

压砂地不同西瓜品种光合作用日变化研究

田梅, 于蓉, 董瑞, 王志强, 郭松, 刘声锋

(宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002)

摘要:以宁夏压砂地主栽西瓜品种“宁农科1号”和“金城5号”为试材,测定分析了其坐果期植株的净光合速率(Pn)及其影响因子空气温度和叶温、光合有效辐射(PAR)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、水分利用率(WUE)的日变化规律,并对成熟后果实进行了品质测定。结果表明:“金城5号”的光合速率日变化为双峰型曲线,呈现出光合“午睡”现象;“宁农科1号”则为单峰型曲线;果实品质在总糖含量上“宁农科1号”显著高于“金城5号”。

关键词:压砂地;西瓜;光合作用;日变化

中图分类号:S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)23-0027-04

压砂地也称“砂田”、“铺砂地”、“石子田”,是地表铺盖了一层厚度7~20 cm砂砾或卵石夹粗砂的田地,多见于我国西北干旱、半干旱地区,是干旱地区人民在长期与干旱斗争中探索出的一种独特抗旱耕作形式^[1]。在宁夏,压砂瓜的主要产区集中在中卫市环香山地区、海原县兴仁镇和中宁县鸣沙镇、喊叫水等地区,覆盖的砂砾卵石含有丰富的矿物质,尤其是有抗癌作用的硒元素。黄峙等^[2]研究认为“硒是唯一受基因调控的微量元素”,硒的抗癌作用主要是提高人体免疫系统的抗癌能力,抑制癌细胞的生长及其DNA、RNA和蛋白质合成,干扰致癌物质代谢等。赵芳等^[3]的研究表明,压砂瓜中含有较高含量的硒元素,所以压砂瓜又称“硒砂瓜”、“石头缝里长出来的西瓜”。近年来,宁夏的压砂瓜品质上乘、享誉全国,压砂瓜作为农民增收且充分利用山地资源优势发展起来的这一特色产业也得到了大力的发展。当前,针对西瓜、甜瓜光合作用的研究涉及到露地栽培、日光温室栽培、嫁接及逆境生理等多方面,但是针对宁夏压砂地西瓜这一特殊栽培条件下的相关研究则较少,该试验针对宁夏中卫市香山地区主栽西瓜品种进行光合作用的测定,旨在丰富压砂西瓜生理生态方面的研究,并对压砂地西瓜的育种及栽培技术研究提供理论支撑。

第一作者简介:田梅(1983-),女,硕士,助理研究员,现主要从事西瓜育种和栽培工作。E-mail:tml112@foxmail.com。

责任作者:刘声锋(1964-),男,研究员,现主要从事西瓜育种和栽培工作。E-mail:shengfeng.liu@163.com。

基金项目:宁夏回族自治区科技厅科技攻关资助项目(2011ZYN101);国家西甜瓜产业技术体系资助项目(CARS-26-41)。

收稿日期:2013-07-24

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在宁夏中卫市香山乡红圈子村进行,是宁夏压砂瓜的主要产区之一,地处东经105°08',北纬37°02',年平均降雨量185.9 mm,年蒸发量2 000 mm;光热资源充足,全年平均日照长达2 600~2 700 h,夏季日照长达14 h^[4]。

1.2 试验材料

供试材料均为压砂地西瓜广泛栽培品种,“宁农科1号”由宁夏农科院种质资源研究所提供,“金城5号”由兰州市西甜瓜研究所提供。测定仪器为TPS-2便携式光合系统仪(英国PP-systems公司生产)。

1.3 试验方法

自2012年4月25日采取直播方式进行西瓜播种。覆膜滴灌,田间管理按常规方法进行。在7月2日西瓜生长的坐果期测定2个品种的光合速率日变化规律。在西瓜成熟后收获果实,取参试的2个西瓜品种果实进行品质测定。

