

灌溉方式对黄瓜结果期根系特征与产量的影响

吴 燕¹, 梁银丽^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 采用小区试验研究了不同灌溉方式对津春 4 号黄瓜根系特性与产量的影响。结果表明, 不同灌水方式之间黄瓜根系的特征值差异达到显著水平, 前期交替沟灌结果期常规沟灌处理单株根条数、根长、根体积、根冠比均高于其余五种处理, 根系伤流量为 19.86 mg/min, 根系活力高达 0.55 mg/(g·h)。灌水方式对黄瓜单果重的影响不大, 前期交替沟灌结果期常规沟灌处理的单株产量显著高于常规沟灌。因此, 前期交替沟灌结果期常规沟灌有利于黄瓜根系的发育与产量的提高。

关键词: 黄瓜; 灌溉方式; 根系特性; 产量

中图分类号: S642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0066-05

蔬菜栽培过程中土壤水分的管理是蔬菜高产栽培的关键技术^[1,2], 针对灌水方式对作物生长发育的影响仅限于粮食作物^[3,4], 灌水方式对蔬菜生理特性的研究仅限于喷灌、渗灌、滴灌这几种技术含量高的灌水方式^[5~10]。黄瓜根冠之间存在一种动态功能均衡关系, 发达的根系是黄瓜高产的前提, 培育发达健壮的根系是实现高产稳产的重要措施, 同时一个器官中物质的相对增加受到另一器官的供给控制^[11], 如何协调二者关系, 实现黄瓜优质高产值得深入研究。根系与产量形成的关系十分密切^[12~14], 不同灌溉方式对黄瓜根系特征及产量的影响还未见报道。鉴于此, 本文选择黄瓜结果期的根系作为研究对象, 分结果初期、结果中期、结果末期三个阶段探讨了灌溉方式对根系生长发育的影响, 以期揭示前期交替沟灌促进根系生长发育, 结果期常规沟灌保证适时适量供水提高黄瓜产量的作用机理, 进而为温室黄瓜栽培过程中合理用水, 提高产量与品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在陕西杨凌西北农林科技大学水土保持研究所试验场日光温室中进行。温室顶部覆盖棚膜, 目的是隔离自然降雨。小区长 6 m, 宽 4 m, 面积 24 m², 相邻小区间用埋深为 60 cm 的隔水墙隔开以防止水分侧渗。土壤容重 1.26 g/cm³, 有机质含量 18.2 g/kg, 碱解氮 85 mg/kg, 速效磷 9.2 mg/kg, 速效钾 216 mg/kg, pH7.9。

1.2 试验设计

试验共设 6 种灌水方式, 处理 I: 常规沟灌, 种植行和操作行同时灌溉。处理 II: 滴灌。处理 III: 交替沟灌, 种植行和操作行交替灌溉。处理 IV: 固定沟灌, 仅灌种植行。处理 V: 前期常规沟灌结果期交替沟灌。处理 VI: 前期交替沟灌结果期常规沟灌。

每小区三垄, 垄距 50 cm, 每垄栽黄瓜 2 行, 株距 40 cm, 行距 60 cm。本试验采用营养钵育苗, 4 月 22 日定植, 定植时幼苗按统一标准筛选(定植苗龄 30 d, 生理苗龄 3 叶 1 心), 定植后浇 1 次稳苗水。5 月 10 日根瓜坐稳后开始进行水分处理, 5 月 26 日开始测产量, 7 月 26 日试验结束。各处理仅灌溉方式不同, 灌水次数及各项管理措施均一致。

1.3 观测项目及方法

5 月 26 日至 6 月 16 日为结果初期, 6 月 17 日至 7 月 6 日为结果中期, 7 月 7 日至 7 月 26 日为结果末期。测定结果初期、结果中期、结果末期根系生理形态指标, 测定项目包括单株根条数、根长、根体积、根冠比、根系伤流量、根系活力^[15]、产量, 除产量外其余指标每个生育阶段均重复测定 3 次。

1.3.1 补水量的确定 为了给黄瓜的生长发育提供适宜的水分条件, 土壤含水量保持在田间持水量 85%^[16]。采用烘干称重法(土钻法)测定 0~40 cm 土壤含水量, 通过以下公式计算补水量。

$$M = S \times H \times R \times (W_1 - W_2)$$

式中, M 为灌水量(m³); S 为小区面积; H 为灌水计划湿润层深度; R 为土壤容重(g/cm³); W_1 为 85% 田间持水量(%); W_2 为实测含水量(%)。为了保证数据

