

水肥耦合对基质栽培番茄产量和水分利用效率的影响

吴科生^{1, 2}, 车宗贤^{1, 2*}, 卢秉林^{1, 2}, 张久东^{1, 2}, 杨蕊菊^{1, 2}, 崔恒^{1, 2}

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 农业农村部甘肃耕地保育与农业环境科学观测实验站, 甘肃 武威 733017)

摘 要: 探明玉米秸秆和牛粪为主要原料的有机型基质栽培番茄最佳灌水量和施肥量, 为番茄有机型基质栽培的灌溉和施肥制度提供科学依据。将腐熟玉米秸秆、腐熟牛粪与河沙、蛭石、珍珠岩、凹凸棒等物料按一定比例复配成栽培基质, 研究不同水肥条件对日光温室基质栽培番茄生长、产量、水肥利用效率的影响, 并分析不同水肥条件下番茄生产成本和经济效益。研究表明: 不同灌溉量和施肥量对有机型基质栽培的番茄生长发育和产量影响较大。在相同灌溉量下, 作物产量随施肥量的增加先增大后减小, 在相同施肥量下, 番茄产量随着灌溉量的增加而增大。当把最大灌溉量和中等施肥量耦合使用时, 番茄产量最高, 为 3.73 kg/株, 较其他处理增产 10.9% ~ 83.0%; 水分利用效率最高, 为 18.45 kg/m³, 较其他处理提高 10.8% ~ 50.1%; 生产收益最好, 为 10.43 元/株, 较其他处理增收 10.9% ~ 87.2%; 纯收益最多, 为 6.00 元/株, 较其他处理增加 17.7% ~ 363.2%。以玉米秸秆和牛粪为主要原料生产的高有机型基质栽培番茄, 当番茄全生育期灌溉量为 162.00 L/株、施肥量为 41.53 g/株时, 番茄株高、茎粗、叶片数、SPAD 值等生长指标表现最优, 从提高产量、水分利用效率、经济效益等生产因素综合分析, 该灌溉量和施肥量是玉米秸秆和牛粪为主要原料的高有机生态型基质栽培番茄的最佳灌溉量和施肥量。

关键词: 农业废弃物; 基质; 水肥耦合; 产量; 水分利用效率; 经济效益

随着我国现代农业和农村经济的快速发展, 农业有机废弃物利用出现利用方式难度大、利用率低、露天焚烧、浪费资源、污染生态环境等问题。据报道, 我国是世界上农业废弃物产出量最大的国家之一^[1-4], 其中每年产生的玉米秸秆 1.21 亿 t、牛粪 8.1 亿 t^[5-6], 而农作物秸秆废弃率高达 65%^[7-8]。玉米秸秆和牛粪等农业有机废弃物的基质化利用途径可有效解决以上问题, 并在减少化肥用量、节约水资源等方面表现出较大的优越性^[9]。因此, 进一步探索增加传统基质配方中玉米秸秆和牛粪用量, 研发高有机型基质新配方及其栽培蔬菜的适宜水肥制度, 不仅能为大量玉米秸秆和牛粪高效利用提供生态安全出口, 还能提高蔬菜水分利用效率, 合理利用紧缺水资源, 对秸秆资源化利用和区域蔬菜产业的发展意义重大。蔬菜作物利用根系吸

