

吴杨焕,周进,王静静,等. 限根对设施无土栽培精品西瓜品质及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):113-115.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.028

限根对设施无土栽培精品西瓜品质及产量的影响

吴杨焕,周进,王静静,门雪杰,刘娜,陈芳

(新疆生产建设兵团第六师农业科学研究所,新疆五家渠 831301)

摘要:在坑式无土栽培条件下,设置限根(坑内两壁和底部铺膜)、半限根(坑内两壁和底部铺膜,每隔 10~15 cm 用直径 2.5 cm 的钢管将底部膜穿孔)、对照(坑内不铺膜)3 种方式栽种西瓜,于 2016 年 8 月 28 日西瓜膨大期采用英国 Hansatech 公司生产的 FMS-2 型脉冲调制式荧光仪测定植株顶部向下第 1 张完全展开功能叶片的叶绿素荧光参数,在 10 月 25 日西瓜采收期测定果实横纵径、单果质量、糖度、可滴定酸等果实性状。结果表明,限根栽培、半限根栽培都会使西瓜的最大纵横径、单果质量减小,不利于产量的形成,果实的边缘可溶性固形物含量有明显提高;半限根栽培的西瓜与限根栽培相比产量有明显提高,因其有较高的光合潜力,有利于形成较高的产量。

关键词:限根栽培;叶绿素荧光参数;生长发育;西瓜;坑式无土栽培;品质;产量

中图分类号: S651.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0113-03

西瓜(*Citrullus lanatus*)果实汁多味美、营养丰富,是世界上一种重要的经济园艺作物,而我国是世界上西瓜产量最大的国家。随着城市化进程加快,我国许多地区的环境条件恶化,土地资源受到破坏,再加上连年耕作而导致的土壤次生盐渍化和连作障碍问题,使得土地资源无法持续高效利用。无土栽培采取基质代替土壤,不仅可提高设施土地资源的重复利用率,在某种程度可克服土壤连作障碍问题,而且可提高西瓜产量,有效改善西瓜的品质^[1-3],已成为设施西甜瓜生产的主要栽培方法。

限根栽培是指利用一定的方法将植物根系控制在一定的空间或范围内,通过限制根系的分布和生长,减少根系生长冗余,提高经济系数的一种栽培方式^[4],主要栽培方式有垄式、箱筐式和坑式。垄式适合在冬季没有土壤结冻的温暖区域使用,在夏季会导致土壤温度和水分不稳定;箱筐式由于方便移动,适宜在设施栽培条件下使用;与垄式和箱筐式相比,坑式中根系区域的水分温度变化幅度相对较小,较适合在北方寒冷的地区应用^[5]。Imai 等研究葡萄、樱桃等果树限根栽培时发现,限根栽培的葡萄、樱桃等果树生长受到抑制,坐果率得到明显提高,果实品质有较大改善^[6-8]。本试验通过设施西瓜坑式无土限根栽培,研究不同限根栽培方式对西瓜产量、品质及叶绿素荧光参数的影响,为设施西瓜无土限根栽培在北方地区的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试西瓜品种为新优 62 号,属早熟品种,为新疆生产建

收稿日期:2017-02-15

基金项目:新疆生产建设兵团师域计划(编号:2015AF015);新疆生产建设兵团第六师科技攻关计划(编号:1509)。

作者简介:吴杨焕(1990—),男,湖北孝感人,硕士,助理研究员,从事农业信息化与精准农业研究。E-mail:52331015@qq.com。

通信作者:周进,高级农艺师,从事设施果蔬新品种选育与栽培技术研究。E-mail:571349271@qq.com。

设兵团第六师农业科学研究所育成,生育期 75 d,果实发育期 28 d,生长势中等,第 1 朵雌花出现在主蔓第 5~7 节,坐瓜节位一般在主蔓 8~10 节;果实圆形,果型指数为 1;果皮黑绿,平均皮厚 0.9 cm;肉色大红,质地细胞多汁,风味上乘,中心可溶性固形物含量 11.5%~13.5%;种子中等偏小,种皮黑麻色,千粒质量 38.2 g;平均单瓜质量 2.5 kg,平均单产 45 t/hm²;不裂瓜,耐贮运、耐低温和高湿,适宜露地和保护地栽培。

