

齐付国,刘小飞,孙景生.不同供水水平对间作甜瓜叶片活性氧代谢及光合特性的影响[J].江苏农业科学,2015,43(9):199-201.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.064

不同供水水平对间作甜瓜叶片活性氧代谢及光合特性的影响

齐付国¹,刘小飞²,孙景生²

(1.河南科技大学农学院,河南洛阳 471003;2.中国农业科学院农田灌溉研究所/作物需水与调控重点开放实验室,河南新乡 453003)

摘要:以甜瓜和棉花为材料,研究不同供水水平和间作对甜瓜叶片活性氧代谢及光合特性的影响。结果表明:间作和提高供水量可以增加甜瓜叶片 SOD、POD、CAT 活性以及可溶性蛋白和可溶性糖含量,降低 $O_2^- \cdot$ 和 MDA 含量。甜瓜叶片叶绿素含量和光合速率等指标在膨瓜期随土壤水分含量的增加而增加,成熟期随供水水平的增加反而降低。

关键词:甜瓜;间作;活性氧代谢;光合作用;灌水量

中图分类号:S652.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0199-03

间作种植可以提高资源利用效率,与单作相比具有明显的产量优势,这已经得到广泛证实并被大面积推广应用,在未来农业的可持续发展中占有越来越重要的地位^[1-5]。但间作也是一种高耗水的种植模式,在目前水资源日益短缺的情况下,研究限量供水条件下的高效节水间套作种植技术变得非常重要。

植物叶片受到光照和水分等环境胁迫时会生成较多的活性氧自由基,这些活性氧自由基会造成脂质过氧化,脂质过氧化产物 MDA 积累过多就会破坏细胞膜的结构和功能,使植株受到伤害^[6]。为了防御这种损伤,植物在进化中形成了完整的酶系统来清除活性氧自由基:SOD 可以将超氧阴离子歧化为 $H_2O_2 \cdot$ 与 $O_2^- \cdot$, $H_2O_2 \cdot$ 在 POD、CAT 作用下被分解为 H_2O 和 $O_2^- \cdot$,从而有效阻止了膜脂过氧化,减少膜系统的伤害^[7]。间作模式下一作物遮阴造成的弱光环境对另一作物的生理功能有重要的影响,长期在弱光下生长的作物叶片结构和生理功能发生改变与弱光条件相适应,光合能力降低,防御光氧化的机制和清除活性氧的能力较低^[8-9]。

叶绿素荧光信号可以反映不同环境因子对植物生理功能的影响^[10-12],近年来被大量应用到受胁迫植物与环境关系的研究中。叶绿素含量、光合速率和叶绿素荧光参数常常被共同使用,作为评价植物光合能力的重要生理指标^[13-18]。

棉花和甜瓜间作复合种植是我国北方地区近年逐渐发展起来的一种高产、高效种植模式。甜瓜生育期短,生长快,收获早。棉花生育期较长,前期生长较慢,植株小,棉花进入现蕾旺盛生长发育时期时,甜瓜已成熟拔秧,两者之间影响较小,经济效益较常规平作有很大提高。以前的研究大都集中在栽培模式和技术方面,对于生理机制的研究较少,尤其是在

不同水分条件下甜瓜对间作的适应性响应未见报道。本研究以甜瓜和棉花为材料,在瓜棉间作和甜瓜单作模式下,比较不同供水水平对甜瓜叶片活性氧代谢及光合参数的差异,为间作高效节水栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤及作物

试验在中国农业科学院农田灌溉研究所进行。土壤类型为潮土,容重 1.35 g/cm^3 ,田间持水量 24%,地下水埋深大于 5 m。于 3 月底深耕翻地,播前沟施有机肥 $45 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,复合肥 $750 \text{ kg}/\text{hm}^2$,硫酸钾 $225 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 作为底肥。供试甜瓜品种为白沙蜜,棉花品种为杂交棉中棉所 60。

1.2 试验方法

间作设 3 个灌水水平(75%、65% 和 55%),以 75% 灌水水平的单作甜瓜为对照,共 4 个处理,即甜瓜棉花间作 + 75% (IH),甜瓜棉花间作 + 65% (IM),甜瓜棉花间作 + 55% (IL),甜瓜单作 + 75% (M)。

瓜棉间作采用 2-1 种植模式。棉花大小行种植,大行行距 110 cm,小行行距 40 cm,株距 35~40 cm,密度 3.6 万~3.9 万株/ hm^2 ;甜瓜种于棉花小行内,穴距 60 cm,密度 1.5 万穴/ hm^2 ,每穴留苗 2 株,瓜棉间距 20 cm。各处理采用随机区组排列,3 次重复。

