

## 水肥一体化技术对西瓜产量及品质的影响

侯东颖, 郝科星\*, 张曼, 金辉, 侯富恩 (山西省农业科学院农业资源与经济研究所, 山西太原 030006)

**摘要** [目的]研究不同生育期内不同水肥配比对西瓜产量、灌溉水分利用效率以及品质等指标的影响。[方法]在大棚膜下滴灌栽培条件下,以双抗8号西瓜为材料,分别设置3个灌溉水平[600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(低水)、1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(中水)、1 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(高水)]和3个施肥水平[N 56 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 70 kg/hm<sup>2</sup>(低肥), N 112 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 140 kg/hm<sup>2</sup>(中肥), N 168 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 210 kg/hm<sup>2</sup>(高肥)],进行对比试验。[结果]不同水肥配比对西瓜各项指标的影响差异显著。中等施肥量(N 112 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 140 kg/hm<sup>2</sup>)和中等灌水量(1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)为当地最佳水肥配比。[结论]该研究为当地西瓜水肥一体化栽培技术提供科学依据。

**关键词** 水肥一体化;西瓜;产量;品质

**中图分类号** S 651 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)25-0116-03

## Effect of Integrative Water and Fertilizer Technology on Yield and Quality of Watermelon

HOU Dong-ying, HAO Ke-xing, ZHANG Man et al (Institute of Agricultural Resources and Economics, Shanxi Academy of Agriculture Science, Taiyuan, Shanxi 030006)

**Abstract** [Objective] To investigate the effects of different water and fertilizer treatments on yield, water use efficiency and quality of watermelon at different growth stages. [Method] Under the condition of drip irrigation under plastic film in greenhouse, we used watermelon Shuangkang 8 as experimental material, set three irrigation levels and three fertilization levels respectively. [Result] Effects of different water and fertilizer treatments on indexes of watermelon were significantly different. The amount of fertilization (N 112 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 140 kg/hm<sup>2</sup>) and irrigation (1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) was the optimal choice. [Conclusion] The research provides scientific basis for the integrative water and fertilizer technology of local watermelon.

**Key words** Integrative water and fertilizer; Watermelon; Yield; Quality

随着节水、节肥等灌溉理论和技术的发展,国内外研究表明,农业生产中水肥之间有显著的交互作用,水肥耦合通过影响植株器官生长发育、生理代谢以及周边环境,从而对作物产量、水分利用率和经济效益起着决定性作用<sup>[1-2]</sup>。

西瓜[Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. et Nakai]在我国乃至世界园艺生产中一直占有十分重要的地位,近年来我国单产水平已跃居世界第二。在西瓜栽培措施中,灌水量与施肥量是制约西瓜产量和品质的主要因素<sup>[3]</sup>。西瓜对水分敏感且需水量较大<sup>[4]</sup>,由于大水漫灌,地下水资源开采过重;而一些农药和化肥的盲目施用也加重了环境污染,使有害生物增多,导致西瓜产量低,品质劣。水肥一体化技术是通过滴灌设备将水分和可溶性肥料混合后输送到植物根部的一项精准农业技术<sup>[5-6]</sup>。笔者研究水肥一体化技术对西瓜产量及品质的影响,旨在寻求当地西瓜的合理水肥配比,为西瓜的节水增效生产提供数据基础。

## 1 材料与与方法

**1.1 材料** 供试西瓜品种:双抗8号,由山西省农业科学院生物技术中心培育而成,属中熟种,抗枯萎病和炭疽病,开花至成熟32 d左右。供试肥料:有机肥采用牛粪,经腐熟发酵、风干,整地前均匀撒施,用量约为30 000 kg/hm<sup>2</sup>;化肥有尿素(N 46%)、磷酸二氢钾(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52%, K<sub>2</sub>O 34%)、农用硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%),均为可溶性肥。