收土壤中的水分和养分, 通过光合作用合成碳水化合物、积累干物质^[10-11]。水肥过高或过低都会对植株的株高、茎粗、叶片数产生影响^[12-15], 不同类型的基质和作物不同生育阶段对水肥的需求不同^[16-17]。王荣莲等^[18]研究认为, 灌水量及施肥量对樱桃番茄品质的影响显著, 且二者存在耦合效应。有学者以田间持水量为依据设定灌水梯度, 研究水肥耦合对番茄产量、品质和水分利用效率的影响^[19-21]。但以上研究大多是基于无机基质或者草炭、蛭石、珍珠岩为主的有机无机型商品基质, 其中玉米秸秆和牛粪等有机成分通常在 50% 以下, 生产成本普遍较高, 水肥耦合对高有机型基质栽培番茄产量和水分利用效率的影响报道较少。课题组前期选出了适宜的高有机型栽培基质配方, 其有机成分达到 70% ~ 80%, 针对其水肥管理方案的不足, 本研究以农业有机废弃物高有机型基质栽培番茄, 探索不同水肥条件对番茄生长、产量和经济效益的影响, 旨在明确以玉米秸秆和牛粪为主要原料的高有机生态型基质栽培番茄的适宜水肥制度, 为农业有机废弃物基质化高效利用和高有机生态型基质水肥一体化栽培提供技术支撑。

收稿日期: 2021-12-20; 录用日期: 2022-02-27

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1903700); 甘肃省农业科学院重点研发计划 (2022GAAS13)。

作者简介: 吴科生 (1978-), 高级农艺师, 博士, 主要从事土壤肥力及作物栽培研究。E-mail: wukesheng218@163.com。

通讯作者: 车宗贤, E-mail: chezongxian@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验地点与供试材料

试验于2021年3月15日至7月15日,在甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所武威试验站日光温室内进行。试验地点位于甘肃省武威市凉州区永昌镇白云村(38° 37' N, 102° 40' E),海拔1504 m,年均温7.7℃,无霜期150 d左右,降水量150 mm,蒸发量2021 mm。日照时数3028 h,相对湿度53%。一年中≥10℃的有效年积温3016℃,年太阳辐射总量580~660 kJ/cm²,麦收后≥10℃的有效年积温为1350℃^[17]。属典型的两季不足,一季有余的自然生态区。区内蒸发量大,降水量少而且主要集中在6~9月,降水可利用率较低。供试番茄品种为“粉禧2号”,由武威先正达育苗公司提供;栽培基质为前期经过两年筛选的优化配方(玉米秸秆:牛粪:河沙:蛭石:珍珠岩:凹凸棒=14:2:1:1:1:1)^[22];玉米秸秆为当地玉米收获后的地上部秸秆,发酵腐熟风干粉

碎备用;牛粪来自当地散养型养殖场,经发酵腐熟风干粉碎后备用,河沙为当地戈壁河床自采,珍珠岩、蛭石、凹凸棒购于临泽县地脉通凹凸棒石粘土厂。将以上物料按固定比例混合复配成栽培基质,其理化性质如下:容重0.45 g/cm³,总孔隙度61.0%,通气孔隙度19.0%,持水孔隙度42.0%,pH 7.48,EC值2.55 mS/cm,水解氮756.8 mg/kg,有效磷112.8 mg/kg,速效钾9707 mg/kg。

1.2 试验设计与试验方法

试验设置肥料和水分2个因素,其中单株施肥量设3个水平^[23],低肥33.22 g/株(LF)、中肥41.53 g/株(AF)、高肥49.84 g/株(HF)。试验中LF、HF分别为AF向上、向下浮动20%;单株灌水量设2个水平^[22-23]:中水量162 L/株(AW)、高水量202 L/株(HW)。将肥料和水分二因素耦合,得到6个处理:AWLF(T1)、AWAF(T2)、AWHF(T3)、HWHF(T4)、HWAF(T5)、HWLF(T6)。按照随机区组试验设计,每个小区定植14株番茄,3次重复,共18个小区,小区面积为1.42 m²,详见表1。

