

## 痕量灌溉下不同水肥处理对温室黄瓜生长的影响

杨志远, 宋健, 黄重文, 崔皓博, 黄令淼, 杨培岭

(中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

**摘要:**为保证温室蔬菜品质和产量,进一步提高节水灌溉效率,以黄瓜品种“中农26”为试材,研究了痕量灌溉下不同水肥处理对黄瓜产量和品质的影响。结果表明,①痕量灌溉条件下施肥量和施肥频率对黄瓜的生长、产量和品质均有不同的影响,施肥量的提高对黄瓜干物质累积量的影响较小,但1次追肥处理较有利于黄瓜干物质累积量的增加;②施肥量对黄瓜产量的影响较大,当施肥量从施肥水平的60%提高到80%时产量平均提高了20.65%,且1次追肥处理产量最高;黄瓜品质受施肥量的影响不大,但1次追肥处理较有利于果实中还原型VC和可溶性糖的累积。按1次追肥,施肥量为当地施肥水平80%能兼顾产量和品质,是比较适宜的施肥模式,并且施肥方式简单,易于操作,可以推广应用。

**关键词:**灌溉;水肥;黄瓜;产量;品质

中图分类号: S275.6

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.01.013

杨志远,宋健,黄重文,等.痕量灌溉下不同水肥处理对温室黄瓜生长的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(1):74-78.

### 0 引言

按照作物的水肥需求,根据土壤墒情和养分状况,通过低压管道系统将养分和水分以较小的流量均匀、准确地直接输送到作物根部附近土壤中的“水肥一体化”技术,是将施肥与有压水源灌溉有效结合起来的综合农业技术。水肥一体化技术具有较好的节水节肥作用,能够提高黄瓜产量,改善黄瓜品质,提高水分利用效率,同时在经济效益方面有显著提升<sup>[1-2]</sup>。不同的灌溉方式、灌溉水量和灌溉频率对黄瓜产量和品质的影响也有所不同,其研究成果多以滴灌为主,研究认为:滴灌的水分利用效率和水分产出率最高,黄瓜耗水量以滴灌最低,但滴灌的成本和产值均最高<sup>[3-4]</sup>。另外,灌水量对温室自根与嫁接黄瓜产量品质均有影响<sup>[5-6]</sup>;灌水控制下限土壤水吸力值与灌水量、黄瓜产量和水分利用效率的数量关系可用二元二次方程表达<sup>[7]</sup>等。

近年来,痕量灌溉在节水灌溉新技术中备受关注,其能以相对较缓的供水速度适量、不间断地直接将水或营养液输送到植物根系附近,充分满足作物水分需求,进一步实现节水增效。在保持稳定经济产量的情况下,痕量灌溉水分利用率较常规滴灌、畦灌有明显提高<sup>[8]</sup>;痕量灌溉节水效果好且能使作物根层土壤长期处于适宜含水率范围,能为作物生长创造良好的环境,痕量灌溉均匀度高于普通滴灌的均匀度等<sup>[9-10]</sup>。

然而,痕量灌溉下不同水肥处理对温室蔬菜的影响研究相对较少。为此,本研究设置不同的追肥量和施肥频率,研究痕量灌溉水肥一体化模式对温室黄瓜产量和品质的影响,以为痕量灌溉施肥技术在温室蔬菜栽培方面的实际应用与推广提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

试验于2015年5—7月在北京市通州区中国农业大学通州实验站温室内进行。温室规格68 m×9 m。试验黄瓜品种为“中农26”。黄瓜生育周期为120 d左右,包括发芽期、幼苗期、初花期、结果期4个阶段。痕量灌溉产品采用北京普泉科技有限公司生产的直径为16 mm,控水头间距33 cm,出水量为0.1 L/h的痕量灌

收稿日期:2016-06-28

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(201510019127);科技部科技支撑项目(2014BAD12B06)