**1.2 方法** 试验于2017年5—8月在山西省农业科学院东

阳试验示范基地的塑料大棚内进行。东阳地处平川,四季分明,年平均气温9.7℃。土壤类型为黏土,pH 7.4~8.5。土壤养分状况:有机质20.558 g/kg,全氮0.138 g/kg,速效磷7.45 mg/kg,速效钾24.7 mg/kg。试验根据当地农民的种植习惯以及查阅文献<sup>[7-8]</sup>,共设计3种总灌水量水平:600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(低水处理W<sub>1</sub>),1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(中水处理W<sub>2</sub>),1 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(高水处理W<sub>3</sub>);3种总施肥量水平:N 56 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 70 kg/hm<sup>2</sup>(低肥处理F<sub>1</sub>),N 112 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 140 kg/hm<sup>2</sup>(中肥处理F<sub>2</sub>),N 168 kg/hm<sup>2</sup>+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>+K<sub>2</sub>O 210 kg/hm<sup>2</sup>(高肥处理F<sub>3</sub>)。

采用2因素随机设计,共9种处理,每处理3次重复,共计27个小区。西瓜生长发育过程主要有4个阶段:苗期(5月16—5日)、伸蔓期(6月6—25日)、开花坐果期(6月26日—7月6日)以及果实成熟期(7月7—31日)。试验水肥计算好后按4个阶段分别灌溉(表1和2)。

**1.3 测定项目与方法** 西瓜果实成熟后按小区统一采摘,每种处理随机选取9个果实,计算平均单果重,并计算各处理总产量,同时计算灌溉水分利用效率(IWUE),单位为kg/m<sup>3</sup><sup>[9]</sup>;纵切果实,用直尺测量果实横径、纵径、皮厚,并计算果形指数(纵径/横径);中心和边际可溶性固形物(TSS)含量用手持测糖仪测定,并计算中边差。

**1.4 数据分析** 试验数据均采用SPSS 24.0软件进行统计分析,采用新复极差法对处理进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

## 2.1 不同水肥配比对西瓜产量的影响

**2.1.1 不同水肥配比对西瓜单瓜重的影响。**由图1可知,不同水肥配比对西瓜单瓜重的影响差异显著。在灌水量W<sub>1</sub>

**基金项目** “十二五”农村领域国家科技计划课题(2014BAD05B02-3);山西省农业科学院特色农业攻关项目(YGG171116)。

**作者简介** 侯东颖(1985—),女,山西太原人,助理研究员,从事设施园艺生态研究。\*通讯作者,副研究员,从事设施园艺西瓜栽培与育种研究。

**收稿日期** 2018-05-16

处理下,单瓜重表现为随着施肥量的增加而增加。在  $W_2$ 、 $W_3$  水平下,均表现为随着施肥量的增加,单瓜重先增高再下降;而在施肥量相同情况下,单瓜重表现为随着灌水量的增加而逐步增加,高水处理有利于增加单瓜重。

表 1 西瓜不同生育期灌水量

**Table 1 Irrigation amount of watermelon at different growth stages**

$m^3/hm^2$

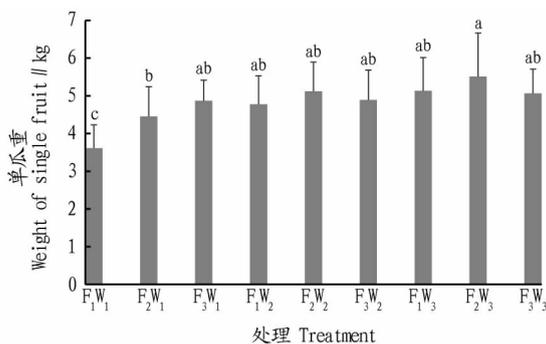
处理 Treatment	苗期 Seeding stage	伸蔓期 Leaf developing stage	开花坐 果期 Flowering stage	果实 成熟期 Fruit ripening stage	总灌水量 Total irrigation
$W_1$	90	150	60	300	600
$W_2$	180	300	120	600	1 200
$W_3$	270	450	180	900	1 800