1.4 项目测定

光合速率指标采用TPS-2便携式光合系统仪测定,测定时利用自然光源及开放式气路(CO₂来自于大气中),选择晴朗无云的天气,并选取受光良好、叶龄一致,生长状况良好的位于坐果节位附近的叶片做标记固定测定,在06:00~18:00每隔2 h测定1次,定叶重复3次;果实品质总糖含量采用蒽酮比色法测定;维生素C含量采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定;总酸含量采用氢氧化钠滴定法测定^[5];硒元素含量采用火焰原子吸收法测定^[3]。

1.5 数据分析

试验数据采用SPSS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 2个西瓜品种的光合速率及影响因子日变化比较

2.1.1 2个西瓜品种空气温度和叶片温度日变化比较

由图1可以看出,全天空气温度和叶片温度的变化幅度较大,空气温度始终要高于叶片温度,空气温度和叶片温度的最高值出现在12:00,分别为32.7℃和31.3℃,空气温度的日变化略高于叶片温度的日变化,郭尚等^[6]对于在自然光和遮光条件下对西瓜光合速率的研究中也得出同样的结果,主要原因是由于植株的蒸腾作用降低了植物体的温度造成的。

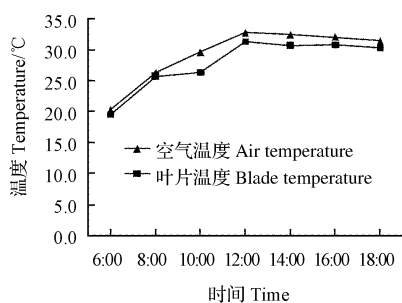


图1 空气温度和叶片温度日变化

Fig.1 Diurnal variation of air temperature and blade temperature

2.1.2 2个西瓜品种光合有效辐射日变化比较 光合有效辐射强度(PAR)是形成生物量的基本能源,直接影响着植物的生长、发育、产量和产品质量。从图2可以看出,在全天中光合有效辐射强度的变化呈现单峰曲线,上午6:00~12:00呈持续增强的过程,12:00达最大值2280 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随后逐渐减弱,14:00的光合有效辐射强度与12:00相差不大。对于植物来讲,温度的日变化和光合有效辐射强度的变化都将直接影响着西瓜净光合速率的变化。

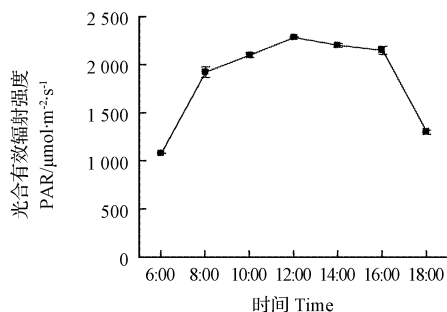


图2 光合有效辐射强度日变化

Fig.2 Diurnal variation of PAR

2.1.3 2个西瓜品种净光合速率日变化比较 从图3可以看出,“宁农科1号”净光合速率的日变化呈现出

单峰曲线变化类型,在12:00达峰值为31.5 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随后逐渐降低;“金城5号”则呈现出双峰曲线变化类型,在上午10:00和午后14:00达到2个峰值,分别为28.9、24.5 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在正午12:00净光合速率降低为19.8 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,这是由于在正午12:00温度最高,光合有效辐射达到最大,叶片蒸腾失水加剧,使得此时的净光合速率降低,呈现出“午睡”现象。2个西瓜品种的净光合速率差异显著($P < 0.05$)。

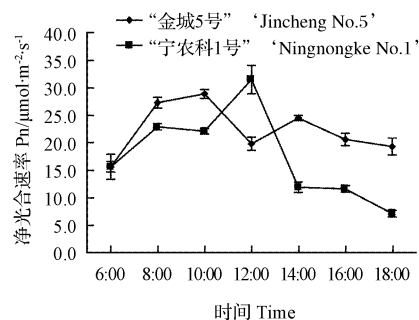


图3 2个西瓜品种净光合速率日变化

Fig.3 Diurnal variation of Pn between two cultivars of watermelon

2.1.4 2个西瓜品种蒸腾速率日变化比较 蒸腾速率是表示植物在单位时间内、单位面积上通过蒸腾作用散失的水量。由图4可知,“金城5号”的蒸腾速率在14:00达到最大为13.89 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随后逐渐下降;而“宁农科1号”则在12:00达到最大值13.73 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,14:00蒸腾速率下降,为9.11 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,这与其净光合速率的日变化规律相符合。