作者简介:杨志远(1994-),男,河北衡水人。研究方向为农业水利工程。E-mail: yangxyj@126.com

通信作者:杨培岭(1958-),男,内蒙古呼和浩特人。教授,主要从事灌溉理论与技术等方面研究。E-mail: yang-pl@163.com

溉带。试验用肥采用“圣诞树”水溶复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 比例为1:0.5:1.25)。

## 1.2 试验设计与方法

试验时,黄瓜种植采用1垄2行栽培模式,垄高为20 cm,垄面宽75 cm,垄上行距为60 cm,大行距90 cm,沟心距为150 cm,株距为33 cm。痕量灌溉带布置为1带1行,试验控制滴头下0.2 m深度的基质势下限为-50 kPa(布置方式见图1,以1个小区内布置为例,植株与滴头一一对应)。



图1 痕量灌溉带布置示意图

试验设置2种施肥量,按推荐施肥量的80% (“1”)和60% (“2”);为探究追肥频次对作物生长的影响,确定适宜的追肥频次以及结合痕量灌溉的少量多次原则划分3种不同施肥频率,分1次、3次、5次追肥(A、B、C),另设置一次性施肥量为当地追肥量,作为对照(CK),所有处理均采用痕量灌溉方式。施肥周期为5 d,即施肥频率为1次时一次性使用全部肥量;施肥频率为3次时隔天施肥,施肥量为一次性施肥时的1/3;施肥频率为5次时每日施肥,施肥量为一次性施肥时的1/5。

根据上述设计方案,选定的痕量灌溉水肥一体化模式共7个处理、7种施肥量与施肥次数模式(见表1)。

表1 不同处理施肥量与施肥次数

处理	施肥量/(kg·hm <sup>2</sup> )	施肥次数
A1	196.08	1
B1	196.08	3
C1	196.08	5
CK	245.10	1
A2	147.06	1
B2	147.06	3
C2	147.06	5

## 1.3 指标及测定方法

考察分析的指标有干物质质量(包括茎和叶)、鲜质量(包括果实的数量和质量),品质指标包括还原型VC及可溶性总糖。测定干物质质量时为破坏性取样,测定所取植株果实鲜质量并计入当日产量,因此对测产没有影响,试验过程中有效取样4次。具体做法为:测定干物质质量之前,先把植物各部分鲜样放进烘箱保持105℃杀青30 min,后调恒温85℃烘至恒量称量,称量使用电子精密天平,量程500 g,精度10 mg,保证干物质质量测定的准确性。从初瓜期至末

瓜期,对各处理黄瓜的鲜质量进行测产,共取样23次。称量采用高精度电子计重台秤,称量300 kg,分度值60 g,为保证取样时果实鲜质量为日内较高水平,取样时间为每日清晨(09:00前)。在盛瓜期测定黄瓜果实中的还原型VC量及可溶性总糖量,由北京市农林科学院植物营养与资源研究所测定,直接提供测定结果。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对黄瓜产量的影响

痕量灌溉时黄瓜产量与施肥频率有一定关系。如表2所示,在35 d的取样周期内(对应黄瓜生长期为结果期,即第一雌花坐瓜到拉秧之间),追肥量为80%(1.5 kg)时,追肥频率为3次的处理产量比追肥频率为1次的处理产量高1.1%;比追肥频率为5次的样区产量高13.1%;同时,当追肥量为当地追肥量的60%(1.125 kg)时,追肥1次的处理产量最高,比追肥3次处理高13.0%,较追肥5次处理高43.9%。并且在较大追肥量的前提下,追肥1次的处理(A1)所得黄瓜产量较追肥5次的处理(C1)和对照(CK)分别提高11.77%和5.28%;追肥3次的处理(B1)所得产量则分别较C1处理和CK提高12.98%和6.42%。