收稿日期: 2008-10-13

基金项目: 中国科学院西部行动计划(KZCX2-XB2-05-01)

作者简介: 吴 燕(1981-), 女, 江苏无锡人, 在读硕士, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: wuyanwuyan1981@126.com。

的正确性,每次测定同一深度土壤水分,重复 3 次取平均值。5 天灌水 1 次,用水表控制各小区灌水量。

1.3.2 根系形态特征的测定 取出完整根系,根条数按照常规方法测定,根长用交叉法测定,根体积用排水法测定。用称重法测定根鲜重,留出部分根系测定黄瓜的根系活力。采用烘干称重法测定根干重与茎叶干重后计算根冠比。

1.3.3 根系活力及伤流量的测定 TTC 法测定黄瓜根系活力,重量法测定根系伤流量^[15]。

1.3.4 产量的测定 记录各处理的株数、黄瓜数目及产量,用单果重及单株产量反映灌水方式对产量的影响。运用 Excel 及 SAS6.0 软件进行差异分析,处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式对黄瓜根系特性的影响

根系作为黄瓜的重要器官,在黄瓜的生长发育、生理功能与物质代谢过程中发挥着重要作用。根系生长发育与产量形成密切相关,为了有效地研究灌

水方式对黄瓜产量的影响,有必要研究黄瓜根系特征对灌水方式的响应。

2.1.1 不同灌溉方式对黄瓜根系形态特征的影响

根系形态可以从侧面反映根系功能行为的差异,随着黄瓜生育期的推进,不同灌溉处理的黄瓜根系呈现不同的生长发育特性。通过对根系形态特征的多重比较可以看出(表 1),结果初期不同灌水方式的单株根条数变化差异显著,处理Ⅲ、Ⅵ优于处理Ⅱ、Ⅳ,对根长的影响效果为处理Ⅵ优于处理Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ,对根体积的影响效果为处理Ⅵ、Ⅲ高于处理Ⅱ。结果中期灌水方式对单株根条数与根长的影响效果为处理Ⅲ、Ⅵ高于其余四种处理,对根体积的影响效果不明显。结果末期灌水方式对单株根条数与根体积的影响效果为处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ高于处理Ⅱ、Ⅳ,对根长的影响效果为处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ高于处理Ⅱ。综合来看,处理Ⅲ、Ⅵ的根系形态特征值高于其余处理,这表明交替沟灌过程中水分的诱导作用可以促进根系生长发育,扩大根系在土层中的分布深度与分布广度。

表 1 不同灌溉方式对黄瓜根系形态的影响

Table 1 Effects of different irrigation methods on cucumber root characters

处理 Treatment	结果初期 Early yield			结果中期 Middle yield			结果末期 Late yield		
	根条数	根长	根体积	根条数	根长	根体积	根条数	根长	根体积
	Root number (条)	Root length (cm)	Root volume (cm ³)	Root number (条)	Root length (cm)	Root volume (cm ³)	Root number (条)	Root length (cm)	Root volume (cm ³)
I	21.7AB	32.8B	22.7AB	19.0B	33.5B	22.5A	13.0AB	33.3AB	11.0B
II	17.7BC	34.7AB	18.0B	12.0D	25.3D	21.3A	8.7B	25.7B	14.3B
III	27.0A	31.3B	25.7A	24.7A	30.2A	22.2A	15.3A	30.5A	22.3A
IV	16.7C	28.2B	22.3AB	13.7DC	31.0DC	20.0A	11.3B	23.8AB	14.3B
V	24.3AB	30.0B	21.0AB	17.7BC	34.8BC	24.8A	15.7A	32.8A	26.0A
VI	26.3A	40.7A	24.7A	20.7A	39.7A	29.3A	16.0A	35.3A	24.7A

注:Ⅰ 常规沟灌;Ⅱ 滴灌;Ⅲ 交替沟灌;Ⅳ 固定沟灌;Ⅴ 前期常规沟灌结果期交替沟灌;Ⅵ 前期交替沟灌结果期常规沟灌。同列不同大写字母表示差异达 1% 的显著水平,下表同。

Note: I Conventional furrow irrigation; II Drip irrigation; III Alternative furrow irrigation; IV Regular furrow irrigation; V Early conventional furrow irrigation and late alternative furrow irrigation; VI Early alternative furrow irrigation and late conventional furrow irrigation. On the same column, different capital letters stand for significant difference at 1%. They are the same in the following tables.