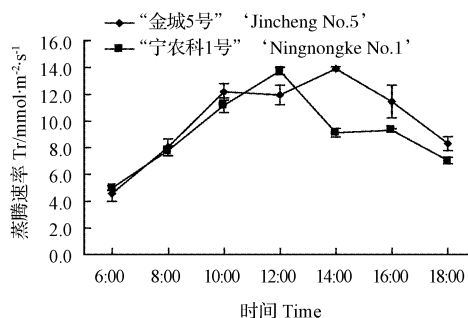


图4 2个西瓜品种蒸腾速率日变化

Fig.4 Diurnal variation of Tr between two cultivars of watermelon

2.1.5 2个西瓜品种气孔导度日变化比较 气孔是植物叶片与外界进行气体交换的主要通道,气孔导度表示气孔张开程度,影响着植物的蒸腾作用和光合作用。由图5可知,“金城5号”的气孔导度在10:00和14:00时较高,正午12:00下降,呈现出较为明显的双峰型变化;“宁农科1号”的气孔导度在12:00时达到最大值,在午后

14:00则降为最低,是由于此时气孔阻力上升,蒸腾速率和光合速率受到影响下降而造成。

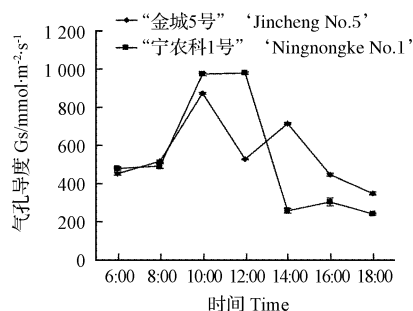


图5 2个西瓜品种气孔导度日变化

Fig. 5 Diurnal variation of Gs between two cultivars of watermelon

2.1.6 2个西瓜品种胞间 CO₂ 浓度日变化比较 由图6可以看出,“金城5号”的胞间 CO₂ 浓度在早晨 6:00、上午 10:00、以及傍晚 18:00 较高;早晨和黄昏的胞间 CO₂ 浓度差异不明显,在 12:00 和 14:00 较低。引起植物叶片光合速率降低的原因的主要根据是叶肉细胞胞间 CO₂ 浓度(Ci)和气孔阻力(Rs)的变化方向^[7],胞间 CO₂ 浓度较低时,气孔密度较小,气孔阻力小,从而也造成光合速率较低,所以其“午休”现象也较明显。“宁农科1号”也是早晨 6:00 胞间 CO₂ 浓度较高,随后降低,但变化范围不大,逐渐呈下降趋势。

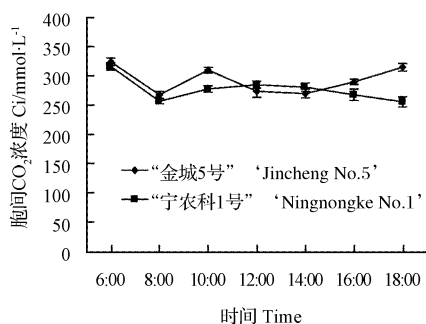


图6 2个西瓜品种胞间 CO₂ 浓度日变化

Fig. 6 Diurnal variation of Ci between two cultivars of watermelon

2.2 2个西瓜品种叶片水分利用率(WUE)日变化比较

叶片水分利用率(WUE)通常用光合速率与蒸腾速率之比来表示,是反映农业生产中作物能量转化效率的一个生理生态指标^[8]。从图7可以看出,2个参试品种的叶片水分利用率日变化总体呈现出不断降低的趋势变化,其中,“宁农科1号”在正午 12:00 的水分利用率较 10:00 和 14:00 高,是因为 12:00 其光合效率达到了最大值;“金城5号”在 18:00 的水分利用率较高,则是因为在 18:00 其蒸腾速率下降幅度较大,说明它们的能量转化

