

张中华,吕名礼,宋天旭,等.不同节水灌溉方式对雪瓜果品质及产量的影响[J].江苏农业科学,2020,48(8):164-168.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.08.030

不同节水灌溉方式对雪瓜果品质及产量的影响

张中华^{1,2}, 吕名礼^{1,2}, 宋天旭³, 杨晓华⁴, 孙修东⁵, 张冬菊^{1,2}, 方 惠^{1,2}, 李 博^{1,2}, 蒋亭亭^{1,2}

(1. 上海节水灌溉工程技术研究中心, 上海 201505; 2. 华维节水科技集团股份有限公司, 上海 201505;

3. 中国农业大学, 北京 100083; 4. 上海市金山区农业技术推广中心, 上海 201505; 5. 上海农林职业技术学院, 上海 201699)

摘要:为了探索上海金山地区亭林雪瓜最适宜的灌溉集成模式,研究相同生长条件下单行滴灌管、双行滴灌管、滴箭 3 种节水灌溉模式对雪瓜植株性状和产量的影响,以田间持水量为标准,在雪瓜 4 个生长期设置不同的土壤水分灌溉上限。结果表明,不同灌溉模式对雪瓜的生长、综合品质以及产量具有一定影响,滴箭模式优于其他 2 种模式。滴箭模式下雪瓜结果数最高,为 7.34 个/株,产量最高,达 1 030.89 kg/667 m²,增产效果最佳;此外,滴箭模式下可溶性固形物及维生素 C 含量较滴灌管模式更高。因此,相比于其他灌溉方式,滴箭模式更适合雪瓜的生产。

关键词:雪瓜;滴灌;灌溉方式;水分利用效率;品质

中图分类号: S652.907 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)08-0164-04

亭林雪瓜是上海市珍贵的农家甜瓜品种,也是上海四大名瓜之一,以鲜嫩松脆、香甜爽口闻名,并于 2015 年 2 月 10 日获得农业农村部农产品地理标志登记,是“名、特、优”农业的理想品种^[1]。近几年来,亭林雪瓜种植规模逐渐扩大,逐步走向产业化发展方向。在传统的栽培管理模式下,雪瓜产量和品质特性极不稳定,传统的渠道灌溉、喷水带灌溉等粗放的灌溉方式已经难以发挥更好的节水增产效益,对水的有效控制能力低,且面临耗费人工、雪瓜裂瓜、病虫害频发等诸多问题。因此,开展大棚雪瓜适宜灌溉方式试验,研究几种不同节水灌溉方式对雪瓜生长的影响,可为探索上海市金山区亭林镇大棚雪瓜的灌水方式与方法提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于上海市金山区亭林镇后岗村的亭林雪瓜基地(120°E,31°N),处于太湖流域蝶形洼地

南部,耕地土壤为水稻土,高度熟化,土壤有机质含量高,地下水位偏高^[2]。该区属于亚热带季风气候区域,暖温多雨,四季分明,雨水充沛,光照充足,土壤肥力中等,有利于雪瓜的多熟、优质、高产。试验区年平均降水量为 1 127.3 mm,蒸发量为 896.41 mm,无霜期较长,年平均气温为 15.7℃,年日照时数为 1 572.83 h,土壤容重为 1.3 g/cm³,田间最大持水率为 45%。

1.2 试验设计

试验于 2019 年 3—6 月进行。供试品种为亭林雪瓜,共分为 3 个小区,各小区长 30 m、宽 2.5 m。每个小区种植 75 株雪瓜。具体试验处理如下。T₀ 处理:采用华维 1600 滴灌管,滴头间距为 40 cm,滴头流量为 2 L/h,膜下单行铺设;T₁ 处理:采用华维 1600 滴灌管,滴头间距为 40 cm,滴头流量为 2 L/h,膜下双行铺设;T₂ 处理:采用华维 1828 压力补偿滴头配一出四滴箭,滴头间距为 40 cm,滴头流量为 4 L/h,地面单行铺设,每株雪瓜根部安装 1 套。棚内安装水肥一体化系统,通过电磁阀进行自动化控制,在大棚棚脚处安装 1 个阀门和水表,用于控制灌溉施肥并且记录流量。电磁阀打开后,水流通过田间管网及灌水器流入各个小区。