表1 试验设计

处理	养分处理			水分处理			
	N (g/株)	P ₂ O ₅ (g/株)	K ₂ O (g/株)	苗期	开花结果期	盛果期	采收期
				[L/(3 d·株)]	[L/(2 d·株)]	[L/(d·株)]	[L/(d·株)]
T1	11.83	2.94	18.45	1.0	1.0	1.2	1.4
T2	14.79	3.68	23.06	1.0	1.0	1.2	1.4
T3	17.75	4.42	27.67	1.0	1.0	1.2	1.4
T4	17.75	4.42	27.67	1.0	1.25	1.5	1.75
T5	14.79	3.68	23.06	1.0	1.25	1.5	1.75
T6	11.83	2.94	18.45	1.0	1.25	1.5	1.75

试验采用地上基质槽栽培番茄(简称槽培)。槽宽45 cm,槽深20 cm,槽长10 m。先在槽内铺一层塑料薄膜,然后在槽内装入20 cm厚的栽培基质。灌水方式为膜下滴灌,采用水肥一体机定时定量灌溉施肥。每槽在2株之间距番茄5 cm处铺设两根双上孔型薄壁软管($\phi=0.25$ cm),滴水孔间距25 cm。于3月15日定植番茄,每槽2行,行距30 cm,株距45 cm。定植后4~5 d浇水1次,开花后每2~3 d灌水1次,盛果期每天1次,按照生育期140 d设计灌溉和施肥定额。盛果前期7 d追肥1次,中后期每10 d追肥1次,追肥量2.5~4.0 g/株。开花结果期追施水溶性专用肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15),之后追施高钾水溶肥(N:P₂O₅:K₂O=10:10:20),按肥料养分含量折

算成纯量控制总施用量,具体用量详见表1,其它管理同当地常规栽培。

1.3 测定项目及样品采集

1.3.1 番茄农艺性状及产量测定

植株生长指标的测定:番茄定植后,每处理随机选定10株,跟踪调查番茄植株的株高、茎粗、叶片、SPAD值等生长情况,每30 d调查1次。番茄经济产量的测定:按照成熟度一致、成熟即采的原则测定番茄产量。每次采收时,测定单株采收量和结果数,直至采收全部结束后,累积汇总得出各小区的番茄全生育期单株总产量。

1.3.2 灌溉水分利用效率

灌溉水分利用效率是指作物利用单位灌溉水量生产的经济作物产量,单位为kg/m³,计算公式:

$$IWUE=Y/I$$

式中: IWUE (irrigation water use efficiency) 为灌溉水分利用效率, Y 为番茄总经济产量 (kg), I 为番茄全生育灌溉量 (m^3)^[23]。

1.4 数据处理与统计分析

采用 Excel 2016 对数据进行处理和绘图, 采用 SAS 8.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 水肥耦合对番茄生长的影响

从图 1a 看出, 番茄株高在高灌溉量和中等施肥量下较高, 在水肥耦合条件下高水中肥 T5 处理的株高最高。在高灌溉量下施肥量越高番茄株高越矮, 高水低肥 T6 处理的株高最高, 中水中肥 T2 处理的番茄株高最低; 在高灌溉量下番茄株高随施肥量的增加先增加后降低, 高水中肥 T5 处理的番茄株高最高, 高水低肥 T6 处理的株高最低; 在水肥耦合条件下, 以高水中肥 T5 处理最高。在番茄开花结果期 T5 与 T1、T2、T3 处理差异显

著, 较其他处理增加 7.42% ~ 27.76%; 开花结果期 T5 与除 T6 外的其他处理差异显著, 较其他处理增加 7.38% ~ 40.54%; 在番茄盛果期 T5 与 T1、T2、T3 处理差异显著, 较其他处理增加 1.70% ~ 21.36%。