表2 不同施肥处理下黄瓜的平均产量

处理	施肥量/kg	施肥次数	产量/(kg·hm <sup>2</sup> )
A1	1.500	1	5 006.703
B1	1.500	3	5 060.804
C1	1.500	5	4 479.477
CK	1.875	1	4 755.662
A2	1.125	1	4 744.261
B2	1.125	3	4 200.023
C2	1.125	5	3 295.783

对比不同施肥处理在取样期间的产量变化,结果如图2所示。结合质量称量结果可以看出,在整个取样周期内,随着时间的变化,追肥量为1.5 kg时,B1处理产量最高;而当追肥量减少为1.125 kg时,A2处理产量最高,可见当追肥量不同时,不同施肥频率对于黄瓜产量的影响是不同的。在6月16—24日,7月5—12日以及7月15—7月20日这3个发育阶段内,黄瓜产量均有较大幅度的提升,长势良好。其中,第一阶段2种追肥

量条件下各处理发育状况基本一致;从第二阶段开始,当施肥量为当地追肥量的80%时,B1处理产量相对较高,当施肥量为当地追肥量的60%时,A2处理的产量相对较高,说明在较高的追肥水平条件下施肥3次对黄瓜产量的促进作用较明显,而在较低追肥量条件下施肥1次对黄瓜产量的促进作用较明显,这可能是由于较低的追肥水平下施肥5次的单次施肥量无法满足作物生长而造成的。

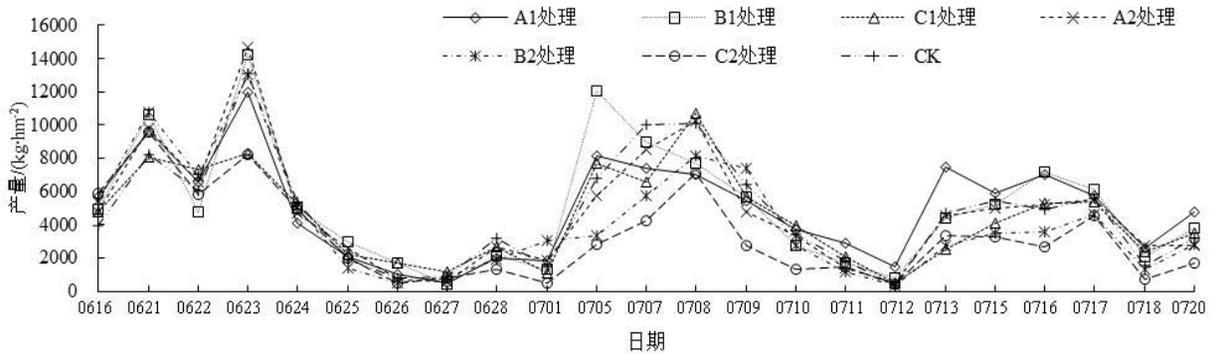


图2 不同施肥频率下黄瓜产量随时间变化规律

痕量灌溉时黄瓜产量与施肥量也有一定关系。施肥量的影响可通过对比施肥频率均为1次的3个处理来进行研究(见表2),追肥比例为当地追肥量的80%时产量最高,而施用60%的追肥量和当地追肥量处理黄瓜产量相差不大,在取样周期内,A1处理平均产量较B1处理提高5.53%,较CK提高5.28%。

结合图2可以看出,对比其他2个处理,A1处理下的黄瓜产量在整个取样期内均维持在较高水平,而且在3个产量出现明显提升的阶段(6月16—24日,7月5—12日,7月15—20日)黄瓜产量的最大值出现较早,与之相反的是黄瓜产量出现峰值较晚且产量在峰值出现后立即回落(B1处理第一、第二阶段)或者产量维持在较低水平(B1、CK处理第三阶段),结果表明,追肥量为当地追肥量80%的处理有助于提高黄瓜产量。