1.3 测定方法

土壤含水量采用人工取土法与 TSC 型水分测定仪相结合的方法测定,每周测 1 次,灌水及下雨后加测。

光合与荧光参数用 Li-6400 光合作用分析系统定时定位测定,叶绿素含量用叶绿素仪测定。

在甜瓜膨瓜期和成熟期取功能叶用于内源保护酶(SOD、POD、CAT)活性以及可溶性蛋白、可溶性糖、丙二醛(MDA)和超氧阴离子($O_2^- \cdot$)含量的测定。

1.4 数据分析

数据采用 Microsoft Excel 软件进行整理,用 SPSS 15.0 软件进行方差分析。

收稿日期:2014-09-14

基金项目:国家现代农业棉花产业技术体系(编号:CARS-18-19);

农业部作物需水与调控重点开放实验室基金(编号:CWRR201005)。

作者简介:齐付国(1973—),男,河南鹤壁人,博士,主要从事作物生理生态方面的研究。Email:qfg200173@163.com。

2 结果与分析

2.1 间作和不同供水水平对甜瓜叶片抗氧化酶活性的影响

SOD、CAT、POD 等抗氧化酶构成了植物体清除活性氧主要的酶系统。从表 1 可以看出,膨瓜期各水分处理间作甜瓜叶片的 SOD 活性均弱于单作甜瓜,IH 和 IL 处理间差异不显著,IM 的 SOD 活性最弱。成熟期各间作的 SOD 活性都强于

表 1 不同处理对甜瓜叶片抗氧化酶活性的影响

处理	SOD 活性(U/g)		POD 活性(U/g)		CAT 活性(U/g)	
	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期
M	183.54±1.10a	134.00±10.32c	362.00±10.27b	671.00±16.38c	534.00±15.07c	1 340.00±50.00b
IH	176.04±1.78b	184.76±18.98ab	569.00±9.33.00a	1 388.00±43.31a	763.00±6.77a	1 813.00±59.25a
IM	166.88±1.30c	154.29±8.57bc	271.00±4.10c	1 208.00±72.03b	428.00±4.26d	1 660.00±73.71a
IL	174.17±1.99b	210.00±8.92a	154.00±20.02d	1 164.00±57.65b	628.00±7.37b	1 753.00±49.10a

注:同列数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著。表 2 同。

2.2 间作和不同供水水平对甜瓜叶片 O₂⁻·产生速率和 MDA 含量的影响

从表 2 可知,膨瓜期间作处理甜瓜叶片中 O₂⁻·的含量均高于单作甜瓜,并随供水水平的增加而降低。成熟期间作各处理的 O₂⁻·含量也随供水水平的增加而降低,其中 IH 和 IM 处理的 O₂⁻·含量低于单作处理,IL 处理则较单作处理高。膨瓜期各处理 MDA 含量较低,处理间差异不显著。成熟期 MDA 含量大幅增加,IL 处理显著高于 IH、IM 处理和单作处理,IH 和 IM 与单作处理间差异不显著。

表 2 不同处理对甜瓜叶片 O₂⁻·和 MDA 含量的影响

处理	O ₂ ⁻ ·(μg/g)		MDA(μmol/g)	
	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期
M	53.14±1.92c	103.76±8.0b	0.13±0.000 8a	34.62±0.71b
IH	64.62±0.84b	71.74±3.32c	0.13±0.001 3a	31.08±1.68b
IM	68.43±2.56ab	84.28±1.98c	0.13±0.001 0a	34.62±1.63b
IL	73.40±0.88a	121.13±4.26a	0.13±0.001 3a	40.22±2.34a

2.3 间作和不同供水水平对甜瓜叶片可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

膨瓜期甜瓜叶片中可溶性蛋白含量很低,IH 处理与其他处理间差异显著(表 3)。成熟期的可溶性蛋白含量明显大于膨瓜期,间作各水分处理的可溶蛋白含量比单作高,IM 处理的可溶性蛋白含量显著低于 IL 处理。各处理的可溶性糖含量在膨瓜期也较低,并随供水水平的增加而降低。成熟期甜瓜叶片中可溶性糖含量大幅增加,间作各处理的可溶性糖含量均显著高于单作处理。

表 3 不同处理对甜瓜叶片可溶性蛋白和糖含量的影响

处理	可溶性蛋白含量(μg/g)		可溶性糖含量(mg/g)	
	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期
M	0.93±0.003a	134.00±10.32c	4.41±0.11b	671.33±16.38c
IH	0.85±0.019b	184.76±18.98ab	3.56±0.19c	1 208.00±72.03b
IM	0.94±0.023a	154.29±8.57bc	4.61±0.10b	1 164.00±57.65b
IL	0.94±0.019a	210.00±8.92a	5.45±0.06a	1 388.00±43.31a