番茄茎粗在不同灌溉量下变化明显 (图 1b)。在高灌溉量和中低施肥量下番茄茎粗较粗, 在水肥耦合条件下高水低肥 T6 处理番茄茎粗最粗。在番茄开花结果期, 中等灌溉量下施肥量越高番茄茎粗越细, 在水肥耦合下番茄茎粗随施肥量的降低而增粗, T6 与除 T5 外的其他处理差异显著, 较其他处理增粗 0.88% ~ 14.93%; 在开花结果期, 中等灌溉量下中水中肥 T2 处理番茄茎粗最粗, 高灌溉量下高水低肥 T6 处理最粗, 在水肥耦合下高水低肥 T6 最粗, T6 较 T1、T2、T3、T4 处理差异显著, 分别增粗 0.61% ~ 27.71%; 在番茄盛果期, 中等灌溉量下中水中肥 T2 处理最粗, 水肥耦合下高水中肥 T5 的茎粗最粗, T5 与除 T6 外的其他处理差异显著, 分别增粗 6.78% ~ 30.47%。

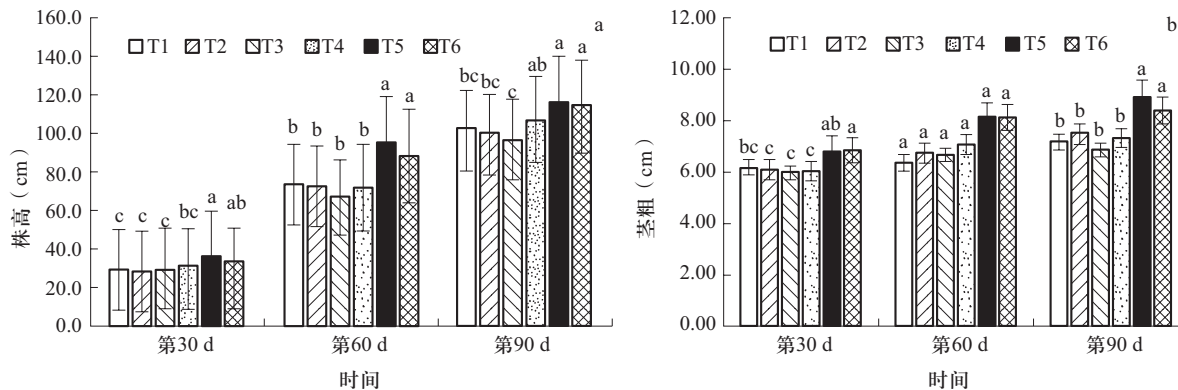


图 1 水肥耦合对番茄株高和茎粗的影响

注: 不同小写字母表示各处理在 0.05 水平差异显著。下同。

番茄叶片数随生育期的延后不断增加 (图 2a)。在开花结果期增加最快, 之后增长逐渐放缓。在番茄开花结果期, 叶片数随灌溉量的增大而增加, 高灌溉量下高水低肥 T6 处理最多, 在水肥耦合下以高水低肥 T6 处理最多, 与 T2、T3 处理差异显著, 较其他处理增加 0.25% ~ 8.22%; 开花结果期, 番茄叶片数随灌溉量的增加而增加, 随施肥量的增加而降低, 在水肥耦合下高水低肥 T6 处理最多, 与除 T5 外的其他处理差异显著, 较其他处理增加 0.29% ~ 11.64%; 番茄盛果期, 叶片数随灌溉量的增加而增加, 随施肥量的增加而降低, 高水低肥

T6 处理最多, 与 T1、T2、T3 处理差异显著, 较其他处理增加 1.09% ~ 14.26%。

不同水肥条件对番茄光合特性的 SPAD 值影响明显 (图 2b)。在番茄开花结果期, 中灌溉量下随施肥量的增加而增大, 在高灌溉量下随施肥量的减少而增大。水肥耦合下中水高肥 T3 处理最高, 为 49.06, 与 T1、T2、T5 处理差异显著, 较其他处理增加 2.29% ~ 17.07%; 在开花结果期, 番茄 SPAD 值以中水中肥 T2 处理最高, 为 48.89, 与 T4 处理差异显著, 较其他处理增加 1.44% ~ 16.69%; 在番茄盛果期, 随灌溉量的增加而增大。水肥耦合下

