

加氧灌溉下温室甜瓜生长、品质和产量特征研究

谢恒星¹, 吕海波¹, 高志勇¹, 蔡焕杰²

(1.渭南师范学院, 陕西 渭南 714099; 2.西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了了解土壤加氧对温室覆膜甜瓜生长、品质和产量的影响,采用5个加氧频率处理,即不通气(T1)处理、2次/d(T2)处理、1次/d(T3)处理、1次/2 d(T4)处理和1次/3 d(T5)处理,分析了不同加氧频率对温室甜瓜根系生长、光合特性、果实品质、作物产量和水分利用效率的影响。结果表明,加氧灌溉处理的根系生长特征、叶片光合、果实品质、产量和水分利用效率均高于T1处理,T2处理与T3处理的主根长、可溶性总糖质量分数和单果质量差异不显著,T3处理与T5处理的根体积、根系活力以及果实中可溶性总糖、可溶性固形物的质量分数差异不显著,T4处理对提高作物的主根长、增加叶片光合速率、提高果实中可溶性总糖、Vc和有机酸的质量分数以及增进作物的产量和水分利用效率产生积极的影响。加氧频率为1次/2 d是温室覆膜甜瓜的最优加氧处理。

关键词: 加氧灌溉; 温室; 甜瓜; 品质; 产量

中图分类号:S572

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.12.004

谢恒星,吕海波,高志勇,等. 加氧灌溉下温室甜瓜生长、品质和产量特征研究[J]. 灌溉排水学报,2017,36(12): 20-24.

0 引言

膜下滴灌是将覆膜技术和滴灌技术结合起来的一种新型田间灌溉方式。实践证明,膜下滴灌优点包括省水、省肥、省农药且利用率高、省地、省人工和机力^[1]。膜下滴灌虽然提高了土壤温度,抑制了土壤水分蒸发,但封闭的边界条件也同时限制了膜下土壤与周边环境的气体交换,从而对根系呼吸和土壤微生物活性产生了一定的障碍^[2]。针对这个问题,研究者提出了加氧灌溉方法,即通过各种途径向封闭的土壤中补充空气,以弥补作物根系氧气的不足^[3]。加氧灌溉已在菠萝^[4]、萝卜^[5]等诸多作物中进行了实践,均收到了良好的效果。邱承剑^[6]曾对利于改善根区环境的水气平衡栽培法进行了相关的研究,结果表明,通气状况良好的水气平衡栽培法可以增加水稻的有效分蘖,显著提高产量。大田大豆、鹰嘴豆和南瓜的加氧灌溉试验表明,由于加氧处理缓解了氧气不足对根系的抑制,滴头不同埋深处理的作物产量均得到不同程度的增加^[7]。甜椒试验表明,加氧与不加氧处理的甜椒平均单果质量分别为103.7 g和99.4 g,与不加氧处理相比,产量可以提高4.326%,加氧处理增产效果显著^[8]。西北地区是我国甜瓜的重要产区^[9],探讨加氧灌溉在温室甜瓜生产中的应用对于农民致富增收和保障瓜果产量供应具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验在西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室的日光温室内进行。该试验站地理位置为34°20' N、108°24' E,海拔521 m,地下水埋深大于50 m。所处地理位置为半干旱偏湿润区,年均日照时间2 163.8 h,多年平均气温12.5℃,无霜期210 d,年均降水量和蒸发量分别为632 mm和1 500 mm。日光温室结构为房脊型,长、宽和高分别为36、10.3和4 m,温室内南、北墙分别装有大型风机和湿帘来调节室内的温、湿度。土壤类型为壤土,种植前测得土壤有机质、全氮、全磷、全钾质量分数分别为15.35、0.98、1.40和

收稿日期:2016-12-04

基金项目:陕西省教育厅2016年重点科学研究计划项目(16JS033);渭南师范学院校级项目(15ZRRC12)

作者简介:谢恒星(1981-),男,副教授,博士,主要从事区域水土高效利用研究。E-mail: xiehengxing@126.com

20.22 g/kg,田间持水率(质量)为23.5%。供试甜瓜品种为由杨凌千普农业开发有限公司提供的“一品天下208”,复合基质穴盘育苗,4月19日3叶1心时定植于温室试验地垄上,7月1日收获。单蔓整枝,第10节位子蔓留瓜,每株留1个,20节位打顶。

