

加氧滴灌对日光温室番茄生育末期各项生育指标和水分利用率的影响

葛彩莲^{1,2}, 蔡焕杰^{1*}, 王健¹

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 水利部新疆维吾尔自治区水利水电勘探设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 为探明不同灌溉水平与通气水平对番茄生育末期的形态指标、生理指标、产量、品质 and 水分利用效率的影响。以富山1号番茄为试材,在日光温室进行了灌溉试验,设8个灌水水平和通气水平。结果表明,不同灌溉水平与通气水平对番茄生育末期形态指标、生理指标、产量、品质 and 水分利用效率均有显著影响。T₂水平下,番茄的产量和水分利用效率均能达到较高的水平,分别为7.28 kg/m²和0.68 mmol/mol; T₈处理的番茄灌层干物质累积、糖度、糖酸比、硬度和可溶性蛋白水平较高,分别为83.47 g、4.13%、13.61、3.77、0.28 μg/g; T₄处理的茎粗最大,为0.98 cm; T₆处理的株高最大,为135.00 cm; 在T₇、T₆的灌溉水平和通气水平下,番茄的生理指标较高。在相同灌水水平下,加氧灌溉能显著提高番茄品质、生理指标和形态指标,但是对产量、水分利用效率以及茎粗的提高并不显著。

关键词: 加氧灌溉; 番茄; 产量; 品质; 水分利用效率; 生理指标; 形态指标

中图分类号: S274.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)06-0012-06

随着经济的发展和人民生活水平的提高,对果蔬的需求量越来越大,设施农业无疑是解决人们冬春蔬菜短缺的最好途径。众所周知,滴灌是最近几十年发展起来的节水灌溉技术,它是目前干旱缺水地区最有效的一种节水灌溉方式,水的利用率可达95%。适用于果树、蔬菜、经济作物以及温室大棚灌溉,在干旱缺水的地方也可用于大田作物灌溉。

近些年来,不同的灌溉方式以及不同方式、方法之间的组合也已在设施农业中被大量研究。陈璟丽等^[1]研究了保护地低压节点渗灌水肥处理对番茄灌水量、产量和品质的影响,研究表明,综合考虑节水、增产和品质等多种因素,以肥料纯N 75.0 kg/hm²、纯K₂O 75.0 kg/hm²处理,灌溉上限和灌溉下限土壤水吸力分别为15.8 kPa和30.0 kPa,番茄产量最高,品质较佳。李亮等^[2]研究了不同灌溉方法对日光温室番茄生长、品质和产量的影响,结果表明,不同灌溉方法对番茄的株高、茎粗均无明显影响,而对果实膨大速度影响显著。孔令堂等^[3]研究了不同灌溉方法对温室栽培番茄产量和品质的影响,研究表明,膜下滴灌较沟灌有节水、节肥效果,节水率达50%~60%,节省肥料30%左右。刘明池等^[4]研究了不同灌溉方式对番茄生长和产量的影响,试验表明,滴灌和渗灌灌溉方式的植株生长和产量都较漫灌方式有

较大的提高,可溶性固形物含量增加;采用滴灌和渗灌栽培的灌水量显著减少,极大地提高了水分生产率。翟亚明等^[5]研究了不同灌溉制度对温室番茄光合特性的影响,结果表明,滴灌可以使温室番茄的净光合速率峰值提前,提高水分利用效率;番茄的气孔导度与净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率显著相关;灌水量较低时,可以通过缩短灌水间隔来提高温室番茄的水分利用效率。张辉等^[6]研究了温室膜下滴灌灌水控制下限与番茄产量、水分利用效率的关系,研究表明,番茄的耗水量多少、产量的高低是番茄生育前期和后期灌水控制水平综合作用的结果;后期灌水控制下限的高低对于全生育期灌水量的影响要高于前期,而前期灌水控制下限对产量的影响比后期更加明显;水分利用效率随番茄产量增加呈抛物线型变化,当产量为 9.69×10^4 kg/hm²时,水分利用效率有最小值62.28 kg/m³。王燕等^[7]研究了根区局部控水无压地下灌溉对番茄生理特性及产量、品质的影响,研究表明,不同供水水平对番茄的生长发育及产量品质有显著的影响。胡笑涛等^[8]研究了番茄垂向分根区交替控制滴灌室内试验与节水机理,研究表明,垂向分根区交替控制滴灌可以在作物上下根区层形成干湿交替的区域,在适宜水分条件下能够大大降低耗水强度,使耗水过程趋于平缓,