就各处理对比来看(见表2),当设置追肥量为当地追肥量的80%时,产量高于追肥量仅为当地追肥量60%的处理,当施肥频率为1次时,追肥量较大的处理(A1)比追肥量较小(A2)的处理产量高5.53%;当施肥频率为3次时,施当地追肥量80%的处理(B1)较施当地追肥量60%的处理(B2)产量提高20.49%;当施肥频率为5次时,追肥量较大的处理(C1)的产量比追肥量较小的处理(C2)的产量高35.91%。上述结果充分显示了适当提高施肥量对黄瓜产量的提升作用。

## 2.2 不同施肥处理对黄瓜品质的影响

在各实验组处理中选取黄瓜样品送检,检测项目为还原型VC及可溶性总糖,测定结果如表3所示。从表3可以看出,施肥量和施肥频率的变化对黄瓜样品中还原型VC量和可溶性总糖量有不同的影响。具体表现为,当追肥量为当地施肥量的80%时,A1和C1处理条件下果实中还原型VC量和可溶性总糖量较高,而相对产量较高的B1处理,果实中还原型VC量和可溶性总糖量较低,总体趋势为,随着施肥频率的增加,黄瓜果实中还原型VC量和可溶性总糖量先减少后增加:A1处理还原型VC量和可溶性总糖量最高,分别为90.9 mg/kg和1.63%,B1处理最低,还原型VC量和可溶性总糖量分别为69.5 mg/kg和1.42%;当追肥量为当地追肥量的60%时,随施肥频率的增加,黄瓜样品中还原型VC量和可溶性总糖量呈下降趋势,即只施1次肥的A2处理下,黄瓜中所含有的还原型VC量和可溶性总糖量是最高的,较C2处理还原型VC量和可溶性总糖量分别高出65.6%和39.8%。同时,经过对比相同施肥频率下,不同施肥量的黄瓜品质,发现,除C1与C2处理外,其他2组黄瓜品质差别均很小,而C1处理的可溶性总糖量则远远大于C2处理,还原型VC量也高出将近15.2%,这说明,在追肥5次条件下适当增加追肥量对黄瓜内还原型VC量和可溶性总糖量的提高有所帮助。

表3 不同施肥处理下黄瓜的品质

处理	可溶性总糖量/%	还原型VC量/(mg·kg <sup>-1</sup> )
A1	1.63	90.9
B1	1.42	69.5
C1	1.61	72.1
A2	1.56	87.5
B2	1.30	68.6
C2	0.94	62.6

随着施肥频率的增加,黄瓜果实中还原型VC量和可溶性总糖量先减少后增加:A1处理还原型VC量和可溶性总糖量最高,分别为90.9 mg/kg和1.63%,B1处理最低,还原型VC量和可溶性总糖量分别为69.5 mg/kg和1.42%;当追肥量为当地追肥量的60%时,随施肥频率的增加,黄瓜样品中还原型VC量和可溶性总糖量呈下降趋势,即只施1次肥的A2处理下,黄瓜中所含有的还原型VC量和可溶性总糖量是最高的,较C2处理还原型VC量和可溶性总糖量分别高出65.6%和39.8%。同时,经过对比相同施肥频率下,不同施肥量的黄瓜品质,发现,除C1与C2处理外,其他2组黄瓜品质差别均很小,而C1处理的可溶性总糖量则远远大于C2处理,还原型VC量也高出将近15.2%,这说明,在追肥5次条件下适当增加追肥量对黄瓜内还原型VC量和可溶性总糖量的提高有所帮助。

## 2.3 不同施肥处理对黄瓜茎叶干物质积累的影响

试验期间共取黄瓜植株4次,分装黄瓜茎、叶部分,由每次统计数据累加,结果见表4。

表4 不同施肥处理下黄瓜茎、叶干物质累积量

g

干物质质量	取样时间点	A1处理	B1处理	C1处理	CK	A2处理	B2处理	C2处理
茎部分	第1次	23.53	22.09	26.25	25.86	26.01	23.92	32.00
	第2次	46.89	40.01	45.66	42.16	49.60	48.34	49.72
	第3次	105.05	93.50	85.60	94.54	86.49	80.15	79.16
	第4次	140.88	132.03	124.57	135.83	124.36	114.27	110.15
叶部分	第1次	36.92	57.88	31.74	38.28	36.10	23.16	32.77
	第2次	44.55	61.99	39.36	49.88	39.79	31.02	37.49
	第3次	83.29	113.61	86.69	105.53	64.13	62.96	68.39
	第4次	110.42	152.61	121.47	144.39	99.81	109.61	104.79