1.2 试验地概况

试验在新疆五家渠共青团农业科技园区温室内进行,温室坐北朝南。西瓜种植采用坑式无土栽培模式,无土栽培基质为草炭、蛭石、珍珠岩按体积比 2:1:1 的比例配制而成,其容重为 0.225 g/cm³,pH 值为 6.89,EC 值为 1.11 mS/cm。

1.3 试验设计

试验设 3 个处理,分别为限根(root restriction,简称 RR)、半限根(half root restriction,简称 HRR)、对照(CK),限根组处理方法为挖深 30 cm、宽 40 cm、长 6 m 的长形沟,底部和两壁铺上膜,用基质进行回填;半限根组处理方法为在限根铺膜后每隔 10~15 cm 用直径 2.5 cm 的钢管将底部膜穿孔;以不铺膜为对照。每个试验小区长 6 m、宽 80 m,西瓜种植株距为 35 cm、种植密度为 3.75 万株/hm²。每处理重复 3 次。根据西瓜生长发育特点,均留单蔓,选取第 2 朵雌花授粉留果。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 果实性状 于 2016 年 10 月 25 日西瓜果实采收期,随机选取 5 个果实,分别采用游标卡尺、凯 KF-H2 型电子秤测量果实横纵径、单果质量;采用日本爱拓公司产 PAL-1 型数显糖度计测定果心、果皮内侧(果肉边缘)可溶性固形物含量,重复 3 次;采用酸碱滴定法^[4]测定可滴定酸含量,重复 3 次。出汁率测定方法:用直径 10 mm 的打孔器分别从 3 个果实上各取 1 片厚约 3 mm 的果肉圆片,装进垫有吸水纸的离心管中,3 500 r/min 离心 10 min,以果肉圆片离心后的失重率作为出汁率。

1.4.2 叶绿素荧光参数 在 8 月 28 日西瓜膨大期,用英国

Hansatech 公司生产的 FMS-2 型脉冲调制式荧光仪测定植株顶部向下第 1 张完全展开功能叶片的叶绿素荧光参数,包括光测定初始荧光(F_o)、最大荧光(F_m)、稳态荧光(F_s)、光下最大荧光(F_m')、光下最小荧光(F_o'),计算可变荧光(F_v)、PS II 最大光化学效率、PS II 量子产额(Φ_{PSII})、光化学猝灭系数(q_P)、非光化学猝灭系数(q_N),公式分别为

$$F_v = F_m - F_o;$$
$$\text{PS II 最大光化学效率} = F_v / F_m;$$
$$\Phi_{PSII} = (F_m' - F_s) / F_m';$$
$$q_P = (F_m' - F_s) / (F_m' - F_o');$$
$$q_N = 1 - (F_m' - F_o') / (F_m - F_o).$$

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 软件整理试验数据及作图,采用 SPSS

表 1 限根对西瓜果实发育及产量的影响

处理	皮厚(mm)	最大纵径(mm)	最大横径(mm)	果形指数	平均单果质量(kg)	产量(t/hm ²)
RR	0.74 ± 0.09a	13.16 ± 0.46c	13.36 ± 0.56b	0.99 ± 0.01a	1.24 ± 0.13c	46.500 ± 0.662c
HRR	0.70 ± 0.10a	15.96 ± 0.84b	15.62 ± 0.71ab	1.02 ± 0.03a	2.03 ± 0.21b	76.125 ± 0.674b
CK	0.70 ± 0.08a	17.98 ± 0.61a	17.65 ± 0.93a	1.02 ± 0.03a	2.98 ± 0.32a	111.750 ± 0.643a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。表 2 同。