收稿日期: 2011-04-22

基金项目: 国家自然科学基金(50779059); 国家自然科学基金重点项目(50939005); 西北农林科技大学留学人员科研项目(Z111020909)

作者简介: 葛彩莲(1985-),女,河北故城人,硕士研究生,主要从事农业水土工程方面的研究。E-mail: gecailian2007@163.com。

* 通讯作者: 蔡焕杰(1962-),男,教授,主要从事农业节水和水资源高效利用方面的研究。

有利于控制植株长势、壮大径秆直径,以及增加下层根系的比重与根冠比,番茄产量在无显著下降的情况下可实现节水 46.5%。节水灌溉对番茄各项生理生态指标及产量的影响已多有报道,而本实验的不同之处是研究加氧灌溉对番茄生育末期的形态指标、生理指标、产量、品质和水分利用效率的影响。

滴灌条件下,随着湿润锋的推移,滴头附近的作物根区在相当长的一段时间内接近饱和,如果土壤的排水条件较差,水分替代土壤中的空气,从而降低在土壤孔隙中氧气的迁移和吸收^[9]。根系需要氧气维持正常的生理机能,氧气欠缺限制作物产量的提高^[10]。灌溉农业中,地下滴灌为作物提高水分利用效率发挥巨大潜力。然而,与其他灌溉方式一样,地下滴灌易于使作物根区处于缺氧状态,从而抑制了根系功能和作物的生长发育^[11]。作物根区加氧为缓解根区缺氧提供了一条对策,从而改变了灌溉产业。

由西北农林科技大学蔡焕杰教授申请的“加氧灌溉对改善作物生产中水分和资源利用效率的研究”已被列入“2009 年度国家自然科学基金”正式启动项目。本文的研究内容是,在温室大棚膜下滴灌条件下,分析加氧灌溉与不加氧灌溉对番茄形态指标、生理指标、品质及产量的影响,以阐明其规律,为日光温室膜下滴灌加氧灌溉技术提供理论依据,指导设施农业中的生产实践。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2010 年 5 月至 2010 年 9 月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。温室结构为房脊型,长 36 m,宽 10.3 m,高 4 m。试验站位于北纬 34°20',东经 108°24',海拔高度为 521 m,所处地理位置属暖温带季风半湿润气候区,年均日照时数 2 163.8 h,无霜期 210 d。试验地土壤为瘠土,其中粒径 0.05~1.00 mm 的砂粒占质量比的 26%,粒径 0.05~0.005 mm 的粉砂颗粒占质量比的 33%,粒径 ≤0.005 mm 的粘粒占质量比的 41%,按照国际制土壤分类标准,试验地土壤为壤质粘土。1 m 土层内土壤平均容重为 1.39 g/cm³,田间最大持水量为 24%,种植前测得土壤养分状况如下:土壤有机质含量为 1.92 g/kg,全磷含量为 1.21 g/kg,全氮含量为 0.96 g/kg,全钾含量为 20.19 g/kg。

供试材料为富山一号,定植时间为 2010 年 5 月 16 日,拉秧时间为 2010 年 9 月 15 日。定植时统一

用沟灌灌水,定植后覆膜。

1.2 试验设计与布置

选择 6、7 片叶龄长势均一的苗移植,移栽时每垄灌水 2 000 ml 保苗水,并覆膜,土壤蒸发可以忽略不计。栽苗后继续灌水两遍,使土壤充分吸水。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 cm、60 cm、20 cm 和 350 cm,株距 40 cm,垄间距 100 cm,每行种植番茄 10 棵。每个处理均沿垄中央布设一条毛管,埋深 20 cm,毛管为 $\phi 16$ mm 的 PE 管,安置滴头 10 个,均位于植株旁。对于需要通气的处理,每棵植株均需另外打孔,孔径为 6 mm,孔口用无纺布包裹,确保通气且不堵塞。

采用滴灌方式,共设置 8 个处理(见表 1),每个处理 3 次重复。整个试验在番茄的全生育期设定 4 个灌水量 $0.60 E_p$, $0.75 E_p$, $1.0 E_p$ 和 $1.20 E_p$,以 2 d 为灌水周期,灌水量采用 $\phi 20$ cm 蒸发皿控制,以每隔一天早上 8:00 测定的累积蒸发量数值为灌溉标准。各处理灌水通气量见表 1。

各处理灌水量由下面公式计算:

$$I = A \times E_p \times K_p \quad (1)$$

式中, I 表示每次各处理相应的灌水量(ml); A 为盆表面积(cm²); E_p 表示累计两天 8:00, $\phi 20$ 蒸发量值(cm); K_p 为采用的蒸发皿系数值。

