

黄瓜结果期灌水上限的研究

贺忠群¹, 邹志荣²

(1. 四川农业大学园艺学院, 四川 雅安 625014; 2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为探索温室秋延后黄瓜结果期适宜灌水上限, 以‘津春 3 号’黄瓜为试材, 研究了水分上限为 80%、85%、90%、95%、100% 田间持水量下黄瓜生长发育、光合作用、水分利用率及产量的变化。结果表明: 水分上限为 90% 时, 植株生长旺盛, 根系活力强, 光合作用及水分利用率最高, 总产量显著高于其它处理, 比水分上限为 100% 处理增产 18.4%, 节水效果较好, 90% 为最适的灌水上限。

关键词: 黄瓜; 结果期; 水分上限; 灌水次数

中图分类号: S642.207 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)01-0084-05

Research on the up limitation of irrigation for cucumber during fruit-set period

HE Zhong-qun¹, ZOU Zhi-rong²

(1. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China;

2. Department of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to explore the suitable up limitation of irrigation for cucumber during fruit-set period for autumn delay planting in greenhouse, has researched the cucumber growth, photosynthesis, water use efficiency and yield change under different up limitation of soil moisture at 80%, 85%, 90%, 95% and 100% of field capacity and analyzed the impact of different up limitation of soil moisture to the irrigation times and irrigation volume for the cucumber during fruit-set period. The test material was ‘jinchun No.3’ cucumber. The results showed that when the up limitation of soil moisture was at 90% of field capacity, the plant was vigorous growing, root system was strong activity, obtained maximum of photosynthesis and water use efficiency, the gross yield was significantly higher than other treatments, and yield was increased 18.4% compared with 100% treatment, the water-saving effect was good. So the suitable up limitation for irrigation was 90% of field capacity.

Keywords: cucumber; fruit-set period; up limitation of soil moisture; frequency of irrigation

蔬菜是需水量较大的作物,尤其在干旱地区蔬菜节水是农业节水的重要组成部分。目前,无论是发达国家还是发展中国家,不论是贫水国家还是水资源比较丰富的国家,都在全方位地开展节水农业的研究^[1]。黄瓜(*Cucumis sativus* L)是我国设施栽培的主要蔬菜,对土壤湿度十分敏感,开花结果期土壤水分的供应状况对其生长发育和产量有很大的影响^[2]。近年来,设施蔬菜栽培的面积发展迅速,而且许多地区已采用先进的灌水技术如微喷、滴灌等,但在实际栽培中,蔬菜灌水仍主要是丰水高产型灌溉,灌水量过大无效蒸腾增加,不但造成水分浪费,而且会引起温室空气湿度增大,病害大量发生,没有达到

水分优化管理及提高水分利用率的目的。关于黄瓜节水灌溉方面的研究,前人主要集中在灌溉始点(下限)^[3-5],也就是什么时期开始灌水的问题,而灌水定额是根据灌至土壤田间持水量来计算。现有试验研究表明 100% 的灌水上限并不合理而应低于此指标。目前,对日光温室黄瓜节水灌溉的研究已有报道,如灌溉量^[2]、灌溉次数^[6]、灌溉模式^[7]。关于水分上限的研究甚少,也主要趋于苗期盆栽实验,采用称质量法进行水分控制,并不能对土壤含水量进行精确的实时控制^[8]。采用大田试验,研究秋延后黄瓜结果期土壤水分上限的报道在国内尚少见。本研究采用水分张力计控制滴灌系统对黄瓜结果期灌溉

收稿日期: 2013-05-09
基金项目: 四川省教育厅重点项目(10ZB044); 国家科技支撑项目(2008BAK51B02)
作者简介: 贺忠群(1971—), 女, 重庆开县人, 博士, 副教授, 主要从事蔬菜逆境生理及生物改良方面的研究。E-mail: hzqun328@163.com。

土壤水分上限进行研究,通过不同水分上限对黄瓜生长、开花坐果、产量、灌水调控(灌溉定额,灌溉次数)、节水效果等方面的研究比较,以期确定适宜的水分上限,为达到优质、高产、实现设施黄瓜水分的优化管理提供更可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试黄瓜为‘津春 3 号’。供试土壤容重为 $1.37\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,最大田间持水量为 24%。

1.2 试验设计

试验在杨凌示范园温室进行。定植前于 7 月中旬在营养钵中播种育苗。播种后 28 d 时定植于大棚。开花坐果期后开始进行不同的水分处理。试验按不同灌水上限设 5 个处理。即 100% 田间持水量(简写为 A_1);95% 田间持水量(简写为 A_2);90% 田间持水量(简写为 A_3);85% 田间持水量(简写为 A_4);80% 田间持水量(简写为 A_5)。