亭林雪瓜于 2019 年 1 月在温棚内育苗,3 月 22 日移栽定植,株行距为 40 cm × 300 cm。每个小区(双层棚 40 m × 8 m)种 75 株瓜苗,移栽前首先深翻整地,然后施肥,底肥配方:牛粪为主的成品有机肥 2~3 t/棚 + 复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量均为 15%)

收稿日期:2019-09-27

基金项目:上海市院士专家工作站项目(编号:SHYSZ2018002);上海市科技兴农推广项目[编号:沪农科推字(2018)第 3-4 号];上海市科委工程技术研究中心建设专项(编号:17DZ2252300)。

作者简介:张中华(1984—),男,湖南永州人,工程师,主要从事高效灌溉设计、设备的研发与技术推广工作。E-mail: huawei826@hwei.net。

通信作者:蒋亭亭,硕士,主要从事农艺技术与高效灌溉方面的研究和相关工作。E-mail: jiangting71@163.com。

15 kg/棚 + 羊粪 200 ~ 250 kg/棚 + 豆粕粉 40 ~ 50 kg/棚。按照试验设置铺设滴灌带及黑地膜, T_0 、 T_1 处理将滴灌带铺于膜下, T_2 处理将聚乙烯 (PE) 管铺于膜上并安装 1828 压力补偿式滴头及一出四滴箭。雪瓜幼苗移栽后, 搭建小拱棚, 并扣上薄膜, 从而提高地温与生长环境温度, 有利于雪瓜的生长。为保证雪瓜的缓苗率, 移栽后统一灌水, 缓苗 10 d 后根据试验方案再进行灌溉, 6 月上旬开始采收。

施肥利用喜耕田云智慧施肥机分小区进行施肥和灌溉。雪瓜采用双蔓整枝方式种植, 种植 3 行, 采用地膜全覆盖栽培模式, 其他所有田间管理 (除草、施肥、喷药、整枝、压蔓等) 措施均保持一致。

试验将雪瓜生育期分为 4 个阶段: 幼苗期、开花坐果期、膨果期以及成熟期, 按照 4 个阶段设置灌水控制上限 (表 1)。每次实施方案前后分别测量 0 ~ 10、10 ~ 20 cm 土层深度的土壤含水量。试验处理时间为 2019 年 3 月 22 日至 6 月 10 日, 分别于 4 月 25 日 (开花坐果期), 5 月 8 日、18 日 (果实膨大期), 5 月 31 日 (成熟期) 进行灌水处理。

表 1 大棚雪瓜不同生育阶段的灌水控制上限

处理	不同生育阶段的灌水控制上限 (%)			
	幼苗期	开花坐果期	膨果期	成熟期
T_0	80	85	85	80
T_1	80	85	85	80
T_2	80	85	85	80

注: 灌水控制上限为饱和田间持水量。

1.3 指标的测定

1.3.1 土壤含水量的测定 采用含水量测定仪测定土壤含水量。分别于幼苗期、开花坐果期、膨果期、成熟期测定 0 ~ 10、10 ~ 20 cm 土层含水量。每 10 d 观测 1 次, 其中灌水前、灌水后以及各阶段始末均加测 1 次。

1.3.2 灌水量的测定 根据田间持水量、土壤含水量确定灌水量, 每次处理的灌水量用水表进行统计, 记录每次灌水前后的数值、灌水时间以及灌水日期。灌水要分别进行灌水, 保持灌水量一致。

1.3.3 植株生长性状 每个试验小区选择固定的 10 株雪瓜作为试验样本, 对雪瓜的茎粗、叶片厚度、坐果数、裂果数等生理指标进行测定, 取平均值, 每 6 ~ 10 d 测定 1 次。茎粗、叶片厚度使用游标卡尺测量, 测量雪瓜植株基部第 5 节与第 6 节节间茎粗以及第 5 节节点处叶片厚度, 每次选取相同部位量取。

1.3.4 产量 在果实膨大期开始后用游标卡尺 (精度为 0.01 mm) 分别量取雪瓜纵径、横径, 并计算果形指数 (果实纵径/横径), 隔 6 ~ 10 d 测量 1 次, 共测量 4 次, 记录雪瓜果实生长的动态变化。在雪瓜成熟后, 每个小区随机选取 10 株雪瓜进行测定, 测量雪瓜单瓜质量, 并统计小区雪瓜数量、裂瓜数、瘪果数, 计算小区产量, 折合成 667 m² 的产量。

