

野生西瓜光合特性研究

肖 波, 张明权

(长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘 要:以 1 份来自新疆的野生西瓜种质为试材,并以栽培西瓜“西域砧 1 号”为对照,利用 LI-6400 便携式光合仪测量野生西瓜和对照的光合特征参数。结果表明:在不同的生长发育期以及相同叶龄时,野生西瓜的光合速率、气孔导度和蒸腾速率均大于对照;在结果期,对野生西瓜光响应模型得出的光合特征参数分析发现,野生西瓜的光饱和点、最大光合速率以及表观量子效率均大于对照。该试验认为野生西瓜是 1 份高光效的西瓜种质。

关键词:野生西瓜;光合特性;栽培西瓜

中图分类号:S 651 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)07-0035-03

西瓜(*Citrullus lanatus*)原产南非,在南非中部存在各种西瓜野生种的群落^[1]。野生西瓜在恶劣的自然环境条件下生存,经过长期严酷的自然选择,产生和保留了许多优良性状,如抗旱、抗寒、抗盐碱、抗病虫害等。在现代育种中,西瓜野生种质发挥越来越重要的作用^[2-4]。近年来,不少学者相继开展了野生西瓜种质资源的研究^[5-8]。饶贵珍等^[9]的研究发现,野生西瓜具有极强的生长势,抗枯萎病,但坐果率低、坐果少,显示出野生西瓜具有潜在的育种利用价值。

光合作用是作物产量形成的基础,生产上常采用各种措施,通过提高作物的光合能力来提高产量。对野生西瓜而言,其旺盛的生长势,暗示其具有较强的光合能力,但这并没有带来较高的果实产量。相反,野生西瓜的产量却很低。这一问题,可能与野生西瓜光合产物的合成、运输与分配有关,亦即可能与光合生理特性有关。鉴于此,开展了野生西瓜光合特性的研究,旨在探讨野生西瓜不同发育时期、不同叶龄的光合特性,进而为今后培育高光效的西瓜品种提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 1 份来自新疆的野生西瓜种质(*Citrullus lanatus* var. *citroides*)为试验材料,并以栽培西瓜“西域砧 1 号”为对照(CK)。

第一作者简介:肖波(1979-),男,湖北荆州人,博士,讲师,现主要从事园艺学等教学与科研工作。E-mail:xiaobo3000@126.com.

基金项目:长江大学博士启动基金资助项目。

收稿日期:2015-12-30

1.2 试验方法

于 2015 年 3 月下旬催芽,催芽后采用复合基质穴盘育苗,在幼苗有 2 片真叶时,定植到长江大学园艺园林学院蔬菜实习基地,行距 80 cm,株距 40 cm,定植时浇足定根水,定植后按常规方式进行栽培管理。试验设置野生西瓜处理与对照(CK),3 次重复,随机区组排列,共 6 个小区,各小区种植 30 株植株。

1.3 项目测定

分别在西瓜幼苗期、伸蔓期和结果期(果实膨大期),选择晴朗天气的 09:00—11:30,选取叶片完整且无病虫害的成熟叶片(生长点以下第 4 片完全展开叶),利用美国 LI-6400 便携式光合仪的 6400-2B 红蓝光源,设定光强为 $1\,200\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定叶片的净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度(G_s , $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(T_r , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)等光合指标。在西瓜结果期,分别测定幼龄叶片(生长点以下第 1 片完全展开叶)、中龄叶片(瓜蔓中部叶片)和老龄叶片(瓜蔓基部叶片)的相关光合指标,测定方法同上。

在西瓜结果期,测定成熟叶片的光响应曲线。选择晴朗天气的 09:00—11:30,采用 LI-6400 光合系统在自然温度下,测定野生西瓜和对照的光响应曲线(P_n -PFD),设定光强(PAR)依次为 2 000、1 800、1 500、1 200、1 000、800、600、400、300、200、150、100、50、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,利用回归法求得光饱和点和光补偿点^[10],该曲线的初始直线部分的斜率即为表观量子效率(AQY, mol/mol)^[11]。

以上的各项测定,均为每个小区选择 5 个生长势基本一致的植株,每个植株重复测定 3 个叶片,取平均值。

2 结果与分析

2.1 野生西瓜不同生育期的光合特性

由表 1 可知,无论是在幼苗期、伸蔓期,还是结果期,

野生西瓜的光合速率、气孔导度以及蒸腾速率均高于对照,特别是在幼苗期,野生西瓜的光合速率、气孔导度和蒸腾速率分别比对照高 $10.18 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $0.034 \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1.73 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这表明野

生西瓜比栽培西瓜在生长发育的各个时期均有更强的光合能力,尤其是在幼苗期更加明显。从幼苗期到结果期的发育过程来看,野生西瓜和栽培西瓜的光合速率均呈现上升的趋势,表明二者的光合能力随生长发育而逐步提高。

表 1 野生西瓜不同生育期的光合特性

Table 1 Photosynthetic characteristics comparison of wild watermelon at different growth stages