随机区组排列,3 个重复,共 15 个小区,小区面积为 4.76 m^2 。水分下限统一为 75% 田间持水量时开始进行灌溉。定植时按统一标准筛选瓜苗,株距 30 cm,苗统一离滴头 3 cm,行距 50 cm,每小区定植黄瓜苗 44 株,小区间用薄膜隔开,埋设深度 45 cm。各处理小区灌水量按 $m_{\text{滴}} = 667rh(\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{min}})P1/\eta$ 公式计算, r 为土壤容重($1.37\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$); η 为水分利用系数,滴灌取 0.9; h 为灌水计划湿润层; P 为土壤湿润比,取 100%。其中灌水计划湿润层,开花坐果期(从定植缓苗一根瓜 50% 长 3~5 cm 左右止)为 20 cm,水分上限为 85%。以后按深度 40 cm 计算。土壤含水量变化用土壤水分张力计进行测定,并定时用烘干法校正。张力计摆设位置离滴头 10 cm,深度为 15 cm,当张力计读数为 60 kPa(75%)时,补

水至上限,每天早上 8:00—9:00 记载各小区张力计读数,灌水量以江苏宁波产的水表计数。在结果盛期每隔 10 d 观测植株生长及结果状况,并测定分析不同水分处理对黄瓜生理变化及产量的影响。

1.3 项目测定

1.3.1 植株生长及结果观测 结果盛期,每小区取样 10 株,测定株高、4 至 5 片叶间茎粗,全株叶片数、植株中部功能叶叶面积,每 10 d 观测一次,共测 3 次,并统计每小区开花坐果情况并记载产量。叶面积用 LIA-3000 型叶面积仪测定。瓜条增长,每隔 3 d 测一次。10 月 20 日拉秧时测定根系干物重。

1.3.2 生理指标的测定 水分处理 1 个月后,每小区取样 3 株,用 TTC 法测定根系活力;光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)及气孔导度用 CIRAS-1 便携式光合测定仪测定,测定部位均为植株从上往下数的第 6 片叶,每小区随机取样 3 株。

2 结果与分析

2.1 不同灌水上限对灌水次数的调控

由图 1 可知,土壤水分的变动随时间、天气和灌水上限的不同呈现不规则的变化曲线,灌水上限低完成一次灌水的周期短,灌水次数相应也多。 A_5 灌水次数最多(5 次), A_4 为 3 次, A_3 、 A_2 、 A_1 都是 2 次,但变化的幅度和快慢不一致, A_1 最慢,其次是 A_2 ,再次是 A_3 。随植株的生长和天气的变化也可以明显看到变化间隔的浮动。

由图 2 可看出,温度在此期的波动不是太大,说明土壤水分变动的频率越来越快主要是由于植株生长需水量越来越大的缘故。据观测:一般情况下 A_1 处理 5~7 d 滴水一次, A_2 4~6 d 一次, A_3 4~5 d 一次, A_4 3~4 d 一次, A_5 2~3 d 一次。天气炎热时间隔有所缩短,气温下降时间隔有所延长。

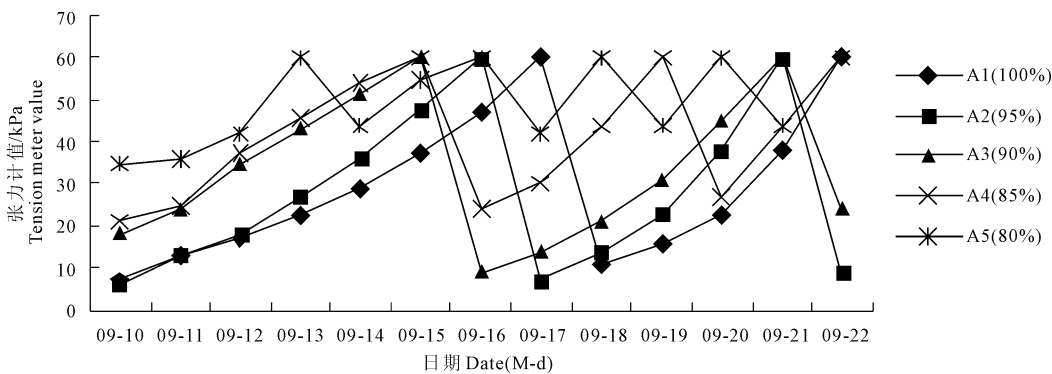


图 1 不同灌水上限对土壤水分变动的影响

Fig.1 Effect of different up limitation for irrigation to the variation of soil moisture