2.2 限根栽培对西瓜果实品质的影响

由表 2 可知,限根栽培对新优 62 号西瓜的果实品质产生明显的影响;限根栽培可显著提高果心和边缘可溶性固形物含量($P < 0.05$),分别达到 11.78%、9.42%,限根栽培、半限根栽培、对照处理的可溶性固形物含量相互间差异显著($P <$

表 2 限根栽培对西瓜果实品质的影响

处理	果心可溶性固形物含量(%)	边缘可溶性固形物含量(%)	可滴定酸含量(%)	出汁率(%)
RR	11.78 ± 0.33a	9.42 ± 0.27a	0.12 ± 0.01b	76.47 ± 2.29a
HRR	9.64 ± 0.72c	9.08 ± 0.39b	0.13 ± 0.01ab	72.23 ± 5.34b
CK	10.35 ± 0.58b	8.90 ± 0.15c	0.14 ± 0.00a	75.73 ± 6.02ab

2.3 限根栽培对西瓜叶绿素荧光参数的影响

2.3.1 初始荧光、最大荧光、最大光化学效率及量子产额
最大光化学效率的变化可直接判断植物是否受到光抑制,比值越小,则其发生的光抑制作用越大,而量子产额可以表明实际光化学效率^[8],其大小可直接反映 PS II 反应中心的开放程度。由图 1 可知,与对照相比,限根栽培、半限根栽培条件下的西瓜叶片初始荧光、最大荧光均有所降低,限根栽培的西瓜叶片最大光化学效率及量子产额明显大于对照,这说明与对照相比,限根栽培条件下的西瓜叶片 PS II 反应中心可能受到破坏,导致初始荧光与最大荧光降低、最大光化学效率与量子产额增加,在限制根系生长的条件下西瓜更容易受到环境胁迫;限根栽培、半限根、对照处理下的西瓜叶片最大光化学效率分别为 0.832 0、0.833 2、0.826 7,说明半限根栽培下西瓜叶片具有更高的光能利用率;西瓜叶片量子产额由高到低顺序为半限根栽培 > 限根栽培 > 对照,半限根栽培较高的量子产额有利于西瓜叶片光能转化效率的提高,可为暗反应中的光合碳化积累更多的能量,有利于促进碳同化的运转和有机物的积累。

2.3.2 光化学猝灭系数和非光化学猝灭系数
光化学猝灭系数可以反映电子传递的活性大小^[9],而非光化学猝灭系数可以反映植物耗散过剩光能发热的能力,热耗散可以防御光抑制的破坏,对光合机构起自我保护作用^[10]。由图 2 可知,

19.0 软件及最小显著性差异法(least significant difference, *LSD*)对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 限根栽培对西瓜果实发育及产量的影响