利用空气压缩机向进气管内通气,土壤比重 ρ_s 和容重 ρ_b 分别取其均值 2.65 和 1.397 g/cm³。加氧在灌溉后进行^[12,13],利用公式(2)可计算出每垄甜瓜每次加气量为 148.94 L。

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

1.3 测定项目及方法

本文项目测定均在番茄生育末期,即九月中旬左右。株高采用米尺从番茄基部开始量取;茎粗采用千分尺量取地面以上 20 mm 处茎秆直径;番茄生育期结束时,将取样的番茄植株从茎基部剪下,获得完整的冠部(番茄生长过程中采用单干整枝法管理,除正常打顶、打杈外不进行去叶处理),擦拭表面油污后立即称其鲜质量。将根系完整挖出并浸泡在水池中,到土柱变得松散时冲洗根系。将地上部分和根系分别放入信封内,在 105℃ 烘 30 min 杀青,并在 75℃ 下烘至恒质量,用 1/100 电子天平称取干质量;每个生育期均采用 LI-6400XT 光合—荧光测定系统测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s);果实成熟之后,分别用考马斯亮蓝 G-250 染色法、手持式折光仪、滴定法、硬度计测番茄果实的可溶性蛋白、可溶性总糖、有机酸和硬度;果实成熟

之后测定番茄产量,以单株计产,为减小灌水器间因土壤差异而产生的灌水不均匀性,各处理平均单株产量取本处理所有番茄植株的单株产量计算。本论

文各部分均是对番茄生育末期(九月中旬左右)进行研究。

表 1 各处理灌水系数及通气量

Table 1 Irrigation coefficient and ventilation of each treatment

处理 Treatment	不加氧 Without oxygen				加氧 With oxygen			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
灌水系数 K_p Irrigation coefficient K_p	0.6	0.75	1	1.2	0.6	0.75	1	1.2
通气量 Ventilation(L)	0	0	0	0	148.94	148.94	148.94	148.94

2 结果与分析

2.1 不同灌溉水平与通气水平对番茄形态指标的影响

表 2 和图 1 结果显示,在不同灌水水平和通气水平下,番茄的株高、茎粗和干物质差异显著。对于不加氧灌溉,株高和茎粗均在 T4 处理的情况下达到最大,干物质在 T2 处达到最大。对于加氧灌溉,株高和茎粗均是在 T6 处理到达最大,干物质在 T8 时最大。综合考虑,株高在 T6 处理达到最大,茎粗在 T4 处理达到最大,干物质在 T8 处理最大。结果表明,在 T8 的灌水水平和通气水平下,加氧灌溉可以显著增加番茄株高和灌层干物质累计量;在 T6 水平下,加氧灌溉可以显著增加番茄茎粗,但 T6 处理的茎粗始终没有 T4 处理高。

表 2 不同灌溉水平与通气水平对番茄形态指标的影响

Table 2 Effects of different irrigation levels and ventilation levels on morphological indexes of tomato

灌水系数 K_p Irrigation coefficient K_p	通气量 Ventilation (L)	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem diameter (cm)	灌层干物质 Irrigation layer dry matter(g)
0.60	0.00	59.94 _a	0.884 _b	67.01 _d
0.75	0.00	60.50 _b	0.888 _c	72.00 _a
1.00	0.00	51.80 _c	0.889 _a	67.88 _b
1.20	0.00	57.42 _d	0.977 _d	59.07 _c
0.60	148.94	54.63 _b	0.891 _d	59.01 _a
0.75	148.94	56.67 _d	0.969 _a	70.65 _c
1.00	148.94	51.47 _a	0.921 _c	69.14 _d
1.20	148.94	60.79 _c	0.899 _b	83.47 _b

注: a, b, c, d 分别表示 $P=0.05$ 水平下的显著性差异。

Note: a, b, c and d show significant difference in DSL ($P=0.05$).