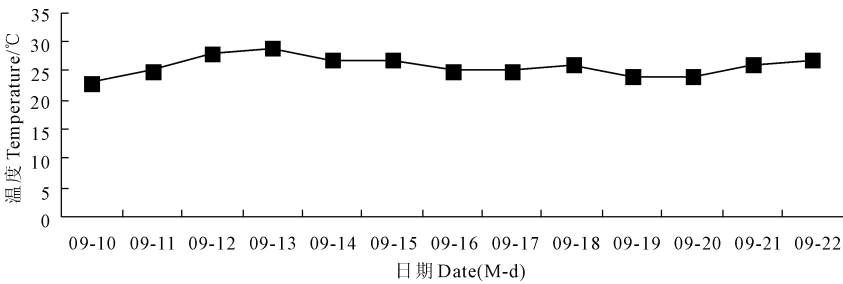


图 2 温度变化

Fig.2 The temperature variation

2.2 不同灌水上限对植株生长的影响

由表 1 可知,株高、叶片数、平均叶面积增长随水分上限递增而增加,茎粗增长则以 A₃(90%)最大,但 A₃、A₄ 差异不大;叶绿素含量、根干重及根系活力均以 A₃ 处理的值最高,其中叶绿素含量、根干重均显著地高于其它处理。

表 1 不同灌水上限对黄瓜生长的影响

Table 1 Effect of different up limitation for irrigation to the cucumber growth

处理 Treatments	株高增长 Height increase /cm	茎粗增长 Stem increase /cm	平均叶片数 The average leaf number	平均叶面积 The average leaf area /cm ²	叶绿素含量 Chlorophyll content /(mg·g ⁻¹)	根干重 Dry weight of root /g	根系活力 Root activity /(g·h ⁻¹)
A ₁	57.92a	0.09b	17.4a	224.5a	1.88c	0.978c	0.519b
A ₂	56.67a	0.13b	17.2a	215.0a	1.99c	1.063b	1.025a
A ₃	53.62b	0.33a	16.5b	209.7ab	2.56a	1.177a	1.076a
A ₄	52.15b	0.32a	15.8bc	188.1bc	2.09b	1.035b	0.807a
A ₅	49.56bc	0.24b	15.7c	180.1c	2.02b	0.989c	0.550b

注:数据经邓肯氏新复极差测验,不同大、小写字母标记分别表示 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 时的显著水平。下同。
Note: Data were analyzed by Duncan's multiple new range test and the different capital and little letters indicate significant differences at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ level respectively. The same as following.

2.3 不同灌水上限对黄瓜开花坐果及瓜条生长的影响

由表 2 可见,不同灌溉上限对黄瓜坐果率有一定的影响,坐果率以 A₂、A₃ 及 A₄ 较高,水分过多过少均不利于开花坐果。水分对瓜条生长速率的影响,长和粗表现并不一致,水分对长的影响比对粗的影响更为明显。对同一批果来说,长增长在生长初期 A₃ 与其它处理均有显著性差异,生长后期 A₃ 仅与 A₁、A₅ 有显著性差异。粗增长在生长初期 A₁ 与 A₂、A₃ 有显著性差异,到生长后期各处理间无显著性差异。

表 2 不同灌水上限对黄瓜开花坐果的影响

Table 2 Effect of different up limitation for irrigation to the flowering and fruit-set of cucumber

处理 Treatments	开花数 Number of flowering	坐果数 Number of fruit-set	坐果率 Rate of fruit-set /%	瓜条生长 Cucumber growth			
				生长初期 The early period		生长后期 The late period	
				长增长 Length increase /cm	粗增长 Stem increase /cm	长增长 Length increase /cm	粗增长 Stem increase /cm
A ₁	36	30	82.9b	5.90c	1.01b	9.46b	2.14a
A ₂	37	32	86.7a	6.88b	1.39a	11.59ab	2.71a
A ₃	39	35	89.5a	7.93a	1.53a	13.00a	2.78a
A ₄	38	33	87.4a	6.55bc	1.25ab	11.12ab	2.54a
A ₅	35	28	79.6b	6.29bc	1.24ab	9.63b	2.56a

2.4 不同灌水上限对黄瓜叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度的影响

由表 3 可知,不同灌水上限对光合速率和气孔导度的影响趋势是一致的,A₃(90%)时最高,显著高于 A₁ 和 A₅,A₃ 处理由于长时间处于较适的水分环境,气孔导度大,光合能力强,而 A₁,A₅ 由于水分过多或过少而抑制了气孔导度的增加,不利于光合作用的进行。通过蒸腾、光合与水分上限的回归分析,蒸腾与水分上限呈直线相关, $y = 11.84x - 5.4691$, $r = 0.9347$;即灌水上限越大,蒸腾耗水越大。

