: Development carbon metabolism and plant productivity*[C]//New York: Academic Press, 1982:263-343.
- [11] Ramanjulu S, Sreenivasulu N, Sudhakar C. Effect of water stress on photosynthesis in two mulberry genotypes with different drought tolerance[J]. *Photosynthetica*, 1998, 35(2):279-283.
- [12] Ramanjulu S, Sreenivasulu N, Kumar G. photosynthetic characteristics in mulberry during water stress and rewatering[J]. *Photosynthetica*, 1998, 35(2):259-263.
- [13] Xu D Q, SHEN Y G. Diurnal variations in the photosynthetic efficiency in plants[J]. *Acta phytophysiologica sinica*, 1997, 23(4):410-416.
- [14] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. *Ann Rev of Plant Physiol*, 1982, 33:317-345.
- [15] 许大全. 光合作用“午睡”现象德生态、生理、生化[J]. *植物生理学通讯*, 1990, 26(6):5-10.
- [16] 刘冰, 赵文智. 荒漠绿洲过渡带柽柳和泡泡刺光合作用及水分代谢的生态适应性[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(1):101-107.
- [17] 罗亚勇, 赵学勇, 黄迎新, 等. 植物水分利用效率及其测定方法研究进展[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(4):648-655.
- [18] 张岁岐, 山仑. 植物水分利用效率及其研究进展[J]. *干旱地区农业研究*, 2002, 20(4):1-5.
- [19] 蒋高明, 何维明. 毛乌素沙地若干植物光合作用、蒸腾作用和水利用效率种间及生境间差异[J]. *植物学报*, 1999, 41(10):1114-1124.
- [20] 王会肖, 刘昌明. 作物水分利用效率内涵及研究进展[J]. *水科学进展*, 2000, 11(1):99-104.

Comparison of photosynthetic characteristics of eggplant between flatland and terrace in hilly and gully areas of the Loess Plateau

CHEN Long-fei^{1,3}, GE Yao-xiang², LIU Pu-ling^{1,3}, WANG Shuan-quan^{2*}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, CAS, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Li-6400 was used to measure photosynthetic characteristic of Eggplant with plastic film covering and without covering in flatland and terrace in hilly and gully areas of the loess plateau. The results showed that (1) Diurnal variations of the net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance of leaves of eggplant between flatland and terrace changed as double-peak curve in a day. It was speculated that the midday depression of eggplant in flatland was mainly caused by the stomatal factor and non-stomatal factor was one of the most important factors causing the midday depression of the eggplant in terrace. (2) The daily mean value of the photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration of the eggplant in terrace was significantly higher than in flatland ($P < 0.01$), while the daily mean value of the leaf water use efficiency was significantly lower than in flatland ($P < 0.01$). (3) There was no significant difference between eggplant with plastic film covering and without covering both either in flatland or terrace ($P > 0.05$).

Keywords: eggplant (*Solanum melongena* L.); photosynthetic characteristics; flatland; terrace; loess plateau