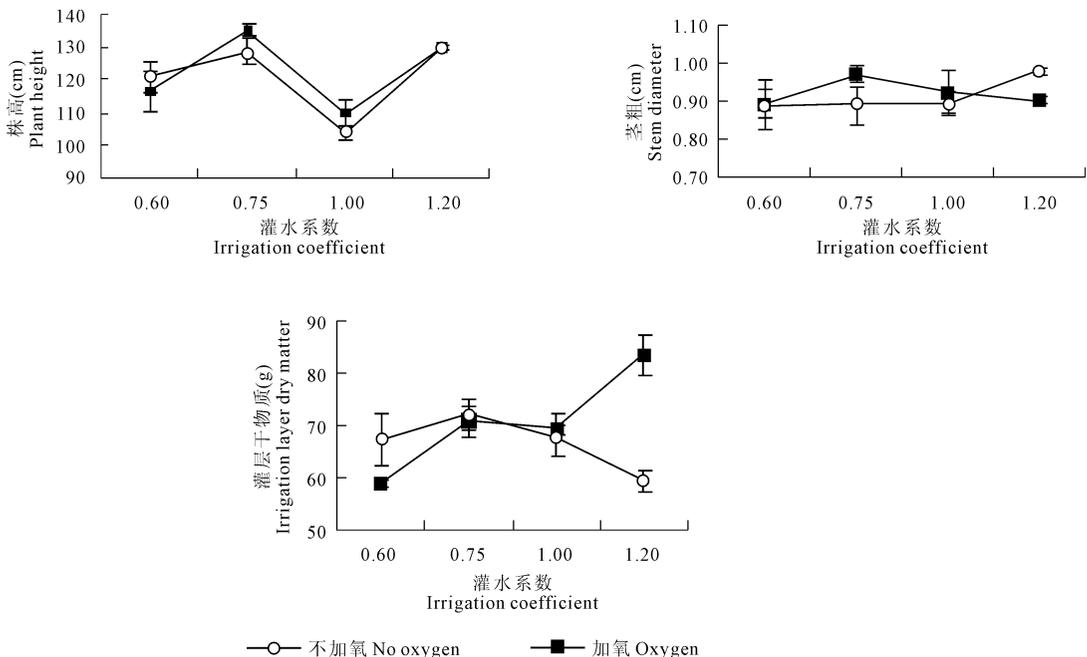


图 1 不同灌溉水平与通气水平对番茄形态指标的影响

Fig. 1 Effects of different irrigation levels and ventilation levels on morphological indexes of tomato

2.2 不同灌溉水平与通气水平对番茄生理指标的影响

水是植物光合作用的原料,水分的多少影响着光合速率的变化,水分亏缺会使光合速率下降,水分过多又会使根系通气不良,从而影响植株正常的生长发育,间接地影响了植株的光合作用,同时也影响了蒸腾速率、气孔导度和作物的水分利用效率。分析不同灌溉水平与通气水平对番茄生理指标的影响(图2),可看出番茄叶片光合速率、蒸腾速率、气孔导度和单叶水分利用效率均呈单峰曲线型。对于净光合速率,峰值出现在中午12:00时,各处理间大小关系为 $T7 > T6 > T4 > T3 > T5 > T2 > T8 > T1$;自早上8:00开始,随着光照的增强,气孔受到光的刺激后

慢慢张开,并逐渐增大,到下午14:00时达到最大值,植株的蒸腾随着气孔的张开和光照的增强而增加。此后,为维持体内的水分平衡,迫使气孔导度慢慢减小,蒸腾速率也逐渐减小,形成单峰曲线。蒸腾速率各处理间大小关系为 $T7 > T6 > T3 > T5 > T4 > T2 > T1 > T8$;气孔导度关系 $T7 > T6 > T5 > T3 > T4 > T8 > T1 > T2$;植物叶片瞬时水分利用效率作为植物生理活动过程中消耗水分形成有机质的基本效率,它除受物种基因外,还受制于叶片截获的光能、光合酶的活性和再生能力等。单叶水分利用率峰值出现在上午10:00时,关系为 $T8 > T4 > T7 > T2 > T6 > T1 > T5 > T3$ 。