2.5 不同灌水上限对黄瓜产量和水分利用率的影响

由表 4 可见,A₃(90%)处理产量最高,显著高于其他处理,增产率也最大。产品水分生产率和水分利用率具有相似的趋势,A₃ 高于其他处理。A₃ 处理

不仅产量最高,水分利用率也最大,说明 A₃ 处理为黄瓜节水增产最适水分上限。

表 3 不同灌水上限对黄瓜叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度的影响

Table 3 Effect of different up limitation of irrigation to the photosynthesis rate, transpiration rate and leave stomatic conductance			
处理 Treatments	光合速率 Photosynthesis rate /($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	蒸腾速率 Transpiration rate /($\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	气孔导度 Stomatic conductance /($\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)
A ₁	10.60b	6.28a	171.25c
A ₂	13.02ab	5.60ab	258.75b
A ₃	15.48a	5.40ab	435.09a
A ₄	15.13a	5.07b	356.09ab
A ₅	10.75b	3.59c	190.59c

表 4 灌溉上限对黄瓜产量和水分利用率的影响

Table 4 Effect of up limitation of irrigation to cucumber yield and water use efficiency					
处理 Treatments	小区产量 Plot yield /kg	产量 Yield /($\text{kg}\cdot667\text{m}^{-2}$)	比 A ₁ 增产 Rate of increased yield with A ₁ /%	产品水分生产率 Water productivity of products /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	水分利用率 (光合/蒸腾) Water use efficiency (Pn/Tr) /($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)
A ₁	28.14b	4017.14	—	25.88	1.69c
A ₂	29.86b	4264.80	6.10	34.44	2.33b
A ₃	33.32a	4758.31	18.40	36.19	3.55a
A ₄	28.69b	4097.69	1.97	35.68	2.99a
A ₅	27.94b	3984.86	-0.69	29.75	2.87a

2.6 不同灌水上限对黄瓜总灌水量的影响

由表 5 可以看出,水分上限低,节水效果越明显。从灌水次数来看,A₄、A₅ 灌水量少,而灌水次数多,节水率虽然最高,但其产品水分生产率却小于 A₃,A₂ 产品水分生产率与 A₃ 差异不大,但节水率低。相比之 A₃ 不仅产量高,水分利用率高,而且节水效果较好。

表 5 从定植到拉秧小区总灌水量统计

Table 5 Total irrigation amount statistics			
处理 Treatments	总灌水量 Total irrigation volume/ m^3	总灌水次数 Total irrigation times	比 A ₁ 节水 Rate of saved water with A ₁ /%
A ₁	3.26159	8	—
A ₂	3.01065	9	7.69
A ₃	2.76146	10	15.33
A ₄	2.49755	15	23.43
A ₅	2.34932	18	30.17

3 讨 论

3.1 不同灌水上限对黄瓜生长发育及阶段需水的影响

影响植物生长发育的因素很多,土壤水分状况是作物生长发育过程中最重要的环境因子之一,但不同作物与作物的不同发育阶段对土壤水分状况的响应是不同的^[9]。黄瓜的根系较浅不耐旱,叶片较大,蒸腾速度快,消耗水分较多,要求较高的土壤湿度,温室内环境条件与露地相差很大,植物的吸水特性也会相应发生变化。前人对黄瓜不同阶段、不同水分条件下的生长发育已有研究,但主要集中在黄瓜苗期上,结果期研究不多而且方法各异。廖凯用称重法对春季盆栽黄瓜整个生育期的土壤水分研究认为 90% 较适宜^[8];张宪法在春茬黄瓜灌水量的研究中认为温室栽培结果期土壤适宜含水量在 80% 的相对含水量较为适宜^[10]。灌水上限研究应与栽培季节及发育阶段相结合,本试验利用水分探测仪

