

辽宁地区秋冬茬大棚黄瓜滴灌水肥一体化试验研究

窦超银^{1,2}, 孟维忠², 陈伟², 延玮辰²

(1. 扬州大学 水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225009; 2. 辽宁省水利水电科学研究院, 沈阳 110003)

摘要:【目的】在设施农业中合理应用滴灌水肥一体化技术。【方法】以大棚黄瓜为对象,采用正交试验设计方法,以传统沟灌为对照,研究了不同灌溉下限(田间持水率的65%、75%、85%,分别记为 W_1 、 W_2 、 W_3 水平)、施氮量(单产理论需氮量的70%、100%、130%,分别记为 N_1 、 N_2 、和 N_3)和施钾量(单产理论需钾量的70%、100%、130%,分别记为 K_1 、 K_2 、 K_3)对黄瓜生长和产量的影响。【结果】与传统沟灌相比,不同滴灌水肥一体化灌溉处理间株高和茎粗无显著差异,有利于获得均一株型,抑制植株无效生长;滴灌水肥一体化产量高于传统沟灌,但在目标产量需肥量的 $\pm 30\%$ 变化范围内,灌溉下限、施氮量和施钾量的交互作用对产量未产生显著影响。极差分析结果表明,灌溉下限是影响产量的主要因素,其次为施氮量和施钾量,获得高产量的最优组合为 $W_2N_2K_2$ 。【结论】当秋冬茬大棚黄瓜应用滴灌水肥一体化技术时,以75%田间持水率作为灌溉下限,中度施氮量和施钾量较为适宜。

关键词:滴灌; 随水施肥; 黄瓜; 产量; 植株生长

中图分类号:S274.1

文献标志码:A

doi: 10.13522/j.cnki.gggs.2016.0162

窦超银, 孟维忠, 陈伟, 等. 辽宁地区秋冬茬大棚黄瓜滴灌水肥一体化试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(8): 22-26.

0 引言

随着施肥设备和肥料产品的不断更新,滴灌水肥一体化技术的应用也日益增多。如果对水肥用量、时间、配比等关键参数缺乏合理设计,则会引起水分亏缺、肥料淋失或次生盐渍化等问题,导致水肥浪费、土壤质量下降和减产等。因此,因地制宜地制定水肥制度是水肥一体化技术能否发挥效益的关键。

以土壤含水率下限作为灌溉控制指标具有一定的理论基础,且易于操作,是制定灌溉制度的主要方法之一。研究表明,温室黄瓜灌水下限控制在田间持水率的85%时可以显著提高产量,过低的灌溉下限在需水量大的盛瓜期会抑制黄瓜生长^[1];黄瓜初花期灌溉控制下限为田间持水率的55%时,形态指标相对较好,最终获得较高的产量和品质^[2];大棚番茄滴灌土壤水分下限以田间持水率的50%为宜^[3];秋冬茬番茄夏季育苗的灌水指标以田间持水率的75%为宜^[4],但也有研究认为水分下限为田间含水率的45%~55%较为合适^[5]。在施肥方面,由于水肥一体化改变了肥料进入土壤的形式和形态,用量需要进一步试验确定。如研究表明施肥并不是越多越好,当施肥超过一定限度时,产量不但不增加,反而会有所下降,导致肥料利用率降低,甜瓜滴灌水肥一体化纯N和纯K用量分别以300 kg/hm²和225 kg/hm²为宜^[6];大棚番茄春季栽培尿素和硫酸钾最佳施用量分别为1 875 kg/hm²和硫酸钾1 260 kg/hm²^[7];大棚西瓜滴灌施肥纯N和纯K用量分别以163.1 kg/hm²和202.2 kg/hm²为宜^[8]。在农业生产具有一定可控性的设施农业中,灌溉和施肥制度因区域气候、土壤和作物特性等仍具有明显差异。在辽宁地区,近年来随着滴灌技术的大力推广和水肥高效利用的深入宣传,滴灌水肥一体化技术在设施农业中得到了应用,但由于缺乏基础研究,农户在灌溉施肥制度的确定上多凭种植经验或参考其他地区的研究成果,技术应用还有待于进一步完善。因此,以黄瓜为研究对象,通过研究不同水肥条件对黄瓜生长和产量的影响,以确定地区大棚黄瓜适宜灌溉施肥参数,为滴灌水肥一体化技术的合理应用和增产增效提供一定技术支撑。