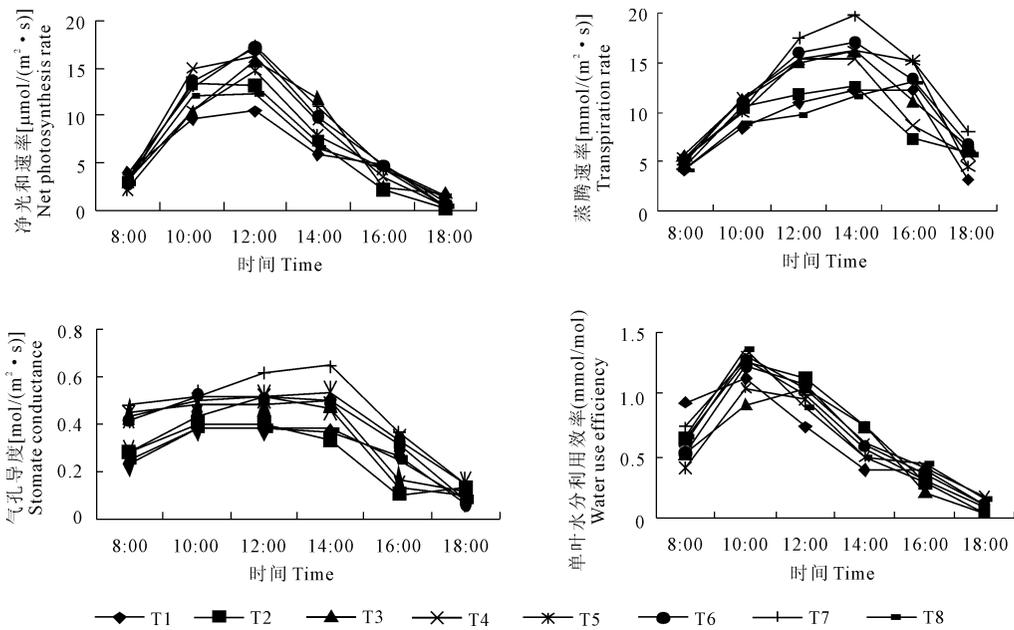


图2 不同灌溉水平与通气水平对番茄生理指标的影响

Fig. 2 Effects of different irrigation levels and ventilation levels on photosynthetic indexes of tomato

温室番茄各光合指标与气孔导度的相关系数见表3,从表3可以看出,对于各个处理,净光合速率、蒸腾速率、单叶水分利用效率分别与气孔导度呈正相关显著关系。也就是说,净光合速率、蒸腾速率与单叶水分利用效率会随着气孔导度的增加而增加。

综上所述,在加氧灌溉的T7、T6处理下,番茄的生理指标能达到较高的水平,且净光合速率、蒸腾速率、单叶水分利用效率均与气孔导度呈正相关显著关系。

2.3 不同灌溉水平与通气水平对番茄产量及水分利用效率的影响

一般说来,作物产量受到光、温、水、肥等多种因素的影响,而水分是作物获得优质、高产不可或缺

重要媒介。从图3可以看出,不同灌溉水平与通气水平下番茄产量及水分利用效率间存在显著差异。对于不加氧灌溉,番茄产量是T2最高,T1与T3次之,T4最小;对于加氧灌溉,番茄产量T6最高,T5和T8次之,T7最小。综合来看,加氧灌溉并没有显著提高番茄产量,番茄产量最高是在T2处理,但是无论是加氧灌溉还是不加氧,番茄产量均是在T2/T6(灌水系数为0.75)的灌水水平下达到最高。在T1/T5、T2/T6、T3/T7的灌溉水平下,水分利用效率均是不加氧灌溉的较高,T4/T8灌水水平下,是加氧灌溉较高。无论是加氧还是不加氧,水分利用效率均随着灌水量的增加而减小,其趋势一致,均在T1/T5(灌水系数为0.60)时达到最高。

表 3 温室番茄各光合指标与气孔导度的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between photosynthetic parameters and stomatal conductance of greenhouse tomato

灌水系数 Irrigation coefficient	通气量 Ventilation (L)	净光合速率 Net photosynthesis rate [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 Transpiration rate [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	单叶水分利用效率 Water use efficiency (mmol/mol)
0.60	0.00	0.90*	0.87*	0.90*
0.75	0.00	0.92**	0.85*	0.96**
1.00	0.00	0.83*	0.82*	0.91*
1.20	0.00	0.90*	0.82*	0.82*
0.60	148.94	0.82*	0.86*	0.84*
0.75	148.94	0.82*	0.89*	0.88*
1.00	148.94	0.83*	0.84*	0.84*
1.20	148.94	0.89*	0.88*	0.82*

注：“*”表示 $P=0.05$ 水平上的相关性；“**”表示 $P=0.01$ 水平上的相关性。

Note: The * and ** mean correlation at the levels of 0.05 and 0.01, respectively.