1.2 试验设计

试验采用单因素完全随机区组设计,5个通气频率水平,即不通气(T1)处理、2次/d(T2)处理、1次/d(T3)处理、1次/2 d(T4)处理和1次/3 d(T5)处理,3次重复,单行栽培,梯形做垄,上底 h_u 、下底 h_d 、高 h 和长 l 分别为30、60、20和350 cm,株距40 cm,垄间距100 cm。小区面积4.9 m²,为防止水分侧渗,小区之间用深70 cm的塑料膜间隔。在垄底并行铺设进气管和输水管,2种管道选用的管材均为 φ PE16,埋深为20 cm,在管道上按照株距(40 cm)的间隔打孔,孔的直径为6 mm,开孔位于植株的下方并左右对称,用2 mm厚的无纺布包裹,防止堵塞和保证出气均匀(图1)。

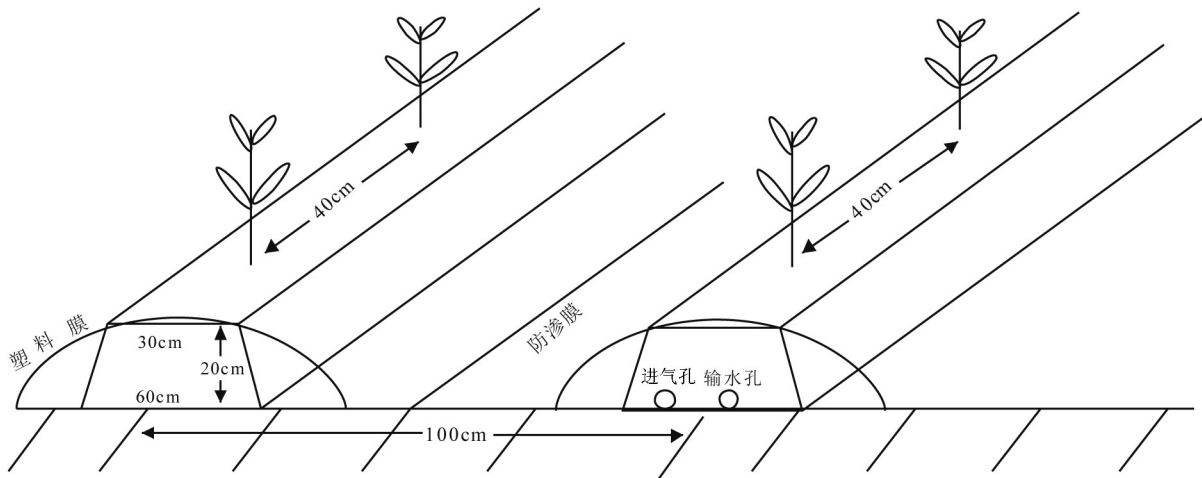


图1 加氧灌溉试验田间布置

利用空气压缩机向进气管内通气,通气时间设定为09:00(T2处理)和17:00(T2处理、T3处理、T4处理、T5处理)。土壤相对密度 ρ_s 为2.65,土壤体积质量 ρ_b 为1.40 g/cm³,利用式(1)计算加气量:

$$V = \frac{h_u + h_d}{2} h l \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \right), \quad (1)$$

可计算出每垄甜瓜每次加气量为148.942 L。加气时长根据压缩机的额定功率和出气量计算。以埋设在根区20 cm深处的张力计控制灌水下限,即当张力计读数小于-25 kPa时开始灌水,灌水频率设置为1次/2 d,以放置在温室内的20 cm蒸发皿阶段累计蒸发量控制灌水量。灌水量由式(2)确定:

$$M = K_p' \cdot E_{pan}, \quad (2)$$

式中: M 为灌水量(mm); K_p' 为作物-皿系数; E_{pan} 为2次灌水间隔内蒸发皿累计蒸发量(mm),取1.0^[10],即灌水量为阶段蒸发皿累计蒸发量。