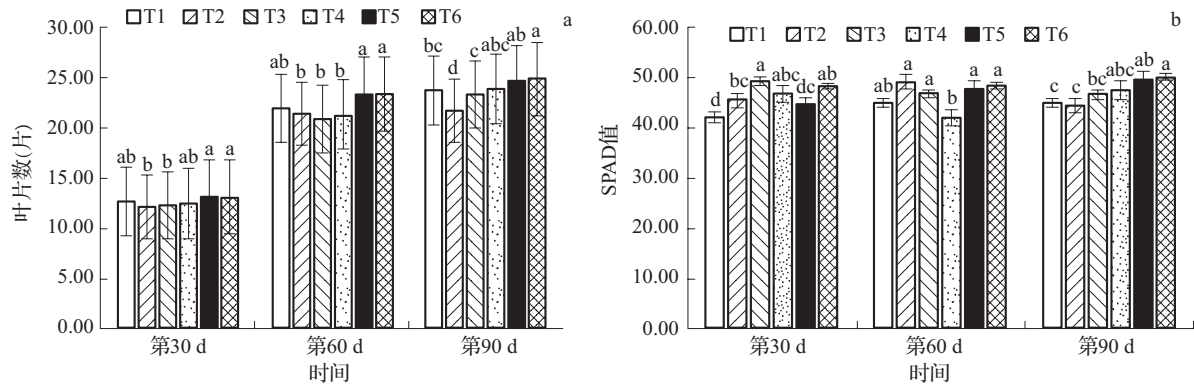


图2 水肥耦合对番茄叶片数和 SPAD 值的影响

高水低肥 T6 处理最高，为 49.89，与 T1、T2、T3 处理差异显著，较其他处理增加 0.94% ~ 12.84%。

2.2 水肥耦合对番茄产量的影响

从图 3 可以看出，不同的灌溉量对番茄产量影响较大，施肥量对番茄产量的影响差异显著。番茄产量在高灌溉量下显著高于中等灌溉量处理，而在中等施肥量下高于低和高施肥量的产量。在水肥耦合条件下，番茄产量以 T5 处理最高，较其他处理依次增加 83.03%、87.2%、81.54%、49.63%、10.88%。经方差分析，单株灌溉量、施肥量以及灌溉量和施肥量的交互作用对番茄产量的影响都达到了显著水平，且灌溉量作用 > 施肥量作用 > 水肥交互作用。T5 处理与其他所有处理差异显著，T6 与 T1、T2、T3、T4 处理差异显著。

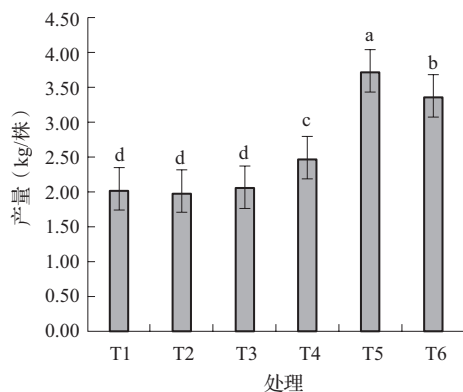


图3 水肥耦合对番茄产量的影响

2.3 水肥耦合对番茄水分利用效率的影响

不同水肥梯度下的水肥耦合对番茄灌溉水分利用效率差异显著（表 2）。随灌溉量的增加水分利用效率增加，随施肥量的增大水分利用效率先增大后减小。经方差分析，单株灌溉量、施肥量以及灌溉量和施肥量的交互作用对番茄灌溉水分利用效率的影响都达到了显著水平，且灌溉量作用 > 施肥量

作用 > 水肥交互作用。在中等灌溉量下番茄水分利用效率较低，且差异不显著。以中水高肥 T3 处理最高，为 12.67 kg/m³；中水中肥 T2 处理最低，为 12.29 kg/m³；在高灌溉量下高水高肥 T4 处理最低，为 12.33 kg/m³；高水中肥 T5 处理的水分利用效率最大，为 18.45 kg/m³，与其他所有处理差异显著，较其他处理分别增加 46.79%、50.13%、45.59%、49.63%、10.88%。