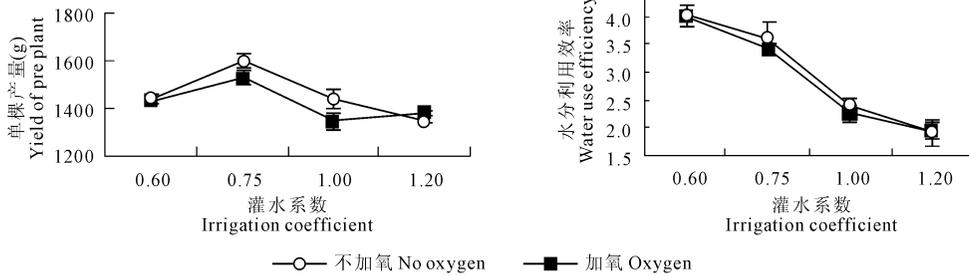


图 3 不同灌溉水平与通气水平对番茄产量及水分利用效率的影响

Fig. 3 Effects of different irrigation levels and ventilation levels on yield and water use efficiency of tomato

总体来看,加氧灌溉的 T8 处理,在糖度、糖酸比、硬度和可溶性蛋白方面都达到较高的水平,可见 T8 处理能够较好地协调糖酸之间的比例,使番茄能更加美味可口,品质更好。

3 讨论与结论

1) 水分是植物生长发育和产量形成的重要因子之一。水分对作物株高的生长存在正效应,供水充足,作物吸收利用好,株高便会增大,而茎粗则不然,水分过多会造成“徒长”现象^[7]。本试验研究表明,不同的灌溉水平与通气水平对番茄形态指标影响显著。在 T8 的灌水水平和通气水平下,加氧灌溉可以显著增加番茄灌层干物质累积量;在 T6 处理下,加氧灌溉可以显著增加番茄株高和茎粗。

2) 土壤水分通过影响叶片气孔变化、保卫细胞的运动和叶肉细胞的一系列生化行为,来调节气孔

由不同灌溉水平与通气水平对番茄产量及水分利用效率的影响可以看出,在 T2 的灌水水平及通气水平下,番茄的产量和水分利用效率均能达到较高的水平,是一个理想的灌溉通气水平。

2.4 不同灌溉水平与通气水平对番茄品质的影响

节水、高产、优质是农田灌溉所追求的主要目标,因而果蔬的品质是灌溉中不能忽视的问题。由于土壤水分状况对番茄植株的物质代谢和光合产物在源与库之间的运输与储存有很大的影响,所以土壤含水量及分布状况与作物品质有着密切的联系。图 4 表明,不同灌溉水平与通气水平对番茄品质有显著的影响。对于不加氧灌溉,糖度 $T1 > T4 > T2 > T3$,酸度为 $T3 > T4 > T1 > T2$,糖酸比 $T2 > T1 > T4 > T3$,可溶性蛋白 $T1 > T2 > T4 > T3$,硬度 $T2 > T4 > T1 > T3$;对于加氧灌溉,糖度 $T8 > T7 > T5 > T6$,酸度相反 $T6 > T7 > T5 > T8$,糖酸比 $T8 > T5 > T7 > T6$,可溶性蛋白 $T8 > T5 > T6 > T7$,硬度 $T8 > T5 > T7 > T6$ 。

开张度。由于气孔是植物体内外气体交换和水分交换的重要通道,气孔的开闭自然会影响到蒸腾作用和光合作用。Thomas^[14]研究认为土壤干旱均导致光合速率和蒸腾速率的下降,当作物经受水分胁迫时,在根系处将会不断地产生 ABA 并通过木质部汁液传输到叶片^[8],以调节气孔开度,由于蒸腾速率下降大于光合速率,从而提高单叶水平的 WUE。研究表明,各处理的光合速率、蒸腾速率、气孔导度及单叶水分利用效率日变化呈相似趋势,净光合速率、蒸腾速率、单叶水分利用效率均与气孔导度呈正相关显著关系,这与翟亚明^[5]番茄的气孔导度与净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率显著相关的结论一致。在 T7、T6 的灌溉水平和通气水平下,番茄的光合速率、蒸腾速率、气孔导度均能达到较高水平,表明在相同的灌溉量的情况下,加氧灌溉能显著提高番茄的光合速率、蒸腾速率、气孔导度等生理指标。