生育期	材料	光合速率 $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	气孔导度 $/(\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	蒸腾速率 $/(\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
幼苗期	野生西瓜	18.84 ± 3.94	0.068 ± 0.01	3.79 ± 0.95
	CK	8.66 ± 4.38	0.034 ± 0.02	2.06 ± 0.66
伸蔓期	野生西瓜	23.28 ± 1.82	0.072 ± 0.01	3.60 ± 0.60
	CK	17.91 ± 0.57	0.061 ± 0.01	3.36 ± 0.59
结果期	野生西瓜	24.97 ± 1.66	0.069 ± 0.02	3.41 ± 0.11
	CK	19.23 ± 1.73	0.055 ± 0.01	3.38 ± 0.34

注:表中数据为平均数±标准差。下同。

2.2 野生西瓜不同叶龄的光合特性

由表 2 可知,无论是野生西瓜,还是对照,均以生长旺盛的中龄叶片的光合速率最大,野生西瓜达到 $22.08 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,对照为 $16.29 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在相同的叶龄下,野生西瓜的光合速率均高于对照,野生西瓜的幼龄叶片、中龄叶片和老龄叶片的光合速率分

别比对照高 6.78 、 5.79 、 $4.70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。二者的差异以幼龄叶片为最大。进一步分析野生西瓜和对照的气孔导度及蒸腾速率的变化规律发现,二者均是中龄叶片的光合作用最旺盛,表明中龄叶片合成有机物的能力要强于幼龄叶片和老龄叶片。

表 2 野生西瓜不同叶龄叶片的光合特性

Table 2 Photosynthetic characteristics comparison of wild watermelon at different leaf ages

叶片叶龄	材料	光合速率 $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	气孔导度 $/(\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	蒸腾速率 $/(\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
幼龄叶片	野生西瓜	16.02 ± 0.12	0.064 ± 0.01	4.06 ± 0.02
	CK	9.24 ± 2.39	0.033 ± 0.02	1.78 ± 0.14
中龄叶片	野生西瓜	22.08 ± 0.01	0.067 ± 0.01	3.71 ± 0.06
	CK	16.29 ± 0.40	0.041 ± 0.01	2.42 ± 0.62
老龄叶片	野生西瓜	11.33 ± 0.06	0.048 ± 0.02	3.07 ± 0.01
	CK	6.63 ± 1.23	0.037 ± 0.03	2.65 ± 1.44

2.3 野生西瓜光合速率对光强的响应

由图 1 可以看出,将不同光强下的野生西瓜的光合速率进行拟合作图。对光强 $\leq 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的数据进行直线回归分析,得回归方程 $y=0.0499x-2.068$ 。当光强等于零时,野生西瓜的光合速率为 $-2.068 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,得出暗呼吸速率等于 $2.068 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;当光强等于 $41.35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,野生西瓜的净光合速率 P_n 等于零,故野生西瓜光补偿点为 $41.35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。直线的斜率为 0.0499 ,表明野生西瓜的表观量子效率为 0.0499mol/mol 。对光强大于 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的数据进行二次函数分析,得曲线方程 $y=-0.000009x^2+0.0292x+4.5926$,计算得出,当光强等于 $1633.89 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,野生西瓜的 P_n 最大,达到 $28.46 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,故野生西瓜的光饱和点为 $1633.89 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。同理,可得出对照的暗呼吸速率为 $0.936 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;光补偿点为

$22.76 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;表观量子效率为 0.0411mol/mol ;光饱和点为 $1472.86 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;最大净光合速率为 $20.26 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。将以上光合特征参数值列表。由表 3 可知,野生西瓜的光补偿点以及光饱和点、最大光合速率、表观量子效率均高于对照,表明野生西瓜具有更强的光合能力。

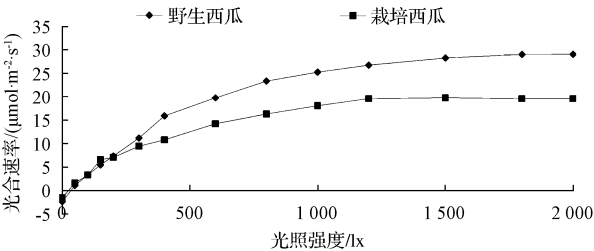


图 1 野生西瓜光响应曲线

Fig. 1 Response curve of P_n to photo flux density (PPFD) in leaves of wild watermelon

表 3 野生西瓜光补偿点、光饱和点及表观量子效率
Table 3 The light compensation point,light saturation point and apparent quantum yield of wild watermelon

材料	表观量子效率 /(mol·mol ⁻¹)	暗呼吸速率 /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	光补偿点 /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	光饱和点 /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	最大光合速率 /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
野生西瓜	0.049 9±0.01	2.068±0.24	41.35±3.23	1 633.89±31.08	28.46±0.40
CK	0.041 1±0.01	0.936±0.08	22.76±1.46	1 472.86±24.43	20.26±0.49