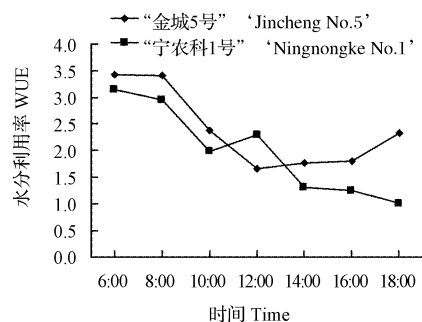


图7 2个西瓜品种叶片水分利用率日变化

Fig. 7 Diurnal variation of WUE between two cultivars of watermelon

效率较高,这与王锐等^[9]对露地西瓜的光合研究结果相同。

2.3 2个西瓜品种果实品质测定结果

果实的风味主要取决于果肉中各种有机成分的合理配比^[10]。对成熟后2个压砂西瓜品种果实的总糖、总酸、维生素C、硒元素含量进行了测定,由表1可知,在总糖含量上“宁农科1号”为 9.25 g/100g,与“金城5号”总糖含量相比差异显著($P < 0.05$)。植物叶片产生的光合同化产物,很大部分最终经韧皮部长距离运输后卸载到果实内^[11-12],“金城5号”总糖含量相比之下较低或许与其光合速率的“午睡”现象造成光合生产损失有关。

表1 2个压砂西瓜品种品质测定

品种 Variety	总糖含量 Total sugar content /g · (100g) ⁻¹	总酸含量 Total acid content /g · (100g) ⁻¹	维生素C含量 VC content /mg · (100g) ⁻¹	硒含量 Se content /mg · kg ⁻¹
“宁农科1号” ‘Ningnongke No.1’	9.25a	0.07a	4.85a	0.00116a
“金城5号” ‘Jincheng No.5’	7.33b	0.07a	4.85a	0.00119a

注:表中不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

3 讨论与结论

光合作用是光合生物利用光能同化 CO₂ 生成有机物的过程,也是作物产量形成的基础,了解作物在其生长环境中光合作用的变化情况,是不断改良品种、优化栽培管理技术的理论基础^[13]。农作物的高光效育种是在光合生理研究与提高光能利用率技术途径研究的基础上发展起来的一种现代育种新技术,通过选育叶片光合速率高的品种有利于提高作物产量和品质^[14]。目前,我国在水稻、小麦、大豆等作物上进行的高光效育种技术与开发应用方面取得了较大的进展^[15]。当前,对于压砂地西瓜、甜瓜光合作用方面的研究还很有限。该研究立足于西瓜坐果期,此时期营养器官生长旺盛,但同时,植株也开始由营养生长为主向生殖生长开始转变,是一个关键时期。从研究结果来看,不同的西瓜品种其在坐果初期净光合速率日变化呈现出不同的类

型:“金城 5 号”是双峰型,“宁农科 1 号”是单峰型。在正午 12:00 时,光合有效辐射强度达最大值为 $2\,280\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,空气温度为 32.7°C ,此时,“金城 5 号”的净光合速率降低为 $19.8\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,说明中午干热,叶片蒸腾失水加剧,引起气孔导度降低,使 CO_2 的吸收减少。“宁农科 1 号”品种在正午 12:00 的净光合速率为 $31.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,随后,随着光强的逐渐减弱,光合速率也呈现下降趋势。与“金城 5 号”相比,未出现光合“午睡”现象。光合“午睡”是植物遇干旱时普遍发生的现象,也是植物对环境缺水的一种适应方式。但是“午睡”现象造成的损失占光合生产的 30%左右^[16]。已有研究表明,叶片光合速率与作物产量之间呈正相关^[17]。光合作用的强弱直接关系到西瓜产量及品质的高低。西瓜甜度的高低主要由糖类的多少决定,而这些糖类的形成都离不开光合作用。汤谧等^[10]对“风味 3 号”甜瓜果实品质的研究中也证实其蔗糖含量显著高于对照得益于其叶片较高的光合能力。在果实品质的测定中,2 个参试品种仅在总糖含量上差异显著,且“宁农科 1 号”高于“金城 5 号”,这是否与“金城 5 号”存在光合“午睡”现象造成光合生产损失,从而使得总糖含量较低有关,还需在今后的研究中将植株的光合作用与叶片叶绿素含量及抗旱生理结合起来进行深度的研究和分析。