表 2 水肥耦合对番茄水分利用效率的影响

处理	单株产量 (kg/株)	单株灌溉量 (L/株)	水分利用效率 (kg/m ³)
T1	2.04c	162	12.57c
T2	1.99c	162	12.29c
T3	2.05c	162	12.67c
T4	2.49c	202	12.33c
T5	3.73a	202	18.45a
T6	3.36b	202	16.64b

注：不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著，下同。

2.4 水肥耦合对番茄生产成本和经济效益的影响

不同水肥条件水肥耦合对番茄基质种植的生产收益差异显著（表 3）。从生产成本看，番茄基质栽培生产成本随灌溉量和施肥量的增大而增加。其中灌溉水成本平均为 0.51 元/株，占总生产成本的 11.6%，肥料成本平均为 0.69 元/株，占总生产成本的 15.7%，基质成本为 1.58 元/株，占总生产成本的 36.2%，种苗人工费为 1.60 元/株，占总生产成本的 36.5%。种苗、人工费和基质成本占生产投入总成本的 72.7%。可见，基质、人工和种苗是日光温室基质栽培生产成本的主要构成部分。从番茄有机型基质水肥一体化栽培的经济效益来看，随着灌溉量的增加，番茄产量显著增加，经济效益也显著提高。其中高水中肥 T5 处理经济效益最高，生产收益达 10.43 元/株，较其他处理的生产收益分别提高 83.0%、87.2%、81.5%、10.9%、49.6%；净收益为 6.0 元/株，较其他处理

表 3 水肥耦合对番茄生产成本和经济效益的影响

处理	生产成本 (元 / 株)					生产收益 (元 / 株)	净收益 (元 / 株)
	肥料	水分	基质	其他	合计		
T1	0.57	0.45	1.58	1.60	4.21	5.70d	1.49d
T2	0.69	0.45	1.58	1.60	4.33	5.57d	1.24d
T3	0.82	0.45	1.58	1.60	4.45	5.75d	1.29d
T4	0.57	0.56	1.58	1.60	4.31	9.41b	5.10b
T5	0.69	0.56	1.58	1.60	4.44	10.43a	6.00a
T6	0.82	0.56	1.58	1.60	4.56	6.97c	2.41c

注：复合肥 8.2 元 / kg，硝酸铵钙 5.0 元 / kg，灌溉水为 2.8 元 / m³；基质 = 玉米秸秆 (1.26 元 / 株) + 牛粪 (0.18 元 / 株) + 沙子 (0.054 元 / 株) + 蛭石 (0.54 元 / 株) + 珍珠岩 (0.54 元 / 株) + 凹凸棒 (0.594 元 / 株)，其他 = 种苗 (0.8 元 / 株) + 人工 (0.6 元 / 株) + 电费 (0.2 元 / 株)，番茄价格为 2.8 元 / kg (价格源于 2021 年武威市番茄种植户)。

的净收益分别增加 301.5%、382.2%、363.2%、17.7%、148.5%，经方差分析，与其他处理差异显著。

2.5 水肥耦合条件下番茄经济效益和产量相关分析

由表 4 可知，水肥耦合下基质栽培番茄的生产收益与番茄产量、净收益、水分利用效率、株高、茎粗呈极显著正相关；净收益与产量、生产收益、

水分利用效率呈极显著正相关；叶片数与产量、生产收益、净收益、茎粗之间的相关性均未达到显著水平，而与水分利用效率呈显著正相关，与株高呈极显著正相关。SPAD 值与产量、生产收益、净收益、茎粗呈显著正相关，与水分利用效率和叶片数呈极显著正相关。