3 结论与讨论

光合作用是生物体将光能转化为化学能的过程,也是瓜类作物产量构成的重要因素,影响作物的产量和品质。近年来,西瓜光合特性受到许多学者的关注。徐坤等^[10]研究认为坐果节位邻近叶片的光合作用较强,衰老及幼嫩叶光合作用均低。贺洪军等^[12]对熟性不同的 3 个西瓜光合特性进行研究发现,西瓜不同品种、不同生育期以及不同叶位叶片的光合速率会有很大的差异。这些研究结果与该研究的结果基本一致。该研究也发现,野生西瓜的光合速率随生长发育的过程而逐步升高,在坐果期(果实膨大期)达到最大,栽培西瓜与之相似。

研究中发现,野生西瓜在光合速率、光饱和点、表观量子效率、暗呼吸速率等方面与栽培西瓜存在差异。从一定意义上讲,光合速率的高低决定了植物光合能力的强弱,最大净光合速率标志着植物的最大光合能力;光饱和点反映了植物对高光强的利用能力;光量子效率反映了植物对光能的利用情况,特别是在弱光强的条件下。这些指标越大,表明作物的光合能力越强。该试验中野生西瓜在生长发育各个时期的光合速率均大于栽培西瓜。在相同叶龄的情况下,同样是野生西瓜的光合速率大于栽培西瓜。在结果期,对野生西瓜的光响应曲线特征分析发现,野生西瓜的光饱和点、最大光合速率以及表观量子效率均大于栽培西瓜。综合分析认为,野生西瓜是一种高光效的西瓜种质。

但同时,研究中发现野生西瓜暗呼吸速率大于栽培西瓜,由于暗呼吸是分解光合产物的过程,故暗呼吸速

率大,则不利于光合产物的积累^[13]。这是否是导致野生西瓜光合能力强但果实产量低的主要原因,值得进一步深入研究。

参考文献

[1] 陶抵辉,肖兰异,郑素秋. 西瓜野生资源研究利用初探[J]. 湖南农学院学报,1992,18(2):261-269.
[2] 张建农. 三个野生西瓜种质资源利用价值评估[J]. 甘肃农业科技,1997(5):23-24.
[3] 孟文慧,张显. 不同砧木对西瓜植株生长及商品性状的影响[J]. 西北农业学报,2008,17(6):153-157.
[4] 王浩波,陈会中. 西瓜种质资源及种质创新研究进展[J]. 中国西瓜甜瓜,2003(3):35-38.
[5] 肖光辉,吴德喜,肖兰异,等. 瓠瓜和野生西瓜在西瓜抗病育种中的利用[J]. 北方园艺,1998(3):8-11.
[6] 覃斯华,黄金艳,洪日新,等. 野生西瓜抗枯萎病鉴定研究[J]. 长江蔬菜,2010(8):101-104.
[7] 张进生,杨建强,张显,等. 两瓜野生资源观察初报[J]. 中国西瓜甜瓜,2004(2):13-14.
[8] 赵胜杰,刘文革,阎志红,等. 西瓜种质资源遗传差异的 SRAP 和 EST-SSR 分析[J]. 华北农学报,2010,25(3):76-79.
[9] 饶贵珍,肖波,李莉. 江汉平原地区野生西瓜引种表现[J]. 湖北农业科学,2007,46(3):246-247.
[10] 徐坤,康立美,邢海荣. 嫁接无籽西瓜光合特性研究[J]. 西北农业学报,1999,8(2):73-76.
[11] 唐公平,徐国云,陈志,等. 茶陵普通野生稻光合特性研究[J]. 作物学报,2007,33(9):1558-1562.
[12] 贺洪军,肖爱军,郑世杰,等. 西瓜光合特性的研究[J]. 中国西瓜甜瓜,1994(1):18-20.
[13] 吕世奇,寇一翻,杨彬,等. 半干旱地区菊芋品系植株表型与光合特性分析[J]. 作物学报,2014,40(10):1857-1864.

Study on Photosynthetic Characteristics of Wild Watermelon

XIAO Bo,ZHANG Mingquan

(College of Gardening and Horticulture,Yangtze University,Jingzhou,Hubei 434025)

Abstract:Photosynthetic characteristics of wild watermelon from Xinjiang and cultivated watermelon ‘Xiyuzhen No. 1’ (CK) were investigated by using the LI-6400 portable photosynthesis system. The results showed that net photosynthetic rate (*P_n*),stomatal conductance (*G_s*) and transpiration rate (*T_r*) of wild watermelon were higher than those of the cultivated watermelon at different growth stages and at the same leaf age. At fruit stage,parameters derived from photosynthetic light response model indicated maximum photosynthesis rate (*P_n max*) and light saturation points (LSP) and apparent quantum yield (AQY) were higher than those of the cultivated watermelon. These results suggested that wild watermelon was a germplasm with high photosynthesis.

Keywords:wild watermelon;photosynthetic characteristics;cultivated watermelon