1.3.5 果实品质 在每小区成熟区随机选取 5 株植株, 取其相同位置色泽和大小基本一致的雪瓜果实, 制成匀浆后进行果实品质的测定, 测定指标包括可溶性糖含量、可滴定酸含量、可溶性固形物含量、果实硬度、维生素 C 含量。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定; 可滴定酸含量采用标准氢氧化钠溶液滴定法测定; 可溶性固形物含量采用手持式糖度检测仪测定; 维生素 C 含量采用分光光度法测定。各处理重复 3 次。

1.3.6 水分利用效率 水分利用率 = 产量/灌水量。

1.4 数据处理

运用 Excel 2007 和 SPSS 10.0 软件对试验数据进行统计分析 ($\alpha = 0.05$), 采用 GraphPad Prism 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同节水灌溉方式对雪瓜生长动态变化的影响

如图 1 所示, 在雪瓜生长过程中, 雪瓜植株的茎粗呈现先快速增长后缓慢增长的变化过程, 到果实成熟期达到顶峰 (定植后 76 d 左右)。在整个生长过程中, T_1 处理的植株茎粗始终保持较高水平, 大于 T_0 、 T_2 处理, 在定植后 50 d 差异明显, T_0 、 T_2 处理间差异不明显。以上结果表明, 不同的灌溉处理能够影响雪瓜主茎的增粗。

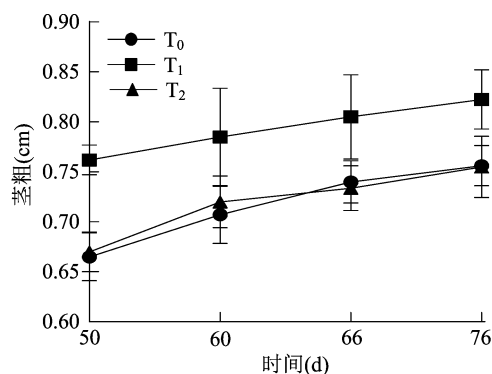


图 1 不同处理雪瓜茎粗的动态变化

如图 2 所示,在整个生育期内,各灌溉处理的雪瓜叶片厚度有着相同的变化趋势,均是先不断增加,到果实膨大期(定植后 60 d)达到最大值,随后逐渐减小,且各处理之间差异不明显,说明在雪瓜生长后期,生殖生长占主导地位,营养生长逐渐减弱。

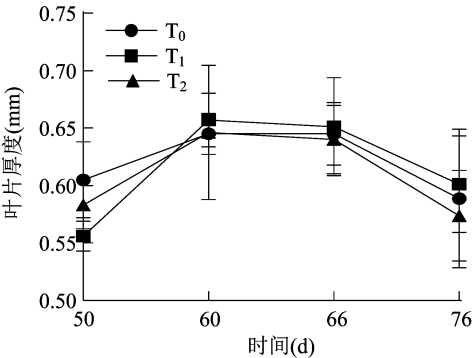


图2 不同处理雪瓜叶片厚度的动态变化

2.2 不同节水灌溉方式对雪瓜果实生长的影响

如图 3、图 4 所示,各处理的雪瓜果实生长趋势一致,先经历一个快速膨大的时期,而后进入缓慢膨大期,各处理间的横纵径差异不显著(表 2),说明 3 种不同的节水灌溉方式对雪瓜果实横纵径的生长影响不明显。果形是雪瓜重要的外观品质指标^[3],通常用果形指数(纵径/横径)来表示,3 种处理的果形指数均接近 1,说明雪瓜果近似于圆形,灌溉方式对雪瓜果形的影响不大。果实硬度与果实的耐储藏性相关,T₂ 处理的果肉相对较硬,耐储藏性稍好。从果厚上看,T₀ 与 T₁、T₂ 处理间存在显著差异,T₁

处理最大,T₀ 处理最小,果厚比(果厚/横径)也存在显著差异。雪瓜开花坐果期到膨大期是雪瓜果实迅速生长的时期,此期间雪瓜的水分处理对果实发育有着重要的影响。雪瓜植株的健壮是保证果实快速膨大的基础,所以就提高果实硬度而言 T₂ 处理最明显。