表 2 西瓜不同生育期施肥量

**Table 2 Fertilization amount of watermelon at different growth stages**

$m^3/hm^2$

处理 Treatment	肥料类型 Fertilizer type	苗期 Seeding stage	伸蔓期 Leaf developing stage	开花坐 果期 Flowering stage	果实成 熟期 Fruit ripening stage	总灌 水量 Total irrigation
$F_1$	N	8.4	11.2	11.2	25.2	56.0
	$P_2O_5$	6.0	8.0	10.0	6.0	30.0
	$K_2O$	5.0	10.0	15.0	40.0	70.0
$F_2$	N	16.8	22.4	22.4	50.4	112.0
	$P_2O_5$	24.0	24.0	12.0	12.0	60.0
	$K_2O$	10.0	20.0	30.0	80.0	140.0
$F_3$	N	25.2	33.6	33.6	75.6	168.0
	$P_2O_5$	18.0	24.0	30.0	18.0	90.0
	$K_2O$	15.0	30.0	45.0	120.0	210.0



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

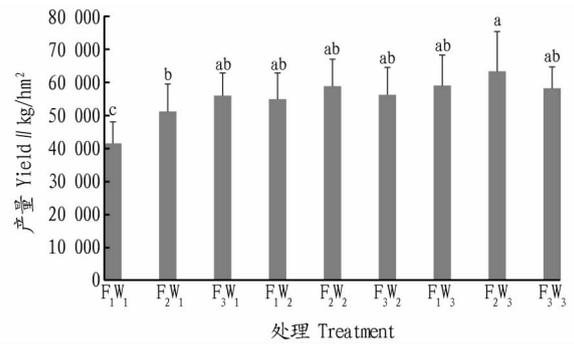
Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图 1 不同水肥配比对西瓜单瓜重的影响

**Fig. 1 Effects of different water and fertilizer treatments on weigh of single watermelon**

**2.1.2 不同水肥配比对西瓜产量的影响。**由图 2 可知,不同水肥配比处理的西瓜产量与单瓜重的变化趋势一致。 $F_2W_3$  处理产量最高,达 64 363.6  $kg/hm^2$ ,而  $F_1W_1$  处理产量最低,仅为 42 163.6  $kg/hm^2$ 。 $F_2W_3$  处理较  $F_1W_1$  处理产量提

高了 34.5%。



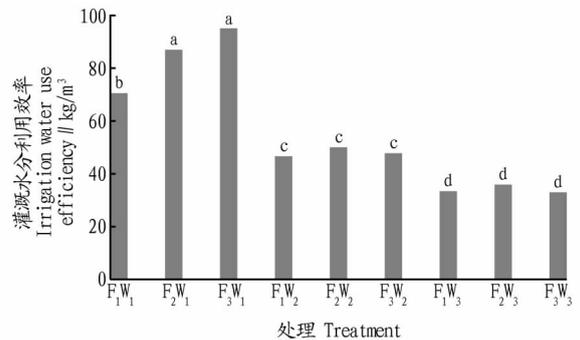
注:不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图 2 不同水肥对比对西瓜产量的影响

**Fig. 2 Effects of different water and fertilizer treatments on yield of watermelon**

**2.2 不同水肥对比对灌溉水分利用效率的影响** 由图 3 可知,不同处理之间差异显著。在低水量  $W_1$  处理下,灌溉水分利用效率表现为随着施肥量的增加而逐渐升高;在  $W_2$  与  $W_3$  水平下,灌溉水分利用效率表现为随着施肥量的增加先增加后下降,且  $F_2$  灌溉水分利用效率最高。在施肥量相同水平下,灌溉水分利用效率表现为  $W_1 > W_2 > W_3$ ,呈正相关关系。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图 3 不同水肥对比对灌溉水分利用率的影响