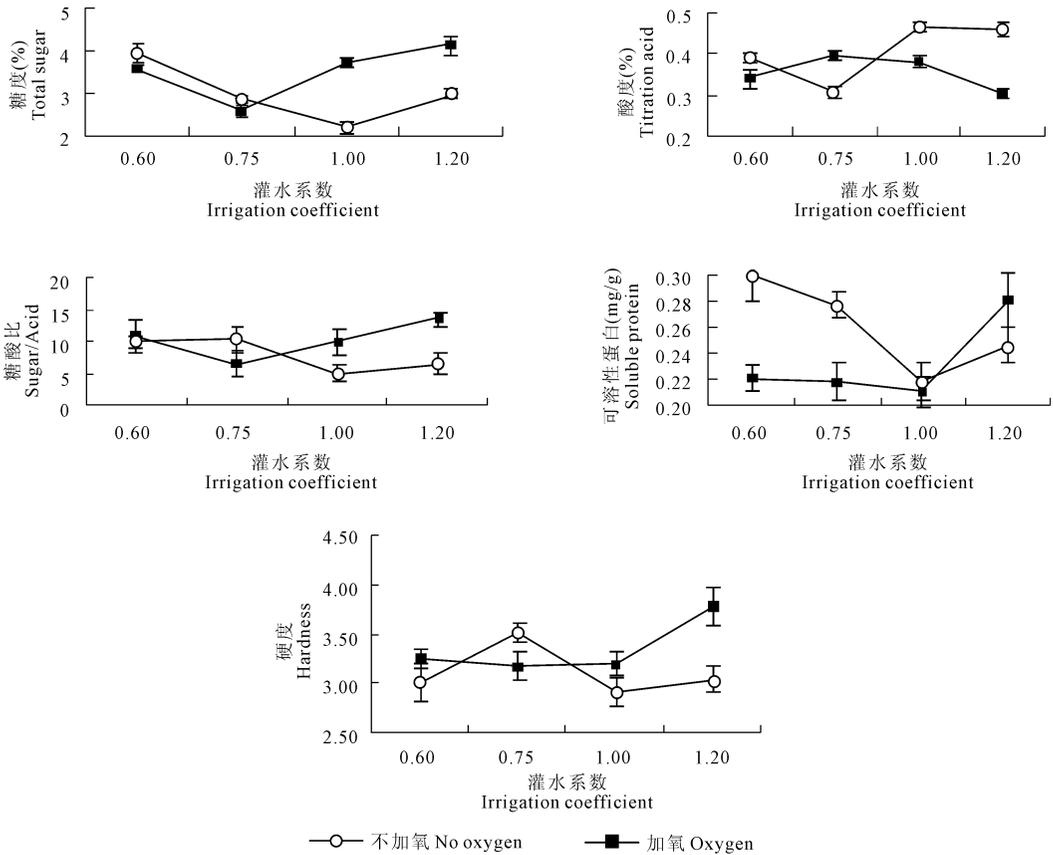


图 4 不同灌溉水平与通气水平对番茄品质的影响

Fig. 4 Effects of different irrigation levels and ventilation levels on quality of tomato

3) 气孔是气体进出叶肉细胞的通道, 其开度的变化必然会引起气体通过气孔的速率, 从而带来光合作用、蒸腾作用等直接与气体有关的生理反应的变化, 进而影响作物的产量与品质。研究表明, 随着灌水量的增加, 番茄产量呈现先升高后降低的趋势, 这与齐广平^[15, 16]、孔德杰^[17]研究认为适度水分亏缺有利于番茄产量的提高结论一致。T2 水平下, 番茄的产量和水分利用效率均能达到较高的水平。T8 水平下, 番茄的糖度、糖酸比、硬度和可溶性蛋白都达到较高的水平, 表明加氧灌溉能够在不降低番茄营养价值的条件下能较好地协调糖酸之间的比例, 使番茄能更加美味可口, 起到了以水调质的功效。

参考文献:

[1] 陈璟丽, 张玉龙, 王铁良, 等. 保护地低压节点渗灌水肥处理对番茄灌水量、产量和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 49-53.
 [2] 李亮, 张玉龙, 马玲玲, 等. 不同灌溉方法对日光温室番茄生长、品质和产量的影响[J]. 北方园艺, 2007, (2): 75-78.
 [3] 孔令堂, 黄素兰, 黄福志, 等. 不同灌溉方法对温室栽培番茄产量和品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 2009, (2): 67-68.
 [4] 刘明池, 刘向莉. 不同灌溉方式对番茄生长和产量的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(1): 93-95.
 [5] 翟亚明, 邵孝侯, 徐徐, 等. 不同灌溉制度对温室番茄光特