由表4可得,1)黄瓜茎的部分。第1次取样,干物质累积量在22~27 g之间,C1处理最高为26.25 g,B1处理最低为22.09 g;第2次取样,干物质累积量在40~47 g之间,A1处理最高为46.89 g,B1处理最低为40.01 g;第3次取样,干物质累积量在85~106 g之间,A1处理最高为105.05 g,C1处理最低为85.60 g;第4次取样,干物质累积量在124~141 g之间,A1处理最高,为140.88 g,C1处理最低,为124.57 g。当施肥量为当地施肥量的60%时:第1次取样,干物质累积量在26~32 g之间,C2处理最高为32.00 g,B2处理最低为23.92 g;第2次取样,干物质累积量在48~50 g之间,C2最高为49.72 g,B2处理最低为48.34 g;第3次取样,干物质累积量在79~87 g之间,A2处理最高为86.49 g,C2处理最低为79.16 g;第4次取样,干物质累积量在110~125 g之间,A2最高为124.36 g,C2最低为110.15 g。前2次取样,各处理下干物质的累积量差别较小,但从第2次取样至第3次取样期间,干物质累积量有快速增长的趋势,A1处理高于其他处理,同时之前干物质累积量最低的B1处理也有所增长开始高于之前相对较高的C1处理,直至最后一次取样,按1次追肥的A1处理干物质累积量一直高于其他处理,B1处理也保持了干物质累积量高于C1处理的状态。可见,在施肥量为当地施肥量的80%条件下,1次追肥对黄瓜茎部分干物质累积量增加作用较为明显,分3次追肥次之,分5次追肥效果一般。

2)黄瓜叶片的部分。由于在生育期内进行了打叶的处理,黄瓜叶片的干物质质量积累有所影响,总体上从第2次采样之后,黄瓜叶的干物质质量开始呈现上升趋势。第1次取样,叶片干物质累积量在23~39 g之间;第2次取样,干物质累积量在31~50 g之间;第3次取样,叶片干物质累积量在62~106 g之间;第4次取样,干物质累积量在99~144 g之间。总体来讲,CK干物质累积量较高,其他试验处理生长趋势基本一致:其中,当追肥量为80%时,B1处理在整个追肥过程中干物质累积量始终维持在较高水平,但第1次取样至第2次取样期间干物质累积增长不明显,这一趋势在A1和C1处理中也有体现,3个处理在这一时间段内平均干物质累积量为6.45 g。当追肥量为60%时,B2处理在初期干物质累积量较低,之后从第2次取样后开始有明显提升,第3次取样B2干物质累积量62.96 g略低于A2的64.13 g和C2的68.39 g,但在第4次取样时,B2处理干物质累积量达109.61 g,超过A2和C2处理。其中,B2处理在初期干物质累积量较低,之后从第2次取样后开始有明显提升,第3次取样B1处理干物质累积量62.96 g略低于A2处理(64.13 g)和C2处理(68.39 g),但在第4次取样时,B2处理干物质累积量达109.61 g,超过A2和C2处理;A2和C2处理干物质累积量在取样过程中差别较小。可见,在施肥量为当地追肥量的60%条件下,分3次追肥在后期对黄瓜叶的干物质累积量增加作用较强,分1次和5次追肥作用则较弱。