2.1.2 不同灌溉方式对黄瓜根冠比的影响 根冠比是反映植株干物质在地上与地下部分分配情况的指标,受许多环境因子的影响,而且随黄瓜的生育进程而变化。在诸多影响因子中,水分条件可以显著影响黄瓜根冠比。结果初期灌水方式对地上部干重无显著影响,处理Ⅵ的根干重显著高于其余五种处理,处理Ⅲ、Ⅵ根冠比显著高于处理Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ。结果中期处理Ⅴ、Ⅵ地上部干重显著高于处理Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ,处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅳ根干重与根冠比显著高于其余三种处理。结果末期处理Ⅴ、Ⅵ地上部干重显著优于其余

四种处理,处理Ⅵ的根干重显著高于其余五种处理,处理Ⅲ、Ⅵ的根冠比较高,差异显著。

结合三个生育阶段来看,处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅳ根干重与根冠比要高于其余三种处理,这说明交替沟灌可以促进根部干物质的积累,在一定程度上抑制地上部生长,根冠比较高。但根冠比并不是越大越好,地上部分与地下部分比例适宜更有利于黄瓜生产。前期交替沟灌诱导黄瓜发根、扩大根系在土层中的分布深度与广度,促进光合产物在根部积累,为产量的形成及提高奠定了良好的物质与能量基础。结果期

常规沟灌可以充分满足黄瓜旺盛的水分需求,进而实现高产稳产,处理Ⅵ地上部干重、根干重及根冠比高于其余处理很好地验证了这一点。

表 2 不同灌溉方式对黄瓜根冠比的影响

Table 2 Effects of different irrigation methods on cucumber root/top rate

处理 Treatment	结果初期 Early yield			结果中期 Middle yield			结果末期 Late yield		
	冠干重 Top weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/top rate (%)	冠干重 Top weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/top rate (%)	冠干重 Top weight (g)	根干重 Root weight (g)	根冠比 Root/top rate (%)
I	29.28A	2.24B	0.08B	26.29BC	2.22B	0.09B	18.24C	1.09C	0.06D
II	22.81A	1.83B	0.08AB	22.18C	1.77B	0.08B	21.31BC	1.25C	0.06D
III	29.47A	2.67B	0.09A	33.18AB	3.25A	0.10A	24.54B	2.31B	0.09A
IV	30.08A	2.32B	0.08B	27.05BC	1.86B	0.07B	16.88C	1.10C	0.07DC
V	30.95A	2.46B	0.08B	38.30A	3.64A	0.10A	30.99A	2.38B	0.08BC
VI	32.70A	3.21A	0.10A	39.86A	3.93A	0.10A	35.79A	2.97A	0.08AB

2.1.3 不同灌溉方式下伤流量的差异 伤流是根系生命活动的表现,是植物水分状况的良好指标。从表 3 可以看出,随着黄瓜生育期的推进,各处理的伤流量均呈现不断下降趋势。结果初期处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ高于其余三种处理,结果中期处理Ⅵ显著高于处

理处理Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ,结果末期处理Ⅲ显著高于处理Ⅳ。从整个结果期来看,处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ的伤流量均保持在较高水平。这与土壤微生物活动能力强,同时土壤水分条件能更好地满足根系生长发育的要求,根系发达、根系生理代谢旺盛有关。

表 3 不同灌溉方式对黄瓜根系伤流量的影响

Table 3 Effects of different irrigation methods on bleeding sap of cucumber root (mg/min)

处理 Treatment	结果初期 Early yield	结果中期 Middle yield	结果末期 Late yield	平均值 Average
I	18.71BC	17.67C	14.01AB	16.80A
II	19.53C	16.18C	13.10AB	16.27A
III	24.36A	17.48BC	15.23A	19.02A
IV	23.57B	15.80C	11.66B	17.01A
V	23.14A	19.29AB	13.17AB	18.53A
VI	25.84A	20.12A	13.61AB	19.86A