性的影响[J]. 节水灌溉, 2009, (11): 46-49.
 [6] 张辉, 张玉龙, 虞娜, 等. 温室膜下滴灌灌水下限与番茄产量、水分利用效率的关系[J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 425-432.
 [7] 王燕, 蔡焕杰, 陈新明, 等. 根区局部控水无压地下灌溉对番茄生理特性及产量、品质的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2): 322-329.
 [8] 胡笑涛, 康绍忠, 张建华, 等. 番茄垂向分根区交替控制滴灌室内试验与节水机理[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 1-5.
 [9] Meek B D, Ehlig C F, Stolzy L H, et al. Furrow and strickle irrigation: effects on soil oxygen and ethylene and tomato yield[J]. Soil Science Society of America Journal, 1983, 47: 631-635.
 [10] Poysa V W, Tan C S, Stone J A. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes[J]. Horticultural Science, 1987, 22: 24-26.
 [11] Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B, et al. Subsurface drip irrigation of row crop: a review of 15 years of research at water management research laboratory [J]. Agricultural Water Management, 1999, 42: 1-27.
 [12] 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, 2004, 144: 285-298.
 [13] Vyras P, Makrantonaki M S. Soil aeration through subsurface drip irrigation [C]//Proceedings of the 9th international conference on environmental science and technology Rhodes island, Greece, 2005: 1-3.

(下转第 24 页)

Effects of rhizosphere ventilation on the growth and water use efficiency of tomato

JIA Zong-xia¹, NIU Wen-quan^{1,2*}, ZHANG Xuan¹, FAN Wen-tao¹

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences & Ministry Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Aimed to explore proper moisture environment for the crop, under three kinds of soil moisture, five treatments of soil aeration (1.6, 1.2, 0.8, 0.4 and 0 tube ventilation quantity of 50% porosity of soil) were installed and the physiological indices of tomato and water use efficiency were studied. The results showed that the adequate combination of soil moisture and soil ventilation quantity could increase the plant growth, root vitality and water use efficiency markedly. Under 70%~80% field capacity and 0.8 tube soil ventilation quantity, the growth rate, stem diameter, LAI and chlorophyll content were 14.34%, 22.39%, 23.95% and 29.98% higher than the control respectively and the root vitality reached the highest value of 13.440 mg/(g·h), being 61.55% higher than that [8.319 mg/(g·h)] of the control. In this condition, the water use efficiency of tomato was 16.97% higher than the control.

Keywords: rhizosphere aeration; potted tomato; plant growth; root growth; water use efficiency

(上接第 17 页)

[14] Thomas H. Water use characteristics of *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L. and *L. multiflorum* Lam. plants [J]. *Annals of Botany*, 1986, 57: 211-223.

[15] 齐广平, 李辛村, 张恩和. 膜下滴灌不同灌水量对番茄冠层生长和产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(6): 92-94.

[16] 齐广平, 张恩和. 膜下滴灌条件下不同灌水量对番茄根系分布和产量的影响[J]. 中国沙漠, 2009, 29(3): 463-467.

[17] 孔德杰, 郑国宝, 张源沛, 等. 不同灌水量对设施番茄产量和耗水规律的影响[J]. 长江蔬菜, 2010, (24): 45-48.

Effects of different irrigation levels and ventilation levels on indexes of tomato's last growth period

GE Cai-lian^{1,2}, CAI Huan-jie^{1*}, WANG Jian¹

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Exploration and Design Institute for Water Resources and Hydropower of Xinjiang Uygur Autonomous Region of Ministry of Water Resources, Xinjiang, Wulumuqi 830000, China)

Abstract: In order to study the effects of different irrigation levels and ventilation levels on some indexes of tomato, including morphological indexes, photosynthetic indexes, yield, quality and water use efficiency, with Fushan No. 1 as material, we did an eight-level irrigation and ventilation experiment in greenhouse. The conclusion is that there is significant effect of different irrigation levels and ventilation levels on some indexes of tomato, including morphological indexes, photosynthetic indexes, yield, quality and water use efficiency. Under T² level, the yield and water use efficiency of tomato can reach a high level, being 7.28 kg/m² and 0.68 mmol/mol respectively. Under T⁸, the sugar, sugar/acid, hardness and soluble protein are high, being 83.47 g, 4.13%, 13.61, 3.77 and 0.28 μg/g respectively. The stem diameter is the maximum in T⁴, reaching 0.98 cm. The plant height is the maximum in T⁶, reaching 135.00 cm. Under the levels of T⁷ and T⁶, physiological indicators of tomato is high. T⁸ treatment can significantly increase the plant height and dry matter accumulation in shrub layer. At the same level of irrigation, oxygenated irrigation can significantly improve the quality, physiological and morphological indicators of tomato, but there is no significant effect on yield, water use efficiency and stem diameter.

Keywords: oxygenated irrigation; tomato; yield; quality; water use efficiency; photosynthetic indexes; morphological indexes