### 3 结论

施肥量和施肥频率对黄瓜的生长情况,产量和品质均有不同的影响。其中,施肥量对黄瓜产量的影响较大,且1次追肥处理产量最高,当施肥量从当地施肥水平的60%提高到80%时各处理产量平均提高了20.40%,研究结果与方栋平<sup>[4]</sup>等关于灌水量和滴灌施肥方式对温室黄瓜产量和品质的影响结果相似;施肥量的提高对黄瓜干物质累积量的影响较小,但1次追肥处理较有利于黄瓜干物质累积量的增加;另外,黄瓜品质受施肥量的影响不大。关于痕量灌溉带对所追水溶肥是否有拦截作用有待进一步分析,未来可通过增加室内试验进行确定。

全面考虑水肥协同效应,节水节肥及优质高产等多种因素,合理配置施肥量及追肥频率,产量、还原型

VC量和可溶性总糖量均有所增加。综合以上指标,经过试验,1次追肥处理能兼顾产量和品质,是比较适宜的施肥模式,并且施肥方式简单,易于操作,可以推广应用。该量化指标为温室黄瓜优质高产的水肥管理提供依据,对温室黄瓜水肥一体化技术的应用有着重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 于舜章. 山东省设施黄瓜水肥一体化滴灌技术应用研究[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(16): 173-176.
- [2] 王兵, 杨红莉, 刘雁彬, 等. 日光温室黄瓜水肥一体化技术应用[J]. 新疆农业科技, 2010(5): 22-23.
- [3] 杜社妮, 白岗栓, 梁银丽. 灌溉方式对黄瓜生长、产量及水分利用效率的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2010, 36(4): 433-439.
- [4] 方栋平. 灌水量和滴灌施肥方式对温室黄瓜产量和品质的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1735-1742.
- [5] 孔祥悦, 李红玲, 侯鹏, 等. 灌水量对温室自根与嫁接黄瓜产量品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(15): 114-117.
- [6] 张晓英, 梁新书, 张振贤, 等. 亏缺灌溉下异根嫁接提高黄瓜产量和水分利用效率[J]. 农业工程学报, 2013, 29(2): 117-124.
- [7] 孟庆龙, 张玉龙, 虞娜, 等. 节点式渗灌温室黄瓜适宜灌水控制下限的研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(3): 77-79.
- [8] 周继华, 王志平, 刘宝文. 痕量灌溉对温室生菜生长和产量及水分利用效率的影响[J]. 北方园艺, 2013(13): 51-53.
- [9] 刘学军, 周立华, 张建忠, 等. 葡萄痕量灌溉技术试验研究[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(6): 43-46.
- [10] 安顺伟, 周继华, 刘宝文, 等. 痕量灌溉管不同埋深对番茄生长、产量和水分利用效率的影响[J]. 作物杂志, 2013(3): 86-89.

## Effects of Different Trace Irrigation Systems of Integral Control of Water and Fertilization on Growth of Cucumber in Greenhouse

YANG Zhiyuan, SONG Jian, HUANG Chongwen, CUI Haobo, HUANG Lingmiao, YANG Peiling  
(College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to ensure quality and production of greenhouse vegetables and improve the efficiency of water saving irrigation at the same time, cucumber "Zhongnong No.26" was used as test material to study the effects of different trace irrigation, fertilization process integration modes on cucumber growth, yield and quality. The results showed that the fertilizer rate and fertilization frequency were able to affect the cucumber growth, yield and quality separately, the effect of the increase of fertilizer on the quantity of cucumber dry matter accumulation was not significant, and low fertilizer rate treatment was beneficial to increase the amount of cucumber dry matter accumulation. When the fertilizer rate increased from 60% of the local fertilizer levels to 80%, the processing production increased by 20.65% on average, and the low frequency treatments had the highest yield. In addition, low fertilizer treatment was advantageous to the reduced form VC and soluble sugar accumulation in fruit. The low frequency fertilization can handle both yield and water use efficiency and quality, and is more suitable to fertilization mode. Besides, the fertilization way, which is more simple and easier to operate, can be applied widely.

**Key words:** irrigation; water and fertilization; cucumber; production; quality

责任编辑:陆红飞