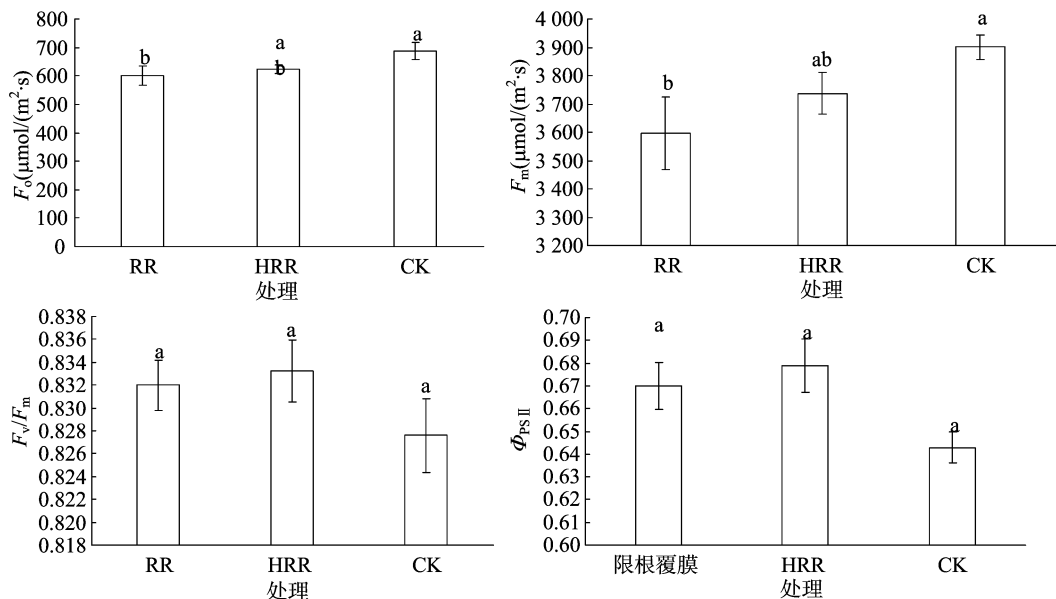
由表 1 可知,限根栽培的西瓜果实最大横径、最大纵径分别比 CK 显著减小 4.29、4.82 mm,平均单果质量、产量比 CK 显著减少 1.74 kg、65.250 t/hm²($P < 0.05$);半限根栽培的西瓜果实最大纵径、平均单果质量、产量分别为 15.96 mm、2.03 kg、76.125 t/hm²,显著高于限根栽培、低于 CK 不铺膜处理($P < 0.05$),半限根栽培的西瓜果实最大横径与限根、CK 处理相比差异不显著($P > 0.05$);限根、半限根、CK 处理的西瓜果实皮厚、果形指数相互间差异不显著($P > 0.05$)。

0.05);限根栽培处理的果实可滴定酸含量降低,与半限根栽培差异不显著,显著低于对照处理;限根栽培处理的西瓜果实出汁率提高,达到 76.47%,显著高于半限根栽培处理($P < 0.05$),而与对照处理之间差异不显著。

限根栽培、半限根栽培、对照处理下的光化学猝灭系数分别为 0.957 5、0.983 0、0.912 9,而非光化学猝灭系数分别为 0.540 6、0.548 7、0.554 0,各处理间的光化学猝灭系数和非光化学猝灭系数差异不显著($P < 0.05$),说明与对照相比,限根栽培能有效提高电子的传递活性,但同时更容易受到光抑制。

3 结论与讨论

植物在自然条件下生长,当光照不足时,较高的株高可有效提高其光合效率,而水分不足时,较大的根系能够在有限的环境内获取更多水分。盛承发等研究认为,植物产生过多的器官并不利于形成较高的经济产量^[11-12]。植物通过根系吸收营养、积累干物质,而积累量的大小可直接反映在果实品质上,充分发挥植物部分根系的作用,限制根系生长,可实现植物的高产优质。本试验结果表明,限根栽培会使西瓜的最大纵横径及单果质量减小,这与杨洪强等的研究结果^[13]不太一致,可能是由于根系限制程度过小,导致根系生长较为缓慢,或是由于限根区域覆盖塑料膜导致基质含水量一直保持在较高水平,造成西瓜贪青晚熟,不利于其生长发育;限根栽培可使西瓜果心、边缘的可溶性固形物含量和出汁率提高,这与舒海波等的研究结果^[14]基本一致;限根栽培在果实发育期限制了根系向下生长,增加了根系密度,控制地上部植株的生长,



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图 2 同
图1 限根栽培对西瓜初始荧光、最大荧光、最大光化学效率及量子产额的影响