2.1.4 不同灌溉方式对根系活力的影响 根系活力是黄瓜根系吸收营养物质能力的体现,是衡量植株健壮与根系吸收能力的重要生理指标,根系活力的大小直接影响根系对水分和养分的吸收。由表 4 可知,结果前期处理Ⅲ、Ⅵ显著高于其余四种处理,结果中期处理Ⅴ、Ⅵ显著高于其余四种处理,结果末期处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ显著高于其余三种处理。从整个结果期来看,处理Ⅵ的根系活力在整个生育期一直维持在较高水平。究其原因,根系自身的健壮程度,适宜的水气比例,适时适量的水分供应都能显著影响黄瓜根系的生理活动。常规沟灌导致根部水气比例不适宜,抑制了根系的生理活动,固定沟灌导致非湿润区土壤水分长期亏缺,同样会抑制根系的生长发育。前期交替沟灌结果期常规沟灌为根系的生长发育提供了良好的条件,根系发达,吸收能力强,土壤水分及养分利用效率高,生理代谢活动旺盛,根系伤

流量、根系活力高于其余处理。

2.2 不同灌溉方式对黄瓜单果重、产量的影响

试验从 2007 年 5 月 26 日至 7 月 26 日对各处理的单株产量与单果重进行了统计(表 5)。灌水方式对黄瓜单果重的影响不大,处理Ⅵ的单株产量显著高于处理Ⅰ,其余四种处理单株产量差异不显著,这说明前期交替沟灌结果期常规沟灌可以提高黄瓜产量。原因是前期交替沟灌可以提高根土空间、根冠比与根系活力,根系对土壤养分与水分的吸收能力强,地下部物质与能量的储备充分,为结果期黄瓜产量的形成与提高奠定了坚实的物质与能量基础。结果期常规沟灌可以克服黄瓜根系再生能力弱,枝叶繁茂,连续结果水分供应不足的不利条件,很好地满足黄瓜生育需水规律,使整个结果期都能得到适时适量的水分供应,最终实现高产稳产。

表 4 不同灌溉方式对黄瓜根系活力的影响

Table 4 Effects of irrigation patterns on root activities of cucumber seedlings [mg/(g·h)]

处理 Treatment	结果初期 Early yield	结果中期 Middle yield	结果末期 Late yield	平均值 Average
I	0.50D	0.35C	0.38BC	0.41A
II	0.57C	0.39BC	0.35C	0.44A
III	0.67A	0.44B	0.44A	0.52A
IV	0.48D	0.42B	0.39B	0.43A
V	0.58C	0.54A	0.46A	0.53A
VI	0.64B	0.57A	0.46A	0.55A

表 5 不同灌溉方式对黄瓜单株产量及单果重的影响(kg)

Table 5 Effects of irrigation patterns on yield and single mass of each cucumber plant

处理 Treatment	结果初期 Early yield		结果中期 Middle yield		结果末期 Late yield		平均果重 Average mass	单株产量 Cumulated yield
	单株产量	单果重	单株产量	单果重	单株产量	单果重		
	Yield per plant	Single mass	Yield per plant	Single mass	Yield per plant	Single mass		
I	0.37	0.26	0.24	0.18	0.29	0.14	0.20A	1.09B
II	0.50	0.38	0.28	0.18	0.26	0.18	0.25A	1.28AB
III	0.47	0.30	0.37	0.22	0.25	0.13	0.22A	1.30AB
IV	0.39	0.23	0.32	0.20	0.24	0.12	0.18A	1.13AB
V	0.44	0.30	0.42	0.17	0.29	0.15	0.21A	1.35AB
VI	0.56	0.29	0.49	0.16	0.37	0.18	0.21A	1.63A

3 讨 论

灌溉方式对黄瓜根系及产量是否有显著影响, 如何调整灌水方式、克服黄瓜生产过程中水分胁迫进而提高黄瓜的品质与产量值得深入研究。有研究证明, 在日光温室进行黄瓜栽培时, 前期温度较低时采用交替沟灌可以促进根系生长发育, 提高根冠比与根系活力的同时控制地上部生长, 为后期产量的形成与提高奠定基础^[10], 结果期温度较高时采用常规沟灌可以更好地满足黄瓜生产的需水规律^[17], 防止水分供需脱节造成的水分胁迫, 最终实现高产稳产。但是在黄瓜的生长过程中, 根系及地上部分不断地衰老、分解, 仅以某一阶段的根系特征不能反映整个生育期内根系的生长总量。不同生育阶段黄瓜的需水规律也不是一成不变的, 如何将交替湿润诱导发根与适时适量供水有机地结合在一起, 进而达到高产稳产缺乏深入、具体的研究, 过程研究也有待进一步深入。

本试验结果表明, 土壤交替湿润过程可以促进根系生长发育, 根层分布深度、单株根条数、根体积、根冠比等指标高于固定沟灌与常规沟灌, 为产量的形成与提高奠定了物质与能量基础。前期交替沟灌结果期常规沟灌的作用效果尤为明显, 单株产量显