1.3 项目观测与方法

根系生长特性在开花坐果期测定,其中主根长采用游标卡尺量取,从主根根尖到茎基部的长度即为主根长;根体积的测定采用排水法;根系活力的测定采用TTC法;叶片光合利用CIRAS-1便携式光合测定仪测定,在开花坐果期,选取5月22—24日3个连续晴天的光合平均数据,测定时间为08:00—18:00;可溶性固形物、可溶性总糖、可溶性蛋白质、Vc和有机酸等,分别利用阿贝折射仪法、蒽酮比色法、考马斯亮蓝G-205染色法、钼蓝比色法和NaOH中和滴定法观测;单果质量由精度为0.001 kg的电子秤称量。由单果质量和小区面积换算单位面积产量。所有测定项目的数值均采用随机选取的,同一处理条件下长势均一的5株甜瓜的平均值。利用DPS7.05数据处理系统进行数据的统计分析,方差分析采用邓肯氏新复极差法。

2 结果与分析

2.1 根系生长特性

不同加氧频率处理下开花坐果期根系生长特性如表1所示。由表1可知,与常规地下滴灌相比,加氧处理使温室甜瓜主根长显著增加。在加氧处理中,T4处理与T2处理的主根长差异显著,且T4处理的主根长

数值最大,达到28.3 cm,分别比常规地下滴灌 T1 处理和 T2 处理的主根长增加了 7.2%和 3.1%。T3、T5 和 T2 处理间主根长差异不显著。加氧处理为根系生长提供了良好的透气环境,促使根系向土壤更深处延伸,可以更好地吸收深层的水分和养分。

表 1 开花坐果期根系生长特性

处理	主根长/cm	根体积/mL	根鲜质量/g	根干质量/g	根系活力/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
T1	26.4cB	27.8cC	30.0cB	2.2cB	42.2cD
T2	27.4bA	34.9bcBC	35.2bcB	2.8bcB	42.3cCD
T3	27.9abA	41.7bB	40.1bAB	3.3bB	43.5bB
T4	28.3aA	54.0aA	48.8aA	4.3aA	44.9aA
T5	27.8abA	39.9bcB	37.8bAB	3.3bB	43.2bBC

注 同列不同大写字母表示差异达极显著水平($P<0.01$),不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$);下同。

根干质量、根鲜质量和根体积具有相似的变化规律,即加氧处理除 T2 处理外,其他加氧处理的根系特征均显著高于普通地下滴灌处理。T4 处理的根系特征显著高于 T2、T3、T5 处理,T2、T3、T5 处理之间根系特征差异不显著。从根系活力来看,除 T2 处理外,与普通地下滴灌相比,加氧处理会显著提升根系活力,且 T4 处理与其他加氧处理间存在显著差异,T3 处理与 T5 处理差异不显著,但二者与 T2 处理的差异达显著水平。与普通地下滴灌相比,T4、T3 和 T5 处理的根系活力分别提高了 6.5%、3.1%和 2.4%。

2.2 植株光合特性

在甜瓜开花坐果期,不同加氧频率处理的温室甜瓜光合特性如图 2 所示。由图 2 可知,各处理温室甜瓜光合速率日变化均表现为早晚低,中午高的趋势。1 d 内不同时刻的光合速率 T4 处理最大,T3 处理次之,T1 处理最小。同一时刻内的光合速率相比,不同通气频率处理早晨和中午的差别较大,下午的差别较小。说明根区的氧气状况影响到了叶片的功能,不通气处理的甜瓜植株根系不能及时得到充足的氧气,根系活性受到抑制(表 1),叶片光合所需要的重要原料—水得不到及时的补充,从而降低了光合作用效率。

2.3 品质特征

作物根区环境的改善有效地提升了根系的功能,可以促使根系更迅速地向植株地上部分提供水分及营养物质,而充足的水分和营养供应促进了作物枝叶的发育以及光合积累,从而对果实品质产生有益的影响。不同加氧频率处理条件下温室甜瓜果实品质特征如表 2 所示。