器实时观测,从形态指标、生理指标、产量和黄瓜品质的测定,秋延后黄瓜结果期以 90% 的灌水上限表现最优。

3.2 光合速率、蒸腾速率和最适灌溉上限的相关性

光合速率的大小与作物的水分状况密切相关,土壤含水量降低,气孔阻力增大,最终导致叶片扩散阻力加大,CO₂ 扩散受阻,光合速率下降。作物蒸腾速率受多种因素制约^[11]。在水分为限制因素时其变化较为复杂,一般随供水量减少,蒸腾速率下降。但根据气孔的最佳调控理论,作物可蒸腾水量一定时,气孔对其张度的调节,使作物叶片光合作用保持在一定的水平,光合和蒸腾的比值达最高,达到在不牺牲光合作用前提下降低蒸腾速率,从而提高水分利用率^[12]。黄瓜结果期需水量大,是光合、蒸腾都非常活跃的时期,由光合速率和蒸腾速率的分析(图 3),光合速率在 A₃(90%)处理最大,大于或小于该上限光合速率均减小,而蒸腾速率随灌水上限呈直线上升,这说明大于 90% 上限时光合下降蒸腾上升,此时的蒸腾就是无效蒸腾,并不有利于有机物质的形成,反而造成水分利用率的下降,同时会造成温室湿度过大,影响植株的正常生长和产量的形成。

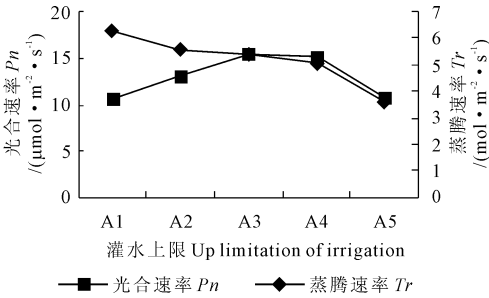


图 3 光合速率、蒸腾速率与灌水上限关系

Fig.3 The relationship of up limitation of irrigation with photosynthesis rate and transpiration rate

3.3 灌水上限与产量和水分利用率的相关性

作物产量是太阳能转化为化学能在作物上的积累,是水、肥、土、气、热诸因素和农业技术措施共同作用的结果。根据理论研究与生产实践证明作物产量与灌水量呈抛物线关系,灌水量较少,水分不足时产量与灌水量或耗水量呈显著的线性关系,当灌水量达到一定程度后,随灌水量的增加,产量增加的幅度开始变小,当产量达到极大值时,灌水量再增加产量不增加反而减少,呈现出报酬递减规律^[13]。确定合理的灌溉定额与产量的关系,是指导节水灌溉,提

高水分利用率的理论依据。本试验通过灌水量和产量的回归关系表明:其结果完全符合前人研究的抛物线关系,在结果期灌水上限以 90% 产量最高,大于 90% 时灌水量增加产量反而下降,造成水分的浪费。由图 4 可以看出,在 90% 上限时产量最高,水分利用率最大。

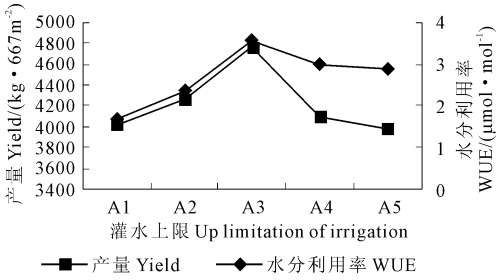


图 4 灌水上限与产量和水分利用率的关系

Fig.4 The relationship of up limitation of irrigation to yield and water use efficiency

参考文献:

[1] 罗良国,任爱胜,王瑞梅,等.我国农业可持续发展的水危机及广泛开展节水农业前景初探[J].节水灌溉,2000,(5):6-8.

[2] 郑国保,张源沛,孔德杰,等.不同灌水量对日光温室黄瓜需水规律和水分利用的影响[J].节水灌溉,2012,(1):22-27.

[3] 牛 勇,刘洪禄,吴文勇,等.不同灌水下限对日光温室黄瓜生长指标的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(3):81-84.

[4] 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):31-34.

[5] 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.

[6] 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响应[J].中国农学通报,2007,23(5):467-470.

[7] 曹 琦,王树忠,高丽红,等.交替隔沟灌溉对温室黄瓜生长及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2010,(1):23-26.

[8] 廖 凯,范兴科.基于水分上限的灌溉控制对黄瓜水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(1):54-56.

[9] 张 辉,张玉龙,虞 娜,等.温室膜下滴灌灌水控制下限与番茄产量、水分利用效率的关系[J].中国农业科学,2006,39(2):425-432.

[10] 张宪法,张振贤,于贤昌.土壤水分对温室黄瓜生长与生理特性的影响[J].园艺学报,2002,29(4):343-347.

[11] 张振贤,张福媛.设施蔬菜高产栽培相关生理研究进展[J].农业工程学报,2002,18(Z): .

[12] 龚明川,周绍程,季宜龙.浅谈农业精确灌溉技术与设施[J].节水灌溉,2001,(4):29-30.

[13] 马忠明.有限灌溉条件下作物-水分关系的研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(2):75-79.