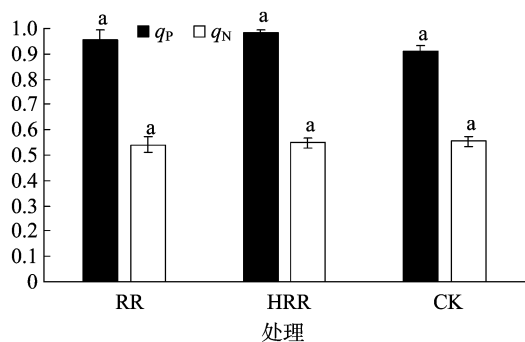


图2 限根栽培对西瓜猝灭系数和非光化学猝灭系数的影响

能较好地调节光合产物的分配,果实品质明显提高。因此,在限根栽培条件下要减少灌水量,以少量、高频次灌水为宜,而对限根区域大小对西瓜生长发育的影响须进一步研究。

光合作用是作物形成生物学产量和经济产量的基础,光合强度不但与叶片的生理状况有关,而且和根系的发育密切相关。本研究结果表明,与对照相比,限根栽培能有效提高电子的传递活性,也更容易受到光抑制,这与杨洪强等的研究结果^[13]基本一致。目前,虽有限根对植株光合无影响的报道^[15],但极度限根会使光合速率下降^[16]。本试验结果表明,限根栽培会减小西瓜最大纵横径及单果质量,不利于产量的形成,而与限根栽培相比,半限根栽培的西瓜产量有明显提高,因其具有较高的光合潜力,有利于形成较高的产量。

参考文献:

- [1] 万振煌,任有凤,徐华义,等. 西瓜不同基质栽培试验[J]. 长江蔬菜,2002(1):39-40.
- [2] 王喜庆,贾云鹤,尤海波. 日光节能温室有机基质栽培对风味4号甜瓜产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2009(12):110-111.
- [3] 姚玉敏,王秀峰,于喜艳,等. 不同栽培基质对甜瓜品质和养分含量的影响[J]. 山东农业科学,2009(2):45-47.

- [4] Erez A, Yablowitz Z, Nir G. Container - grown peach orchard[J]. Acta Horticulturae,1989(254):231-236.
- [5] 王世平,张才喜,罗菊花,等. 果树根域限制栽培研究进展[J]. 果树学报,2002,19(5):298-301.
- [6] Imai S, Okamoto G, Endo M. Effects of dense planting and root - system control on attaining greater early production and fruit stability of tetraploid grapes[J]. Bull Hiroshima Fruit Tree Experiment Station of Hiroshima Prefecture,1987,12:1-9.
- [7] Webster A D, Atkinson C J, Vaughan S J. Controlling the shoot growth and cropping of sweet cherry trees using root pruning or root restriction techniques[J]. Acta Horticulturae,1997,451:643-651.
- [8] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochimica et Biophysica Acta,1989,990(1):87-92.
- [9] 赵丽英,邓西平,山 仑. 不同水分处理下冬小麦旗叶叶绿素荧光参数的变化研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):63-66.
- [10] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报,1999,16(4):444-448.
- [11] 盛承发. 生长的冗余—作物对于虫害的超越补偿作用的一种解释[J]. 应用生态学报,1990,1(1):26-30.
- [12] 张大勇,姜新华. 对于作物生产的生态学思考[J]. 植物生态学报,2000,24(3):383-384.
- [13] 杨洪强,李林光,接玉玲. 园艺植物的根系限制及其应用[J]. 园艺学报,2001,28(增刊1):705-710.
- [14] 舒海波,贺超兴,王怀松,等. 园艺作物限根栽培技术研究进展[J]. 农业科技通讯,2009(4):85-88.
- [15] Kharkina T G, Rosenqvist E, Ottosen C O. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants[J]. Physiologia Plantarum,1999,105(3):434-441.
- [16] Will R E, Teskey R O. Effect of elevated carbon dioxide concentration and root restriction on net photosynthesis, water relations and foliar carbohydrate status of loblolly pine seedlings[J]. Tree Physiology,1997,17(10):655-661.