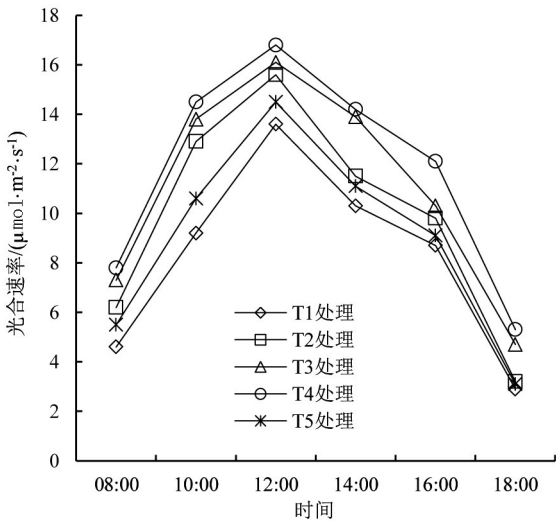


图 2 加氧灌溉温室甜瓜光合日变化

表 2 加氧处理下温室甜瓜品质特征

处理	可溶性固形物质量分数/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	可溶性总糖质量分数/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	可溶性蛋白质质量分数/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	Vc 质量分数/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机酸质量分数/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
T1	121.5cC	76.2cC	0.9bA	41.3cC	0.2dB
T2	146.5bB	85.8bB	1.0bA	48.9bB	0.2cAB
T3	156.0aAB	91.5abAB	1.1abA	49.8bAB	0.3bcAB
T4	165.0aA	96.1aA	1.2aA	59.0aA	0.4aA
T5	158.5aA	87.3bAB	1.2abA	57.9bAB	0.3abA

由表 2 可知,加氧处理不同程度地提高了温室甜瓜果实中可溶性固形物、可溶性总糖、可溶性蛋白、Vc 和有机酸的质量分数。与 T1 处理相比,加氧处理果实中可溶性固形物、可溶性总糖、Vc 和有机酸的质量分数显著提高。T1 处理和 T2 处理果实中可溶性蛋白的质量分数较为接近,二者之间的差异不显著,但均显著低于 T4 处理。相对于 T1 处理和 T2 处理,T4 处理的可溶性蛋白的质量分数分别增加了 40.5%和 27.1%。与 T2、T3 和 T5 处理相比,T4 处理的 Vc 质量分数分别显著增加了 20.8%、18.5%和 2.0%。相对于 T2 和 T3 处理,

T4处理的有机酸质量分数分别显著增加了55.0%和41.6%。T4处理有利于果实中可溶性总糖、Vc和有机酸的提高,因此T4处理即1次/2d的加氧频率有利于果实品质的提高。

2.4 产量和水分利用效率

温室甜瓜不同加氧频率处理条件下甜瓜的产量及水分利用效率如表3所示。

表3 加氧处理下温室甜瓜产量及水分利用效率

处理	单果质量/g	产量/(t·hm ²)	耗水量/mm	水分利用效率/(t·hm ² ·mm ⁻¹)
T1	769.2cC	22.0	179.6	0.12
T2	987.2bBC	28.2	181.4	0.16
T3	1 157.5abAB	33.1	187.3	0.18
T4	1 275.8aA	36.6	187.5	0.20
T5	1 178.0aAB	33.6	179.4	0.19

由表3可知,不同加氧频率处理的单果质量均显著高于普通地下滴灌处理,加氧灌溉对提高温室甜瓜单果质量效果显著。在灌水量相同的条件下,与T1处理相比,T2、T3、T4和T5处理的产量分别提高了28.2%、50.5%、66.4%和52.7%,其中T4处理的增产效果最显著。与T1处理相比,T2、T3、T4和T5处理的水分利用效率分别提高了27.4%、44.9%、60.0%和53.5%,T4处理的节水效果最佳,因此,1次/2 d的加氧频率有利于产量和水分利用效率的提高。

3 结论与讨论

根系生长不仅受到土壤水分的影响,还受到土壤的透气性及氧气物质的量浓度的制约。透气性良好和氧气物质的量浓度较多的土壤可以及时排除根系呼吸产生的二氧化碳,增强根系活性,促进根系对水分及营养物质的吸收。李天来等^[1]通过人工调节网纹甜瓜根际二氧化碳物质的量浓度来研究根际通气状况对根系生长和活力的影响,结果表明,根际二氧化碳物质的量浓度的增加对根系生长和根系活力产生明显的抑制作用。另外充足的氧气可以刺激土壤中的微生物,加速土壤有机质的分解,为植株生长提供必需的营养元素。植物根系是活跃的吸收器官和合成器官,根的生长情况和活力水平直接影响地上部的营养状况及产量水平。与常规地下滴灌相比,加氧处理温室甜瓜主根长显著增加,加氧处理为根系生长提供了良好的透气环境,促使根系向土壤更深处延伸,可以更好地吸收深层的水分和养分。根干质量、根鲜质量和根体积具有相似的变化规律,即加氧处理除T2处理外,其他加氧处理的根系特征显著高于普通地下滴灌处理。