表 4 番茄产量和经济效益的相关关系

项目	产量	生产收益	净收益	水分利用效率	株高	茎粗	叶片数
生产收益	1.000**						
净收益	0.999**	0.999**					
水分利用效率	0.636**	0.636**	0.611**				
株高	0.607**	0.607**	0.590**	0.640**			
茎粗	0.527**	0.527**	0.506*	0.700**	0.810**		
叶片数	0.420	0.420	0.401	0.501*	0.643**	0.450	
SPAD 值	0.508*	0.508*	0.480*	0.608**	0.624**	0.538*	0.721**

注：* 表示 $P<0.05$ ；** 表示 $P<0.01$ 。

3 结论

用玉米秸秆和牛粪比例达到 70% ~ 80% 的高有机生态型基质配方栽培番茄，单株灌溉量、施肥量以及二者的交互作用对番茄产量的影响都达到了显著水平，且灌溉量的作用高于施肥量的作用和水肥交互的作用。高水中肥耦合和精准管理措施，番茄的经济产量最高，水分利用效率最大，生产效益最高。因此，给这种高有机型基质新配方配套适宜的水肥制度栽培番茄，能提高玉米秸秆和牛粪资源化利用量，还能显著降低基质生产成本，解决农业生产低成本基质缺乏问题，具有节本、增产、节水、节肥等应用效果，在农业基质栽培生产上具有较大的推广应用价值。

参考文献：

[1] 李鸣雷, 刘萌娟, 谷洁, 等. 农业废弃物资源化利用的微

生物学途径探讨 [J]. 西安文理学院学报 (自然科学版), 2007, 10 (3): 14-17.

[2] 孙振钧, 孙永明. 我国农业废弃物资源化与农村生物质能源利用的现状与发展 [J]. 中国农业科技导报, 2006, 8 (1): 6-13.

[3] 汪建飞, 于群英, 陈世勇, 等. 农业固体有机废弃物的环境危害及堆肥化技术展望 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (18): 4720-4722.

[4] 蒋文新. 农业废弃物制备高效天然高分子絮凝剂的研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2005.

[5] 杜静. 利用农业有机废弃物进行大棚 CO₂ 施肥的发酵条件及可行性研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2003.

[6] 顾骅珊. 农业废弃物循环利用模式探讨—以浙江嘉兴为例 [J]. 生态经济, 2009 (1): 82-84, 157.

[7] 崔明, 赵立欣, 田宜水, 等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价 [J]. 农业工程学报, 2008, 24 (12): 291-296.

[8] 薛书浩. 以玉米秸秆为主要原料的番茄无土栽培基质配方筛选 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.