**Fig. 3 Effects of different water and fertilizer treatments on IWUE of watermelon**

**2.3 不同水肥对比对西瓜果实品质的影响**

**2.3.1 不同水肥对比对西瓜果实外观形态的影响。**由表 3 可知,不同水肥对比对西瓜果实纵径、横径均有显著影响,但对果实果形指数和果皮厚影响均不显著。 $F_1W_1$  处理的果实纵径、横径最短,分别为 24.83、17.68 cm,  $F_2W_2$  处理的果实纵径、横径最长,达 30.03 和 19.7 cm,分别提高了 20.9% 和 11.4%。

**2.3.2 不同水肥对比对西瓜果实总可溶性固形物含量的影响。**由图 4 可知,不同水肥配比的西瓜果实总可溶性固形物含量差异显著。其中,  $F_2W_2$  处理的总可溶性固形物含量最高为 9.725%,  $F_1W_1$  处理的总可溶性固形物含量最低仅为 7.9%。当灌水量相同时,西瓜果实总可溶性固形物含量均

表现为随着施肥量的增加先上升后下降,且  $F_2 > F_3 > F_1$ ;而当施肥量一定时,边际可溶性固形物含量同样表现为先上升后下降的趋势。

由图5可知,  $F_2W_2$  处理的中心可溶性固形物含量最高,达 11.225%;而  $F_1W_1$  处理最低,仅为 9.6%,其他处理差异均不显著。当灌水量相同时,中心可溶性固形物含量均表现为随着施肥量的增加先上升后下降;而当施肥量一定时,也基本表现为先上升后下降的趋势。

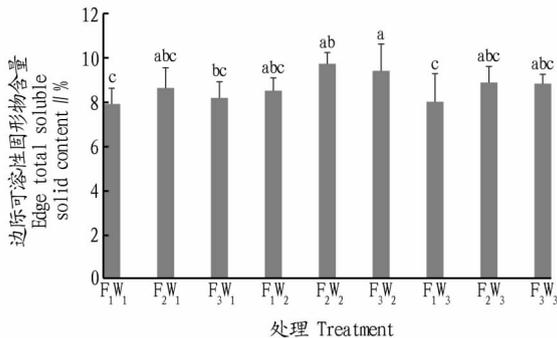
表3 不同水肥配比对西瓜果实外观形态的影响

Table 3 Effects of different water and fertilizer treatments on fruit shape of watermelon

处理 Treatment	果实纵径 Fruit longitudinal diameter//cm	果实横径 Fruit equatorial diameter //cm	果形指数 Fruit shape index	果皮厚 Pericarp width//cm
$F_1W_1$	24.825 b	17.675 b	1.40 a	1.025 a
$F_2W_1$	26.250 b	18.775 ab	1.40 a	0.950 a
$F_3W_1$	26.750 ab	18.250 ab	1.47 a	0.925 a
$F_1W_2$	26.275 b	18.500 ab	1.42 a	0.875 a
$F_2W_2$	30.025 a	19.700 a	1.52 a	0.950 a
$F_3W_2$	27.475 ab	18.700 ab	1.47 a	0.950 a
$F_1W_3$	27.175 ab	19.100 ab	1.42 a	1.050 a
$F_2W_3$	27.250 ab	18.800 ab	1.45 a	0.925 a
$F_3W_3$	26.100 b	18.425 ab	1.42 a	0.925 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图4 不同水肥对比对西瓜边缘可溶性固形物的影响

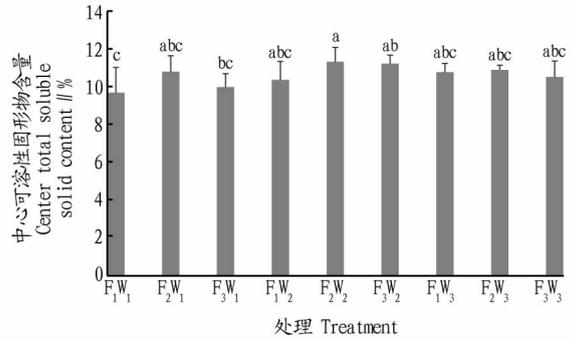
Fig. 4 Effects of different water and fertilizer treatments on edge total soluble solid content of watermelon