收稿日期:2016-11-15

基金项目:辽宁省科技攻关计划课题(2015103030)

作者简介:窦超银(1982-),男,江苏如皋人。高级工程师,博士,主要从事节水灌溉原理与技术研究。E-mail: chydou@163.com

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在辽宁省灌溉试验中心站(120°30'44"E,42°08'59"N)的高标准日光温室中进行,试验站位于辽宁省沈阳市黄家乡,为平原地带,属温带大陆性季风气候。供试土壤为黏壤土,土壤体积质量为1.33 g/cm³,土壤饱和体积含水率为42.2%,土壤田间持水率为24%(质量),土壤中等肥力偏下,土壤速效钾、速效磷、碱解氮质量分数分别为81.28、18.39、75.41 mg/kg,全氮量为1.11 g/kg,有机质量为1.22%,pH值为7.09。

1.2 试验设计

试验种植作物为黄瓜,供试品种为“玛丽亚”。黄瓜采用大垄双行种植,垄宽1.5 m,垄长7 m,垄台高15 cm,行距0.5 m,株距0.45 m。每垄种植黄瓜16株,垄距1.5 m。采用膜下滴灌灌溉,黄瓜定植前在垄中心铺设滴灌带,滴头间距30 cm,滴头流量1.38 L/h,覆膜完成后,在滴灌带二侧水平距离25 cm处种植作物。黄瓜定植时,为保证黄瓜缓苗率,各处理统一灌水25 mm。此后,根据试验方案进行灌溉。

黄瓜各处理施肥时间统一,种植前施底肥:撒施腐熟的有机肥225 m³/hm²,施复合肥750 kg/hm²。生长期内追肥,每次肥料用量根据处理设置而异。追肥均采用随水施肥的方式,灌水15 mm,肥料在灌水约3/4~4/5时施完,剩余水量用于冲洗管道内残留肥料。

采用正交试验设计,根据灌溉下限(W)、氮素使用量(N)和钾使用量(K)的不同设置不同处理。灌溉下限分别为20 cm处田间持水率的65%(W₁)、75%(W₂)和85%(W₃);氮素使用量设低氮(N₁)、中氮(N₂)和高氮(N₃)3个水平,钾使用量也设低钾(K₁)、中钾(K₂)和高钾(K₃)3个水平,其中N₂和K₂处理根据目标产量和单产理论需肥量计算,N、K₂O施量分别为252、351 kg/hm²。高氮和高钾使用量增加30%,低氮和低钾使用量减小30%。施肥量60%用量作为底肥施入,剩余用量分别于坐果期、始收期、盛果期和盛采期追施,每次追施肥量为总量的10%。试验以传统沟灌为对照,移栽后每7~10 d灌溉1次,垄台土壤完全湿润时停止灌溉,追肥时间和用量与滴灌水肥一体化中肥处理同步,在黄瓜根部附近穴施。所施用的肥料为尿素(含N量46%)和硫酸钾(含K₂O量50%),各处理设计如表1所示。其他田间管理工作聘请当地农业生产技术人员负责,参考当地经验做法。

表1 秋冬茬大棚黄瓜水肥一体化正交试验设计

处理	水平组合	灌水下限	施氮量	施钾量
1	W ₁ N ₁ K ₁	65%θ _田	70%N _{目标}	70%K _{目标}
2	W ₁ N ₂ K ₂	65%θ _田	100%N _{目标}	100%K _{目标}
3	W ₁ N ₃ K ₃	65%θ _田	130%N _{目标}	130%K _{目标}
4	W ₂ N ₁ K ₂	75%θ _田	70%N _{目标}	100%K _{目标}
5	W ₂ N ₂ K ₃	75%θ _田	100%N _{目标}	130%K _{目标}
6	W ₂ N ₃ K ₁	75%θ _田	130%N _{目标}	70%K _{目标}
7	W ₃ N ₁ K ₃	85%θ _田	70%N _{目标}	130%K _{目标}
8	W ₃ N ₂ K ₁	85%θ _田	100%N _{目标}	70%K _{目标}
9	W ₃ N ₃ K ₂	85%θ _田	130%N _{目标}	100%K _{目标}
10	CK	-	100%N _{目标}	100%K _{目标}