[9] 蒋卫杰, 刘伟, 余宏军. 我国有机生态型无土栽培技术研究

- [J]. 中国生态农业学报, 2000, 8 (3): 17-21.
- [10] 周宇. 南疆设施黄瓜黄沙炉渣栽培基质筛选及水肥耦合效应研究[D]. 塔里木: 塔里木大学, 2020
- [11] 王虎兵, 曹红霞, 郝舒雪, 等. 温室番茄植株养分和光合对水肥耦合的响应及其与产量关系[J]. 中国农业科学, 2019, 52 (10): 1761-1771.
- [12] 刘婕, 宋碧, 张军, 等. 穗期水肥耦合对玉米生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (12): 44-48.
- [13] 马国礼, 张国斌, 强浩然, 等. 水氮耦合对日光温室基质栽培辣椒生长发育、产量及品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53 (1): 58-64, 70.
- [14] 王景燕, 唐海龙, 龚伟, 等. 水肥耦合对汉源花椒幼苗生长、养分吸收和肥料利用的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40 (3): 33-40.
- [15] Fan M H, Zhang B G, Cao J, et al. Effects of water and fertilizer coupling on growth and sound seedling index of green cabbage seedlings [J]. Agricultural Science & Technology, 2017, 18 (5): 805-807, 838.
- [16] Sinha I, Buttar G S, Brar A S. Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Indian Punjab [J]. Agricultural Water Management, 2017, 185: 58-64.
- [17] 邢英英, 张富仓, 张燕, 等. 膜下滴灌水肥耦合促进番茄养分吸收及生长[J]. 农业工程学报, 2014, 30 (21): 70-80.
- [18] 王荣莲, 于健, 张俊生, 等. 水肥一体化对基质栽培下樱桃番茄品质的影响[J]. 节水灌溉, 2018 (1): 38-41, 44.
- [19] 李欢欢, 刘浩, 孙景生, 等. 水肥耦合对温室番茄产量、水分利用效率和品质的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36 (9): 886-891.
- [20] Wang X, Xing Y. Evaluation of the effect of irrigation and fertilization by drip fertigation on tomato yield and water use efficiency in greenhouse [J]. International Journal of Agronomy, 2016 (1): 1-10.
- [21] 王鹏勃, 李建明, 丁娟娟, 等. 水肥耦合对日光温室袋培番茄产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43 (10): 129-137.
- [22] 吴科生, 车宗贤, 卢秉林, 等. 基于农业废弃物的日光温室番茄栽培基质配方筛选研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52 (3): 6-10.
- [23] 王鹏勃, 李建明, 丁娟娟, 等. 水肥耦合对温室袋培番茄品质、产量及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48 (2): 314-323.

Effect of water and fertilizer coupling on yield and water use efficiency of tomato cultivated by organic substrate

WU Ke-sheng^{1, 2}, CHE Zong-xian^{1, 2*}, LU Bing-lin^{1, 2}, ZHANG Jiu-dong^{1, 2}, YANG Rui-ju^{1, 2}, CUI Heng^{1, 2}

[1. Institute of Soil, Fertilizer and Water saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation and Agriculture Environment (Gansu), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Lanzhou Gansu 733017]

Abstract: The aimed to find out the optimal irrigation amount and fertilization amount of substrate culture tomato with corn straw and cow dung as main raw materials, and provide scientific basis for irrigation and fertilization system of tomato organic substrate culture. The decomposed corn straw, decomposed cow dung and river sand, vermiculite, perlite, attapulgite and other materials were compounded into cultivation matrix according to a certain proportion. The effects of different water and fertilizer conditions on the growth, yield, water and fertilizer utilization efficiency of tomato cultivated in matrix in solar greenhouse were studied, and the production cost and economic benefit of tomato under different water and fertilizer conditions were analyzed. The results showed that different irrigation amount and fertilizer amount had great influence on the growth and yield of tomato cultivated in organic matrix. Under the same irrigation amount, the crop yield increased first and then decreased with the increase of fertilization amount, and the tomato yield increased with the increase of irrigation amount under the same fertilization amount. When the maximum irrigation amount and medium fertilization amount were combined together, the tomato yield was the highest 3.73 kg/plant, which was 10.9% ~ 83.0% higher than that of other treatments; the highest water use efficiency was 18.45 kg/m³, which was 10.8% ~ 50.1% higher than other treatments; the production income was the best, which was 10.43 yuan/plant, and increased by 10.9% ~ 87.2% compared with other treatments; the net income was 6.00 yuan/plant, which was 17.7% ~ 363.2% higher than other treatments. When the irrigation amount was 162.00 L/plant and the fertilization amount was 41.53 g/plant in the whole growth period of tomato, the growth indexes such as plant height, stem diameter, leaf number and SPAD value of tomato were the best. From the comprehensive analysis of production factors such as yield increasing, water use efficiency and economic benefit, this irrigation amount and fertilization amount were the best combination for the organic-inorganic ecological substrate cultivated tomato with corn straw and cow dung as the main raw materials.

Key words: agriculture waste; organic substrate; water and fertilizer coupling; yield; water use efficiency; economic benefit