2.4 间作和不同供水水平对甜瓜叶片叶绿素含量的影响

膨瓜期间作各处理甜瓜叶片的叶绿素含量均显著大于单

单作处理,IH 和 IL 处理的 SOD 活性强于 IM。膨瓜期 IH 处理的 POD 活性最强,且强于单作,而 IM 和 IL 处理的 POD 活性均比单作弱。各处理成熟期的 POD 活性比膨瓜期大幅增强,间作处理的 POD 活性又显著强于单作处理,间作处理间 POD 活性随供水水平的增加而增强。膨瓜期 IH 和 IL 处理的 CAT 活性强于单作,IM 的 CAT 活性最弱。成熟期间作各处理的 CAT 活性也是远远强于膨瓜期,且均比单作强。

作,并随供水水平的增加而增加(表 4)。成熟期甜瓜叶片的叶绿素含量比膨瓜期低,间作各处理的叶绿素含量都比单作的低,随着供水水平的增加,间作甜瓜叶片的叶绿素含量降低。

表 4 不同处理对甜瓜叶片叶绿素含量的影响

处理	叶绿素含量(mg/g)	
	膨瓜期	成熟期
M	34.5±0.89c	23.3±0.76a
IH	51.0±0.50a	15.1±2.25b
IM	45.0±2.54b	15.9±1.71b
IL	44.6±1.99b	19.4±1.73ab

2.5 间作和不同供水水平对甜瓜叶片净光合速率及蒸腾速率的影响

从表 5 可知,膨瓜期间作各处理甜瓜叶片的光合速率随供水水平的增加而降低,除了 IL 处理的光合速率显著高于单作外,其他处理间差异不显著。成熟期甜瓜叶片的光合速率比膨瓜期低,间作各处理的光合速率都显著低于单作处理,并随供水水平的增加而降低。这可能和棉花后期生长较快有关,供水水平越高,棉花叶面积系数越大,则甜瓜叶片光合速率越低。膨瓜期 IL 处理的气孔导度最高,显著大于 IH 处理,其他处理间差异不显著。成熟期的气孔导度大于膨瓜期,但各处理间差异不显著。膨瓜期间作各处理的胞间 CO₂ 浓度低于单作处理,随着供水水平的增加,叶片胞间 CO₂ 浓度降低。成熟期间作各处理的胞间 CO₂ 浓度有大于单作处理的趋势,并随供水水平的增加而增大。蒸腾速率的变化趋势和气孔导度相似,膨瓜期 IL 处理的蒸腾速率最大,显著高于 IH 处理,其他处理间差异不显著。成熟期单作处理最高,其次是 IM 处理,各处理间差异不显著。

3 结论与讨论

以前的研究发现,间作条件下受遮阴影响,作物叶片的可溶性糖和可溶性蛋白含量下降趋,而 SOD 等抗氧化酶活性则会有不同程度的增强^[19]。受到水分胁迫时,植物叶片中活性氧和膜脂过氧化产物含量增加,细胞膜透性增大^[20],同时植物也会产生一系列生理反应来保护其不受损害。轻度水分胁迫下,植物叶片中 SOD、POD、CAT 等保护酶活性有所增强,增加

表 5 不同处理对甜瓜叶片净光合速率及蒸腾速率的影响

处理	光合速率[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]		气孔导度[$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]		胞间 CO_2 浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)		蒸腾速率[$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	
	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期	膨瓜期	成熟期
M	20.58 ± 1.88b	19.52 ± 0.21a	0.24 ± 0.04ab	0.32 ± 0.03a	187.66 ± 7.87a	247.36 ± 7.72b	5.59 ± 0.61ab	6.37 ± 0.52a
IH	19.23 ± 0.35b	13.04 ± 0.24c	0.18 ± 0.00b	0.32 ± 0.03a	159.96 ± 3.59b	291.98 ± 6.63a	4.92 ± 0.03b	5.34 ± 0.58a
IM	22.63 ± 0.87ab	13.82 ± 0.61c	0.23 ± 0.01ab	0.32 ± 0.07a	173.98 ± 1.44ab	279.48 ± 7.15a	5.79 ± 0.10ab	6.35 ± 0.91a
IL	24.89 ± 1.40a	16.14 ± 0.60b	0.30 ± 0.02a	0.30 ± 0.07a	185.72 ± 6.04a	240.34 ± 10.05b	6.69 ± 0.32a	5.86 ± 0.74a

抗旱性^[21-22]。在本研究中,间作甜瓜成熟期叶片的 SOD、POD、CAT 活性均高于单作,并随供水水平的减少而降低,说明间作造成的遮阴可以增强甜瓜叶片中抗氧化酶的活性。同时,甜瓜也受土壤水分含量的影响,随着土壤含水量的降低,叶片中的酶活性有所增强。间作还能增加甜瓜叶片中可溶性蛋白和可溶性糖含量,这与以前研究结果不同。而 $\text{O}_2 \cdot$ 和 MDA 含量随供水水平的增加而降低,说明甜瓜叶片膜结构的损伤受土壤水分含量的影响较大。