注 θ_田为土壤田间持水率;N_{目标}为目标产量理论施氮量;K_{目标}为目标产量理论施钾量。

1.3 测定指标与方法

每日08:00,通过TRIME监测20 cm处土壤含水率;在打顶前(结果后期),每个小区选5株,采用刚尺和游标卡尺测定株高、茎粗和叶片数;每个小区用天平单独称质量测产,盛果期每隔1~2 d采果1次,累计得黄瓜产量。常规数据整理由Excel 2010完成,单因素方差分析由SPSS 20完成。

2 结果与分析

2.1 不同处理对黄瓜生长的影响

2.1.1 株高

不同处理下株高如表2所示。从表2可以看出,随着生育期进行,各处理株高逐渐增高,10月是植株生长的主要时间段,从40 cm持续增长到150 cm,进入11月后,长势减缓,11月中旬后去顶抑制顶端优势,控制营养物质向生殖生长转移。CK的株高始终高于滴灌处理,在以营养生长为主的花期和结果前期,较滴灌处理高20%~30%,与W₂处理差异到达显著水平,进入结果盛期后,差异减小,不再显著;滴灌各处理株高受灌溉下限影响较小,整个生长期内,处理间差异均未达到显著性水平。不同氮量水平下,CK株高高于各滴灌施氮处理,且差值随黄瓜生长而增大,结果期高出近20 cm,且与N₃处理差异达到显著水平。滴灌处理中,株高随着氮肥施用量增加有减小的趋势,除盛果期N₂和N₃处理差异达到显著水平外,其他生长期各滴灌处理之间差异均不显著。不同钾素水平下,滴灌处理株高均低于CK。滴灌处理中,随着钾肥施用量的增加,植

株株高有减小的趋势,花期和结果前期差异最为明显,K₁处理分别较K₃处理高52.2%和30.6%,且K₃与K₁和K₂处理之间差异达到显著性水平;结果盛期,各处理差异不显著。

表2 不同处理下黄瓜株高和茎粗

因素	水平	株高/cm				茎粗/mm			
		10月1日	10月14日	10月31日	11月17日	10月1日	10月14日	10月31日	11月17日
W	CK	47.7±2.7a	125.7±13.7a	177.9±14.9a	207.0±6.4a	9.8±1.5a	10.3±0.3a	12.2±1.2a	13.8±0.7a
	W ₁	<u>38.6±22.0a</u>	91.4±35.6ab	150.4±28.9ab	180.3±23.2a	8.6±2.0a	9.6±2.0ab	11.5±1.4a	13.0±0.8a
	W ₂	37.6±6.3a	97.9±7.1b	149.0±11.1b	<u>198.7±8.6a</u>	8.3±0.6a	9.1±1.0b	11.4±0.4a	<u>13.5±0.4a</u>
	W ₃	37.6±12.2a	<u>98.3±23.2ab</u>	<u>153.1±24.2ab</u>	181.0±19.6a	<u>8.8±1.4a</u>	<u>10.0±1.3ab</u>	<u>11.8±0.9a</u>	13.2±0.7a
	W _{max} -W _{min}	1.0	6.9	4.1	18.4	0.5	0.9	0.5	0.5
N	CK	47.7±2.7a	125.7±13.7a	177.9±14.9a	207.0±6.4a	9.8±1.5a	10.3±0.3a	12.2±1.2a	13.8±0.7a
	N ₁	<u>41.9±17.6a</u>	<u>101.7±27.9ab</u>	<u>157.1±25.6ab</u>	184.4±24.3ab	8.7±1.5a	<u>10.1±1.6a</u>	<u>11.8±1.1a</u>	<u>13.3±0.7a</u>
	N ₂	39.7±8.0a	99.6±13.0b	152.5±23.4ab	<u>203.4±3.9a</u>	<u>8.9±1.2a</u>	9.3±1.3a	11.6±0.3a	13.3±0.6a
	N ₃	32.3±14.9a	86.3±27.2ab	143.0±14.3b	181.9±7.0b	8.0±1.5a	9.4±1.7a	11.2±1.2a	13.1±0.7a
	N _{max} -N _{min}	9.6	15.4	14.1	21.5	0.9	0.8	0.6	0.2
K	CK	47.7±2.7a	125.7±13.7a	177.9±14.9a	207.0±6.4a	9.8±1.5a	10.3±0.3a	12.2±1.2a	13.8±0.7a
	K ₁	<u>48.0±10.1a</u>	<u>112.1±16.4ac</u>	<u>171.9±15.9a</u>	<u>195.9±10.8a</u>	<u>9.5±0.8a</u>	<u>10.5±1.2a</u>	<u>12.0±1.0a</u>	<u>13.4±0.4a</u>
	K ₂	43.6±1.1a	100.8±11.3c	149.1±7.6c	189.3±15.4a	9.2±0.4a	10.1±0.9a	11.8±0.6a	13.3±0.6a
	K ₃	23.2±7.8b	73.6±18.7b	131.6±4.8b	184.4±19.4a	7.0±0.7b	8.1±0.5b	10.8±0.6a	12.9±0.8a
	K _{max} -K _{min}	24.8	38.5	40.3	11.5	2.5	2.4	1.2	0.5