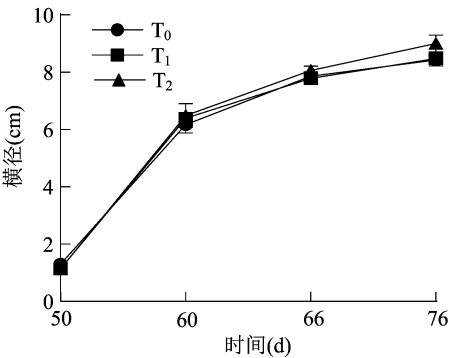


图3 不同处理雪瓜果实横径的动态变化

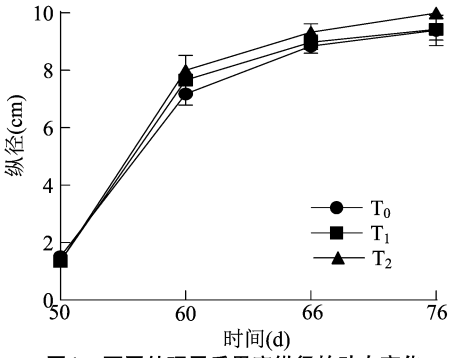


图4 不同处理雪瓜果实纵径的动态变化

表 2 不同节水灌溉方式对雪瓜果实生长的影响

处理	硬度(N)			果实形态(成熟期)				
	果肩	果中	果底	横径(mm)	纵径(mm)	果形指数	果厚(mm)	果厚比
T ₀	2.47 ± 0.15c	2.60 ± 0.10a	2.47 ± 0.29b	8.43 ± 0.21a	9.39 ± 0.53a	1.11	1.47 ± 0.03b	0.17b
T ₁	2.60 ± 0.12b	2.70 ± 0.10a	2.73 ± 0.09a	8.48 ± 0.21a	9.43 ± 0.38a	1.11	1.78 ± 0.06a	0.20a
T ₂	3.47 ± 0.09a	2.63 ± 0.12a	2.73 ± 0.32a	9.01 ± 0.29a	9.99 ± 0.54a	1.11	1.73 ± 0.03a	0.19a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下表同。

2.3 不同节水灌溉方式对雪瓜果实品质的影响

雪瓜果实的生长发育阶段,主要是干物质积累、糖分形成与转化以及营养物质的合成过程^[4]。在一定条件下,水分对雪瓜果实品质的形成有较大的影响^[5]。

由表 3 可知,T₀、T₂ 处理可溶性固形物含量均显著高于 T₁ 处理,且处理中心(果内汁)和边际(果肉)数据相近,中边差距小,表明各部位口感均一;T₁ 处理可滴定酸含量最高,与其他处理差异显著;

T₂ 处理的维生素 C 含量最高,与其他处理差异显著。由此可见,说明有机酸含量与维生素 C 含量受到灌溉方式的显著影响。

2.4 不同节水灌溉方式对雪瓜产量、水分利用效率的影响

由表 4、图 5 可知,在相同灌水量处理下,不同的灌溉方式对雪瓜单果质量、结果数有显著影响,其中 T₂ 处理单果质量最大,结果数最多;T₁ 处理结果数最少且裂果严重,理论产量最低(图 6)。T₂ 处

表 3 不同节水灌溉方式对雪瓜成熟期品质的影响

处理	可溶性固形物含量(%)		可滴定酸含量(%)	可溶性糖含量(g/kg)	糖酸比	维生素 C 含量(mg/kg)
	果肉	果内汁				
T ₀	13.00 ± 0.42a	13.00 ± 0.72a	0.27 ± 0.05b	65.67c	243.22b	31.13b
T ₁	11.13 ± 0.29b	11.67 ± 0.58b	0.34 ± 0.02a	79.42a	233.59b	18.59c
T ₂	13.87 ± 1.31a	12.77 ± 1.24a	0.24 ± 0.04b	74.57b	310.71a	41.82a

理论产量最高,达到 1 030.89 kg/667 m²。说明不同的灌溉方式对雪瓜产量有一定的影响。还可知,相同灌水量条件下 T₂ 处理产量最高,水分利用效率最高。

水分利用效率是产量与灌溉量的比值。由表 4

表 4 不同节水灌溉方式对雪瓜产量的影响

处理	单果质量(g)	结果数(个/株)	裂果率(%)	瘪果率(%)	栽植密度(株/667 m ²)	理论产量(kg/667 m ²)	灌水量(m ³ /667 m ²)	水分利用效率(kg/m ³)
T ₀	340b	6.90b	7.92	30.32	550	796.89	22	36.22
T ₁	390a	5.26c	12.92	27.38	550	673.58	22	30.62
T ₂	400a	7.34a	5.76	30.40	550	1 030.89	22	46.95