### 3 结论与讨论

**3.1 不同水肥对比对西瓜产量和水分利用效率的影响** 该试验结果表明,在中、低水和中、低肥处理条件下,适量增加灌水量和施肥量均有助于提高西瓜的单瓜重和产量,但高水高肥反而会抑制西瓜的生长。因此在适量灌水时,追施一定比例的氮磷钾肥能增强其交互效应,有利于提高西瓜的单瓜重和产量。

合理的灌溉制度是农作物高产高效的前提,该试验结果表明,不同水肥处理的灌溉水分利用效率差异显著,低水处

灌溉水分利用效率较高,但整体产量不高,在生产中不可取。 $F_3W_1$  处理最高,但过多的化肥施用易造成污染;总体而言, $F_2W_2$  处理在保证产量的基础上,水分利用效率较合理,是节水高产的合理配比。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图5 不同水肥对比对西瓜中心可溶性固形物含量的影响

Fig. 5 Effects of different water and fertilizer treatments on center total soluble solid content of watermelon

**3.2 不同水肥对比对西瓜果实品质的影响** 西瓜的外形特征决定了西瓜的商品性。该研究结果表明,各处理西瓜果实的果皮厚度在 0.87~1.15 cm,厚度合适,而果形指数在 1.38~1.52,为长椭圆形,利于西瓜的运输与储存。

西瓜可溶性固形物含量反映了西瓜的甜度与成熟度<sup>[10]</sup>。不同水肥组合对西瓜果实的中心可溶性固形物、边缘可溶性固形物均有显著影响。在低水和中水水平适当增加施肥量有利于增加中心、边缘可溶性固形物含量。 $F_2W_2$  处理的中心和边缘可溶性固形物含量最高,且该水平处理中边差值最小,使得西瓜果肉可食部分增加,口感均一。

综合考虑西瓜产量、品质、水分利用效率,以及水肥交互作用 and 环境保护等因素,在西瓜膜下滴灌栽培模式下,中等施肥量( $N 112 \text{ kg}/\text{hm}^2 + P_2O_5 60 \text{ kg}/\text{hm}^2 + K_2O 140 \text{ kg}/\text{hm}^2$ )和中等灌水量( $1 200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )为当地较优水肥配比。

### 参考文献

- [1] 谢伟,黄璜,沈建凯. 植物水肥耦合研究进展[J]. 作物研究,2007,21(S1):541-546.
- [2] 周罕觅,张富仓,ROGER KJELGREN,等. 水肥耦合对苹果幼树产量、品质和水肥利用的效应[J]. 农业机械学报,2015,46(12):174-183.
- [3] 杜少平,马志明,薛亮. 密度、氮肥互作对旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(1):150-157.
- [4] 王强,扈新民,袁静,等. 西瓜不同生长发育阶段的需水特性及其研究进展[J]. 蔬菜,2015(7):30-33.
- [5] 王洪庆,李新泽. 蔬菜水肥一体化栽培关键因素分析[J]. 中国果菜,2016,36(8):55-57.
- [6] 蒲海英. 大棚蔬菜膜下滴灌施肥技术[J]. 现代农业,2015(10):41-42.
- [7] 诸海焘,蔡树美,余廷园,等. 中小型西瓜不同生育期对氮磷钾的吸收分配规律研究[J]. 上海农业学报,2014,30(3):62-65.
- [8] 杨小振,张显,马建祥,等. 滴灌施肥对大棚西瓜生长、产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(7):109-118.
- [9] 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.
- [10] 张帆,宫国义,王倩,等. 西瓜品质构成分析[J]. 果树学报,2006,23(2):266-269.