注 同列不同字母表示处理之间差异显著, $p<0.05$; 下划线表示滴灌条件下株高最大值。

滴灌水肥一体化处理中,从苗期到盛果期对株高影响最大的水分下限分别为W₁、W₃、W₃和W₂处理,施氮量分别为N₁、N₁、N₁和N₂处理,施钾量始终为K₁处理;在盛果期前,3因素对株高影响大小顺序分别为K>N>W,盛果期为N>W>K,即在水肥交互作用时,肥是影响株高的主要因素,盛果期前K₁N₁W₃组合有利于株高生长,盛果期N₂W₂K₂较为适宜。试验中,与CK相比,滴灌水肥一体化株高较小,这可能是由于沟灌有利于根系扩散生长并形成庞大的根系,为地上部分植株生长提供条件;而在滴灌水肥一体化条件下,灌溉下限设置较高,土壤长期保持湿润,通气性差,不利于植株生长,另外,试验棚中土壤养分本底值较高,在低肥水平下即能够满足生长需求,高施肥量反而不利于植株生长。

2.1.2 茎粗

不同处理下黄瓜茎粗如表2所示。从表2可以看出,从苗期到盛果期,茎粗变化缓慢,增长量在4~6 mm之间,日均增长量低于0.1 mm;各处理之间,茎粗差异较小,生长前期茎粗差异小于4 mm,随着作物生长,茎粗差异进一步减小,结果期处理之间差异小于1.5 mm。CK茎粗始终大于水肥一体化处理,但除在生长前期显著高于K₃处理外,差异均不显著。高水分下限有利于茎粗生长,但效果不明显,各处理之间差异均未达到显著性水平。施氮量对茎粗影响较小,因施氮量引起的茎粗差异均未达到显著性水平。随着钾肥使用量的增加,茎粗有减小趋势,但处理之间茎粗变幅小,后期差异在1~2 mm范围内,变幅低于10%;除在苗期和花期K₃处理茎粗显著小于其他处理外,不同处理之间差异均未达到显著性水平。

滴灌水肥一体化处理中,从苗期到盛果期对茎粗影响最大的水分下限分别为W₃、W₃、W₃和W₂,施氮量分别为N₂、N₁、N₁和N₁,施钾量均为K₁;在黄瓜生长期,3因素对茎粗影响大小顺序分别为K>N>W。即在水肥交互作用时,钾肥是影响茎粗的主要因素,其次为氮肥,水分下限控制在本试验中对茎粗影响最小;盛果期前K₁N₁W₃组合有利于茎粗生长,盛果期K₁N₁W₂较为适宜。在试验中,花期之前各处理均未灌溉施肥,以底肥和苗期保苗水维持作物水肥供给,而茎作为后期植株养分水分的的主要输送通道,主要形成于这一阶段,这可能是各水肥处理间茎粗差异不显著的主要原因。

2.2 不同处理对产量影响

各处理产量结果如表3所示。从表3可看出,CK产量为32.4 t/hm²,水肥一体化各处理产量均高于CK,且从极差分析结果可以看出,产量从大到小顺序为W₂处理>W₁处理>W₃处理>CK,W₂处理产量最高,均值为37.2 t/hm²,分别比CK、W₃和W₁处理高14.6%、9.1%和2.4%。不同氮量施用条件下,各处理产量从大到小顺序为N₂处理>N₁处理>N₃处理>CK,N₂处理产量最高,均值为37.1 t/hm²,分别较N₁、N₃处理和CK高2.1%、8.3%和14.3%。施钾量对产量的影响为K₂处理>K₃处理>K₁处理>CK,K₂处理产量最高,均值为36.4 t/hm²,分