(该文作者还有郭守金,单位同第一作者。)

参考文献

- [1] 刘声锋. 无公害压砂瓜栽培技术与研究[M]. 银川:宁夏人民出版社,2009.
- [2] 黄峙,郑文杰,郭宝江. 含硒生物大分子化合物研究进展[J]. 海南大学学报(自然科学版),2001,19(2):169-175.
- [3] 赵芳,杨欢春,杨天林,等. 硒砂瓜中微量元素含量测定[J]. 广东微量元素科学,2009,16(9):55-57.
- [4] 许强. 压砂地可持续利用的理论与实践[M]. 银川:阳光出版社,2012.
- [5] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [6] 郭尚,王宇楠. 不同光照强度西瓜光合速率日变化的研究[J]. 华北农学报,2011,26(5):170-173.
- [7] 刘文革,阎志红,王鸣. 不同染色体倍性西瓜光合速率日变化的研究[J]. 中国西瓜甜瓜,2003(2):4-6.
- [8] 胡绵好,袁菊红,奥岩松. 西瓜皮水浸提物对西瓜种子萌发的影响[J]. 华北农学报,2008(23):40-42.
- [9] 王锐,刘露,沈建锋,等. 温室与露地条件下西瓜光合作用的日变化比较[J]. 甘肃农业大学学报,2010,45(4):80-84.
- [10] 汤谧,别之龙,张保才,等. 风味 3 号甜瓜光合特性和果实品质研究初报[J]. 华中农业大学学报,2008,27(3):426-429.
- [11] 范爽. 设施不同光环境对桃树 ^{14}C 同化物分配特性及果实品质的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [12] 吕英民,张大鹏. 果实发育过程中糖的积累[J]. 植物生理学通讯,2000,36(3):258-265.
- [13] 陈年来,王兴虎,魏存龙. 温室栽培西瓜坐果期冠层光合作用日变化研究[J]. 西北植物学报,2006,26(4):759-765.
- [14] 李秀启,常高正,陈坤,等. 大棚甜瓜光合特性及产量品质比较研究初报[J]. 中国瓜菜,2008(6):38-40.
- [15] 李培夫. 农作物高光效育种技术的研究与应用[J]. 种子科技,2006(6):41-43.
- [16] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [17] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001:16.

Study on Photosynthetic Diurnal Variation of Different Cultivars of Watermelon in Gravel-mulched Field

TIAN Mei, YU Rong, DONG Rui, WANG Zhi-qiang, GUO Song, LIU Sheng-feng, GUO Shou-jin

(Institute of Germplasm Resource, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract: Taking two main cultivars of watermelon ‘Ningnongke No. 1’ and ‘Jincheng No. 5’ at the fruit-set period from Ningxia grave-mulched field as materials, the photosynthetic rate and other influence factors, such as air temperature, blade temperature, PAR, Tr, Gs, Ci, WUE of leaves were studied, and the quality of fruit were determined after mature. The results showed that the diurnal variation of photosynthetic rate of ‘Jincheng No. 5’ had double peak curves and midday depression, while ‘Ningnongke No. 1’ presented one peak curve; and the content of total sugar of ‘Ningnongke No. 1’ was significantly higher than ‘Jincheng No. 5’.

Key words: gravel-mulched field; watermelon; photosynthetic; diurnal variation