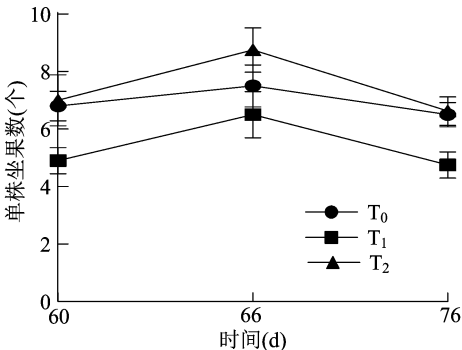


图5 不同处理雪瓜的坐果数

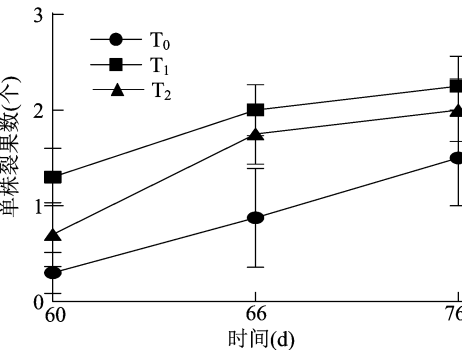


图6 不同处理雪瓜的裂果数

3 讨论与结论

产量、品质和水分利用效率是评价雪瓜经济效益的主要指标,而合理的水分管理是植物产量形成和水分高效利用的必要条件^[6]。作物在各生育阶段都离不开水分供给,不同作物在不同生育时期对水分的需求不同。不同的灌溉模式会影响土壤中水分的分布,而水分的分布直接影响作物根系的分

布,进而影响作物的生长发育。科学的灌溉模式有利于促进雪瓜植株的生长。在相同灌水量条件下,3种节水灌溉方式对雪瓜的生长发育有一定的促进作用。本研究结果表明,双行铺设的滴灌管虽有利于茎粗、叶片厚度的增加和植株营养生长,但是生长后期坐果少且裂果多,不利于产量和品质的提升,在选择双行滴灌管膜下滴灌时需注意雪瓜中期水分管理,在营养生长期控制好土壤水分,使营养生长不至于过快,从而影响后期光合产物的积累。

干物质是作物产量形成的基础,作物的生长条件和生长发育阶段等都会影响干物质的积累和分配。水分是影响植株干物质积累和分配的主要因素。有研究表明,在土壤干旱的条件下作物可以通过调节生理生化反应对自身的同化物进行再分配,生长环境条件适宜时会产生一定的补偿效应^[7-8]。在不同的灌溉模式下,土壤水分分布不同,对雪瓜生长发育的影响不同。作物的产量依赖于水分的供应,灌水量的大小以及均匀度是影响作物产量的重要因素,要想利用较少的水分保证雪瓜一定的产量,提高水分利用效率具有关键意义。滴箭模式水分利用率较高,且产量最高,此处理下的雪瓜裂果最少,产量和品质俱佳,可为生产带来很高的经济价值,利于农民增收。

水分不仅影响作物的生理生长,还可以调节作物细胞内的生化反应过程,进而影响果实的品质。因此,适宜的灌溉可以提高雪瓜的果实品质。本研究结果表明,3种节水灌溉模式均会影响雪瓜的果实品质,而且和雪瓜产量有相似的规律,滴箭模式

黄 优,王进鑫,刘俊峰,等. 铅胁迫下干旱对侧柏光合特性与水分利用效率的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(8):168-173.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.08.031

铅胁迫下干旱对侧柏光合特性与水分利用效率的影响

黄 优¹, 王进鑫², 刘俊峰², 冯树林¹, 吕国利¹

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所,陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学资源环境学院,陕西杨凌 712100)