别较 K₃、K₁ 处理和 CK 高 0.1%、3.8% 和 12.4%。方差分析表明,滴灌各处理之间差异不显著,与 CK 之间差异也不显著。

表 3 不同处理黄瓜产量极差分析

处理	试验因素			产量/(t·hm ⁻²)
	W	N	K	
W ₁ N ₁ K ₁	1	1	1	37.5
W ₁ N ₂ K ₂	1	2	2	37.4
W ₁ N ₃ K ₃	1	3	3	34.0
W ₂ N ₁ K ₂	2	1	2	37.3
W ₂ N ₂ K ₃	2	2	3	40.1
W ₂ N ₃ K ₁	2	3	1	34.1
W ₃ N ₁ K ₃	3	1	3	34.0
W ₃ N ₂ K ₁	3	2	1	33.6
W ₃ N ₃ K ₂	3	3	2	34.6
产量/(t·hm ⁻²)	K ₁	108.9	108.9	105.2
	K ₂	111.5	111.2	109.3
	K ₃	102.3	102.7	108.2
	K ₁ 平均	36.3	36.3	35.1
	K ₂ 平均	37.2	37.1	36.4
	K ₃ 平均	34.1	34.2	36.1
优平均	W ₂	N ₂	K ₂	
R/(t·hm ⁻²)	3.1	2.8	1.3	
主次顺序	WNK			

注 K₁、K₂、K₃ 分别为试验因素第 1、2、3 水平产量和;优平均为某因素下均值最大的水平;极差(R_i)为最大均值与最小均值之差。

根据正交试验产量方差分析结果(表 4),灌溉下限、施氮量和施肥量对产量影响均不显著。但极差分析表明,75%田间持水率、中度施氮量和施钾量有利于高产,灌溉下限、施氮量和施钾量对产量的影响顺序为灌溉下限>施氮量>施钾量,获得高产量的最优组合为 W₂N₂K₂。

表 4 不同处理黄瓜产量正交方差分析

试验因素	平方和	df	均方	F	Sig.
W	2.3	2	1.1	0.9	0.52
N	28.9	2	14.5	11.5	0.08
K	8.1	2	4.0	3.2	0.23
误差	2.5	2	1.3		

3 讨论与结论

滴灌水肥一体化是定量供给作物水分和养分及维持土壤适宜水分和养分浓度的有效方法,但其有效性是根据作物生长控制灌水量和施肥量,保证作物的水肥条件始终处在最优状态实现的。研究表明,当灌溉下限较小时,水分和养分在土壤中运移受阻,容易产生胁迫条件^[9];而灌溉下限维持较高时,土壤水分蒸发量大,容易破坏表层土壤的团粒结构,土壤透气性较差,影响土壤中好气微生物的分解作用,对作物生长不利^[10]。适当增加施肥量可增加土壤中速效养分量,有利于作物养分吸收,但施肥过量时,土壤中营养元素浓度过高,易导致作物营养失调或阻碍作物对养分的吸收。已有研究表明,同一灌水下限条件下,增加施肥量可以显著提高番茄干物质质量和产量,但过高的施肥量反而不利于干物质累积和产量的提高,适宜的水分和施肥量(中水中肥)会促进作物生物量的累积,获得高产^[11];土壤水分和养分的不足或过量,在作物生长期间将妨碍植物的各种生理过程,最终影响作物产量^[12];氮素用量并非越多越好,氮肥用量过高,氮素累积量增加缓慢,而产量显著下降^[13]。本研究结果与前人基本一致。

1)传统沟灌易形成较高的植株;在滴灌水肥一体化试验设定的水肥水平范围内,灌溉下限对株高影响较小,氮肥施用量和钾肥使用量的增加对株高生长有一定抑制作用;随着黄瓜的生长,氮肥和钾肥用量造成的差异逐渐减小;最终在黄瓜打顶时,株高长势接近。即滴灌水肥一体化有利于控制植株奢侈生长,形成均一株型。