著高于常规沟灌, 单株产量达到 1.63 kg, 伤流量高达 19.86 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 根系活力显著增强。因此, 前期交替沟灌结果期常规沟灌有利于黄瓜根系的发育与产量的提高。

今后需要进一步研究不定根长度、数目、体积、根系的分布及地上部生理特性对灌溉方式的响应, 探讨灌溉方式对土壤环境的影响, 进一步明确前期交替沟灌结果期常规沟灌条件下根系性状的改良对黄瓜产量、品质、商品价值的提高作用, 在结合现代节水灌溉方式与传统灌溉方式的基础上, 寻找一条适合本地区高产、高效、适用的节水灌溉方法。

参 考 文 献:

[1] 李曙轩. 蔬菜栽培生理[M]. 上海: 上海科技出版社, 1979.

[2] [苏]鲁滨 B A. 解淑贞, 郑光华译. 蔬菜和瓜类生理[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 329—333.

[3] 李木英, 石庆华, 谭雪明. 水稻根系营养吸收特性及其与干物质生产和稻米品质关系的研究[J]. 江西农业大学学报, 1996, 12: 376—382.

[4] 石庆华, 李木英, 徐益群, 等. 水稻根系特征与地上部关系的研究初报[J]. 江西农业大学学报, 1995, 17(2): 110—115.

[5] 杜社妮, 梁银丽, 翟 胜, 等. 不同灌溉方式对茄子生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(6): 430—432.

[6] 余宏军, 刘 伟, 蒋卫杰. 灌水量对基质栽培番茄生长和产量的影响[J]. 中国蔬菜, 1999, (1): 18—21.

[7] 孙景生,康绍忠,蔡焕杰,等. 交替隔沟灌溉提高农田水分利用效率的节水机理[J]. 水利学报,2002,(3);64—68.

[8] 李俊良,刘洪对,张晚展,等. 灌溉方式对露地菠菜的生长及氮素利用的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2004,10(4);398—402.

[9] 吴士章. 不同灌溉方式对覆盖辣椒的效应研究[J]. 节水灌溉,2004,(1);7—8.

[10] 胡晓辉,于锡宏. 不同渗灌处理方式对塑料大棚黄瓜植株生长的影响[J]. 北方园艺,2002,(6);12—13.

[11] 山东农业大学. 蔬菜栽培学(各论)[M]. 北京:农业出版社,1987;184—210.

[12] Morita, Suga T, Yamazaki K. The relationship between root length density and yield in rice plants[J]. Japan Crop Science, 1998, 57(3);438—443.

[13] Moita S, Iwabuchi A, Yamazakik. Relationships between the growth direction of primary roots and yield in rice plant[J]. Japan Crop Science, 1986,55;520—525.

[14] 石庆华,黄英金,李木英,等. 水稻根系性状与地上部分的相关及根系性状的遗传研究[J]. 中国农业科学,1997,30(4);61—67.

[15] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:西安地图出版社,2000.

[16] 崔欢虎,张蒿午,张鸿杰. 半干旱地区冬小麦地膜覆盖穴播技术研究[J]. 山西农业科学,1997,25(1);10—14.

[17] 韩建会,石琳琪,武彦荣. 水分胁迫对日光温室黄瓜产量的影响[J]. 西南农业大学学报,2000,22(5);395—398.

Effect of irrigation methods on root characters and yield of cucumber during fruiting stage

WU Yan¹, LIANG Yin-li^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Plot experiment was carried out to study the effects of different irrigation methods on cucumber root characters and yield during fruiting stage, Jinchun 4 was selected as indicating crops. The results indicated that root characters of cucumber were significantly different at 0.05 among different irrigation methods. Root number per plant, root length, root volume and root/top rate of early alternative furrow irrigation and late conventional furrow irrigation were much higher than other treatments. The bleeding sap of root, root activities and yield of each plant reached 19.86 $\mu\text{g}/\text{min}$, 0.55 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ and 1.63 kg/plant respectively. Single mass of cucumber were not significantly different under different irrigation methods, while yield of each plant under early alternative furrow irrigation and late conventional furrow irrigation was significantly higher than that under conventional furrow irrigation. In conclusion, early alternative furrow irrigation and late conventional furrow irrigation could improve root growth and increase cucumber yield.

Keywords: cucumber; irrigation method; root characters; yield