间作造成的遮阴可以使作物叶片叶绿素含量增加,净光合速率、气孔导度和蒸腾速率显著降低,但胞间 CO_2 浓度有所增加。作物通过提高表观量子利用效率,减少暗呼吸消耗,以利于在弱光环境下光合产物的积累^[23-24]。本试验中甜瓜叶片叶绿素含量在膨瓜期主要受供水水平的影响,随土壤水分含量的增加而增加。成熟期由于棉花叶面积指数的增加,棉花遮阴对甜瓜的影响大于土壤水分的影响,甜瓜叶片叶绿素含量随供水水平的增加而降低。间作甜瓜叶片成熟期的光合速率比膨瓜期明显降低,这可能与棉花后期生长较快有关,供水水平越高,棉花叶面积指数越大,则甜瓜叶片光合速率越低。

参考文献:

[1] Awal M A, Koshi H, Ikeda T. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2006, 139(1/2): 74-83.

[2] Li L, Sun J H, Zhang F S, et al. Whea/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interaction on nutrients[J]. Field Crops Research, 2001, 71: 123-137

[3] Reddy B V S, Reddy P S, Bridinger F. Crop management factors influencing yield and quality of cropresidues [J]. Field Crops Research, 2003, 84: 57-77

[4] 黄高宝. 集约栽培条件下间套作的光能利用理论发展及其应用[J]. 作物学报, 1999, 25(1): 16-24.

[5] 焦念元, 宁堂原, 赵 春, 等. 玉米花生间作复合体系光合特性的研究[J]. 作物学报, 2006, 32(6): 917-923.

[6] Parida A K, Das A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(3): 324-349.

[7] Kornyejev D, Logan B A, Payton P, et al. Enhanced photochemical light utilization and decreased chilling induced photoinhibition of photosystem II in cotton over expressing genes encoding chloroplast targeted antioxidant enzymes[J]. Physiologia Plantarum, 2001, 113:

323-331.

[8] 郭翠花, 高志强, 苗果园. 花后遮阴对小麦旗叶光合特性及籽粒产量和品质的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(4): 673-679.

[9] 张 昆, 万勇善, 刘凤珍. 苗期弱光对花生光合特性的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 65-71.

[10] 李 晓, 冯 伟, 曾晓春. 叶绿素荧光分析技术及应用进展[J]. 西北植物学报, 2006, 26(10): 2186-2196.

[11] 冯 蕾, 白志英, 路丙社, 等. 氯化钠胁迫对枳椇和皂荚生长、叶绿素荧光及活性氧代谢的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2503-2508.

[12] 柯世省, 金则新. 水分胁迫和温度对夏蜡梅叶片气体交换和叶绿素荧光特性的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 43-49.

[13] 蔡永萍, 李 玲, 李合生, 等. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 778-783.

[14] Filella I, Serrano L, Serra J. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysi[J]. Crop Sci, 1995, 35: 1400-1405.

[15] 刘栓桃, 董艳敏, 卢亚楠, 等. 低温弱光对两个西葫芦品种幼苗光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(2): 139-143.

[16] 彭晓邦, 王新军, 张硕新. 黄土区农林复合生态系统中大豆和绿豆的光合生理特性[J]. 西北植物学报, 2011, 31(2): 363-369.

[17] 张亚杰, 冯玉龙. 喜光榕树和耐阴榕树光适应机制的差异[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(3): 297-304.

[18] 李西文, 陈士林. 遮阴下高原濒危药用植物川贝母光合作用和叶绿素荧光特征[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 3438-3445.

[19] 刘 闯, 胡庭兴, 刘文婷, 等. 巨桉林草间作模式中牧草的耐阴生理适应性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 1911-1916.

[20] 曹 慧. 水分胁迫诱导苹果属植物叶片衰老机理的研究[M]. 北京: 中国农业大学, 2003.

[21] Ramachandra R A, Chaitanya K V, Vivekanandan M. Drought - induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants [J]. Journal of Plant Physiology, 2004, 161(11): 1189-1202.

[22] 付秋实, 李红岭, 崔 健, 等. 水分胁迫对辣椒光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1859-1866.

[23] 张吉旺, 董树亭, 王空军, 等. 大田遮阴对夏玉米光合特性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(2): 216-222.

[24] 李 植, 秦向阳, 王晓光, 等. 大豆/玉米间作对大豆叶片光合特性和叶绿素荧光动力学参数的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 808-811.