2)黄瓜茎粗生长缓慢,其变化主要取决于作物自身生长特性,受灌溉施肥方式影响较小,且在水肥一体化水肥控制条件下,灌溉下限,施氮量和施钾量也均未造成茎粗的显著差异。

3)在滴灌水肥一体化条件下,灌溉下限、施氮量和施钾量对产量影响均不显著;灌溉是影响产量形成的

主要因子,其次是施氮量和施钾量,其中,75%田间持水率、中度施氮量和施钾量有利于高产。

因此,试验条件下,以传统灌溉目标产量需肥量为参考依据,上下调整用量30%时,滴灌水肥一体化灌溉下限、施氮量和施钾量对黄瓜植株生长和产量影响不显著,即从节水、节肥和土壤持续利用角度,可选择低水平用量;但从稳产和高产角度,根据极差分析结果,以75%田间持水率作为灌溉下限、中度施氮量和施钾量为宜。

参考文献:

- [1] 杨志刚,崔世茂,陈之群,等. 灌溉下限与嫁接方式对温室黄瓜根系生长及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报,2011,30(4):61-64.
- [2] 廖凯,范兴科. 黄瓜初花期适宜灌溉控制指标研究[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(3):48-52.
- [3] 李建明,潘铜华,王玲慧,等. 水肥耦合对番茄光合、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(10):82-90.
- [4] 田巧玲,王吉庆,邵秀丽,等. 不同灌水下限对日光温室秋冬茬番茄穴盘苗生长的影响[J]. 北方园艺,2012(21):39-41.
- [5] 赵青松,李萍萍,王纪章,等. 不同灌水下限对黄瓜穴盘苗生长及生理指标的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(6):31-35.
- [6] 原保忠,张卿亚,别之龙. 不同施肥量对大棚甜瓜产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(12):32-37.
- [7] 董洁,邹志荣,燕飞,等. 不同施肥处理对大棚番茄养分吸收的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(2):155-158.
- [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] 北京农业大学. 农业化学(总论)[M]. 第二版. 北京:农业出版社,1994:27.
- [10] 刘梅先,杨劲松,李晓明,等. 膜下滴灌条件下滴水量和滴水频率对棉田土壤水分分布及水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(12):3 203-3 210.
- [11] 袁宇霞,张富仓,张燕,等. 滴灌施肥灌水下限和施肥量对温室番茄生长、产量和生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(1):76-83.
- [12] 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.
- [13] 王新,马富裕,刁明,等. 不同施氮水平下加工番茄植株生长和氮素积累与利用率的动态模拟[J]. 应用生态学报,2014,25(4):1 043-1 050.

Fertigation of Autumn-winter Greenhouse Cucumber in East Liaoning Province

DOU Chaoyin^{1,2}, MENG Weizhong², CHEN Wei², YAN Weichen²

(1. School of Hydraulic Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2. Water Conservancy and Hydropower Science Research Institute of Liaoning, Shenyang 110003, China)

Abstract: 【Objective】 Drip fertigation has been increasingly used in producing vegetables from greenhouses and this paper analyzes its efficacy in east Liaoning Province. 【Method】 The experiment considered three levels of irrigation by keeping soil moisture at 65%, 75% and 85% of the field capacity (referred to as W_1 , W_2 and W_3 respectively), three nitrogen applications at 70%, 100% and 130% of the potential nitrogen requirement by the plant (referred to as N_1 , N_2 and N_3 respectively), and three potassium applications at 70%, 100% and 130% of the potential requirement by the plant (referred to as K_1 , K_2 and K_3 respectively). The model plant was cucumber. 【Result】 Compared with conventional furrow irrigation, there was no noticeable difference in height and diameter of the cucumber under different treatments, but plant phenotypes were more uniform. Fertigation improved the yield compared to conventional furrow irrigation. The irrigation levels and the amounts of applied nitrogen and potassium did not have an significant effect on yield. When the difference between the potential nutrients requirements and the amounts of applied nutrients did not exceed 30%, different combinations of water, N and K did not have a noticeable impact on the yield. Variance analysis indicated that the yield was most sensitive to water, followed by nitrogen and potassium. The yield maximized at $W_2N_2K_2$. 【Conclusion】 In drip fertigation of autumn-winter vegetables grown in greenhouse, keeping soil moisture at 75% of the field capacity, along with moderate application of nitrogen and potassium (compared with their potential requirements by the plant), gives the best yield.

Key words: drip irrigation; fertigation; cucumber; yield; plant growth

责任编辑:刘春成