加氧处理改善了根区环境,促进了根系呼吸和土壤微生物的活性,有利于根系更好的吸收水分和营养物质,从而为叶片提供更为充足的光合原料。孙周平等^[2]对马铃薯叶片光合指标的研究表明,良好的根际通气条件可以提高净光合速率、气孔导度和胞间CO₂物质质量浓度。试验结果表明,不同的加氧频率可不同程度地提高植株叶片的光合。

加氧处理使温室甜瓜果实中可溶性固形物、可溶性总糖、可溶性蛋白、Vc和有机酸的质量分数不同程度地提高。其中与常规地下滴灌相比,加氧处理的果实中可溶性固形物、可溶性总糖、Vc和有机酸的质量分数差异显著。

加氧灌溉对提高温室甜瓜单果质量效果显著。在灌水量相同的条件下,与T1处理相比,T2、T3、T4和T5处理的产量分别提高了28.2%、50.5%、66.4%和52.7%,其中T4处理的增产效果最显著。

参考文献:

[1] 顾烈烽, 荣航仪, 钟杰敏. 兵团大田棉花膜下滴灌技术的形成与发展[J]. 农垦科技新疆, 2002(5): 68-71.

[2] 谢恒星. 不同灌溉方式下温室甜瓜生长效应及植株液流研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.

[3] BHATTARAI S P, PENDERGAST L, MIDMORE D J. Root aeration improves yield and water use efficiency of tomato in heavy clay and saline soils [J]. Scientia Horticulturae, 2006, 108(3): 278-288.

[4] 陈新明, DHUNGEL J, BHATTARAI S, 等. 加氧灌溉对菠萝根区土壤呼吸和生理特性的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2010, 28(6): 543-547.

[5] 肖卫华, 姚帮松, 张文萍, 等. 加氧灌溉对烟草生长影响规律的研究[J]. 中国农村水利水电, 2014(2): 30-32.

[6] 邱承剑. 水气平衡栽培不同畦宽对免耕水稻经济性状及产量的影响[J]. 广西农学报, 2008, 23(5):7-10, 13.

[7] BHATTARAI S P, HUBER S, MIDMORE D J. Aerated subsurface irrigation water gives growth and yield benefits to zucchini, vegetable soybean and cotton in heavy clay soil[J]. Annals of Applied Biology, 2015,144 (3) :285-298.

- [8] GOORAHOO D, CARSTENSEN G, ZOLDOSKE D F, et al. Using air in sub-surface drip irrigation (SDI) to increase yields in bell peppers[J]. *International Water & Irrigation*, 2002, 22 (2): 39-42.
- [9] 刘君璞, 许勇, 孙小武, 等. 我国西瓜甜瓜产业“十一五”的展望及建议[J]. *中国瓜菜*, 2006(1): 1-3.
- [10] ZENG C, BIE Z, YUAN B. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse[J]. *Agricultural Water Management*, 2009, 96(4): 595-602.
- [11] 李天来, 陈亚东, 刘义玲, 等. 根际CO₂浓度对网纹甜瓜根系生长和活力的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(4): 210-215.
- [12] 孙周平, 李天来. 根际环境因子对马铃薯块茎生长发育影响的研究进展[J]. *沈阳农业大学学报*, 2001, 32(5): 386-389.

The Growth, Quality and Yield of Muskmelon under Oxygation in Greenhouse

XIE Hengxing¹, LYU Haibo¹, GAO Zhiyong¹, CAI Huanjie²

(1. Weinan Normal University, Weinan 714099, China; 2. Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: This paper studied the impact of aeration irrigation on growth, yield and quality of muskmelon grown in a greenhouse. Five oxygations were examined: irrigation without oxygen (T1), irrigating with oxygen twice per day (T2), irrigation with oxygen once per day (T3), irrigation with oxygen once per two days (T4), and irrigating with oxygen once per three days (T5). The results showed that compared with the control T1, oxygation promoted root growth, leaf photosynthesis, fruit quality and yield, as well as water use efficiency. There were no significant differences in the main root length, soluble sugar content and single fruit weight between T2 and T3. The root volume, the root activity, the mass fraction of total soluble sugar and solid content in fruit are comparable between T3 and T5. The T4 gave the best main root length, photosynthetic rate, soluble sugar content, Vc content, organic acid content, yield and water use efficiency, and is hence the best oxygation for the greenhouse muskmelon.

Key words: oxygation; greenhouse muskmelon; growth; quality; yields

责任编辑:陆红飞