摘要:研究铅胁迫下干旱胁迫对侧柏幼苗光合作用的影响规律,探讨侧柏对双重胁迫的适应与自我调节机制,为西北矿区植被恢复与重建提供理论依据。通过盆栽试验,以土壤相对含水率为 100% 且无铅的处理为对照,其余处理外源铅浓度统一设为 2 000 mg/kg,分别测定侧柏(*Platycladus orientalis*)幼苗在 3 个生长阶段水分胁迫条件下的光合速率、蒸腾速率和水分利用效率。结果表明:(1)单一铅胁迫下,侧柏净光合速率较对照降低,铅和干旱双重胁迫下,净光合速率随着土壤相对含水率的降低呈现先增加后降低的趋势。(2)在 2 000 mg/kg 铅浓度胁迫下,侧柏 3 个生长阶段净光合速率对水分胁迫的响应不同,当净光合速率达到最大值时,生长初期、中期和后期土壤相对含水率分别为 68.64%、67.54% 和 98.99%。侧柏在生长初期受到干旱胁迫时能迅速调节蒸腾速率以维持体内水分平衡;对模型进行拟合分析发现,当生长初期、中期和后期土壤相对含水量分别为 67.52%、78.26%、45.68% 时,侧柏蒸腾速率降到最小值。(3)随着土壤相对含水率的降低,侧柏水分利用效率整体呈现上升的趋势,土壤相对含水率为 40.00% 时,生长初期和中期的水分利用效率最大。因此,在铅胁迫下适度的干旱胁迫可降低侧柏的蒸腾速率,从而提高其水分利用效率。

关键词:侧柏;水分胁迫;铅胁迫;光合速率;蒸腾速率;水分利用效率

中图分类号: S791.380.1; Q945.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)08-0168-06

我国西北地区铅锌矿产资源丰富^[1],随着工矿业的迅速发展,生态破坏、土壤污染等问题日益严重。由于西北矿区气候干旱,降水稀少,水资源严

重短缺,土壤保水能力差,且铅锌矿废弃地重金属含量较高,土壤水分与重金属含量成为限制矿区植被恢复的主要因子^[2]。木本植物具有生物量大、生长周期长、便于管理等特点,且以木材形式被利用,不会进入食物链对人体造成危害,因此在矿区植被恢复方面具有很大应用潜力,已成为废弃地植被恢复重点研究的植被类型^[3]。

侧柏(*Platycladus orientalis*)因有抗旱、耐铅、适应性强等特性,成为矿区植被恢复研究的重要植

收稿日期:2019-03-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:31670713、31170579);陕西省科技统筹计划(编号:2016KTCL03-18)。

作者简介:黄 优(1994—),女,山西运城人,硕士研究生,研究方向为林草生态工程。E-mail:youhuang572799@163.com。

通信作者:王进鑫,博士,教授,博士生导师,主要从事旱区人工植被生态恢复与环境生态学理论研究。E-mail:jwang118@126.com。

下可溶性固形物以及维生素 C 含量较高,且能够提升西瓜果肉的硬度,双行滴灌管处理下可溶性糖、可滴定酸含量最高。因此,选择适宜的灌溉模式不仅可以提高西瓜果实的产量,也有利于高品质的形成。此外,选择合适的灌溉方式可以调节水分的利用过程以及水分在土壤中的分布,从而提高水分利用率。如何将节水灌溉方式与灌溉制度、栽培管理结合起来,相关工作还需要进一步研究。

参考文献:

- [1]朱彩华,王云飞,杨晓华,等. 亭林雪瓜的特征特性及地膜覆盖栽培技术[J]. 农技服务,2008,25(11):48-49.
- [2]戴郁欢. 金山区亭林雪瓜农产品地理标志质量控制规范[J]. 上

海农业科技,2017(5):87-88.

- [3]宋蒙飞,魏庆镇,付文苑,等. 瓜类作物果实品质性状的分子基础研究进展[J]. 分子植物育种,2016,14(11):3195-3204.
- [4]陈军晓,张保军,张正茂,等. 不同栽培模式对冬小麦干物质积累及籽粒灌浆特性的影响[J]. 西北农业学报,2017,26(12):1776-1786.
- [5]贺怀杰,王振华,郑旭荣,等. 水氮耦合对膜下滴灌棉花生长及产量的影响[J]. 新疆农业科学,2017,54(11):1983-1989.
- [6]钱卫鹏,邹志荣,孟长军. 大棚内膜下根系分区交替滴灌不同灌溉下限对甜瓜生长及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(3):138-141.
- [7]张鲁鲁,蔡焕杰,王 健,等. 不同灌水量对温室甜瓜生长和生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(6):58-62.
- [8]郭文忠,曲 梅,韦 彦,等. 灌溉频率对日光温室黄瓜生长发育及干物质积累的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(5):467-470.