

调亏条件下春播蚕豆的需水规律及其产量效应

王福霞¹, 丁林², 成自勇¹, 张新民²

(1. 甘肃农业大学 工学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省水利科学研究院, 兰州 730070)

摘要:在甘肃省秦王川灌区开展了调亏灌溉条件下蚕豆耗水规律及其产量效应的试验研究。结果表明:重度缺水严重抑制蚕豆生长,使其叶面积变小,且这种抑制作用可持续较长时间,而轻度缺水几乎不影响蚕豆的生长;缺水不仅减少调亏期间的需水量,而且对后继生育阶段需水量也有影响;缺水不但能提高该时段的水分利用效率而且可以提高生育后期的水分利用效率;轻度缺水可提高蚕豆产量。

关键词:调亏灌溉;需水规律;产量;蚕豆

中图分类号:S529.01

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0189-03

The Water Consumption and Yield Effect Under Regulated Deficit Irrigation of Spring Broad Bean

WANG Fu-xia¹, DING Lin², CHENG Zhi-yong¹, ZHANG Xin-min²

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Gansu Provincial Water Conservancy Research Institute, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on field experiment, the effect of regulated deficit irrigation on water consumption and yield effect of broad bean were studied in Qinwangchuan irrigation region in order to saving water and obtain high yield. The result shows that severe water deficit in seeding and jointing seriously affect broad bean's growing. It made leaf area index and plant high decrease 26.00%, 21.36%, 38.62%, 34.78% and the influence continued a long time, but light water deficit in seeding and jointing hardly affects the growth of broad bean. High water deficit made water consumption decrease 47.97% and 46.58% in corresponding stage compared with CK. Deficit water can made water consumption increase 21.84%, 7.28%, 5.34% and 2.43% in later period (mature period). The WUE was increased 13.48%, 58.43% and 24.62% with deficit water in seeding and light deficit water in jointing but the WUE decreased 46.58% with high deficit water in jointing. Deficit water in early stage can increase the water consumption and WUE of later growth stage. Light water deficit had increased yield 9.09% and 14.05% but high water deficit decreased yield 1.65% and 7.44% compared with CK.

Key words: regulated deficit irrigation; water consumption; yield; broad bean

调亏灌溉(Regulated Deficit Irrigation)是国际上在20世纪70年代中后期以来出现的一种新的节水灌溉技术,是一种既具有经济效益又具有生态效益的灌溉方法,特别适用于水资源短缺或用水成本较高的地区^[1]。其基本思想就是在作物生长发育的某些阶段主动施加一定的水分胁迫,从而影响光合作用产物向不同组织器官的分配,以调节作物的生长进程,达到节水高效、高产优质和提高水分利用效率的非充分灌溉技术^[1-2]。对于蚕豆的灌溉理论与技术已有学者进行过研究^[3-5]。但干旱区大田条件下蚕豆的灌溉理论与技术的研究报道很少。在对干旱区调亏灌溉条件下蚕豆的需水规律及产量效应进行了试验研究,旨在为优化农业用水结构和提高水资源的利用效率,因地制宜地发展畜牧业和调整灌区种植业结构提供理论依据和技术支持。

1 材料和方法

1.1 自然条件

试验在甘肃引大入秦工程秦王川灌区进行。秦王川灌区位于兰州市以北70 km,地理坐标103°27'—104°21'E, 36°16'—36°53'N,海拔1 800~2 400 m。灌区属典型大陆性干旱气候,多年平均气温5~6.5℃,无霜期167 d,≥0℃积温2 893℃,≥10℃有效积温2 226.9℃。多年平均降水量284.8 mm,年均风速2.3 m/s,年蒸发量高达1 800~2 100 mm。该灌区是引大入秦工程的主要受益区,灌区总面积5.73万hm²,土壤质地以粉砂质黏壤土和黏壤土为主,pH值8.2~8.3,呈块状结构,通透性好。但土层较薄,仅为70~100 cm,且耕作层有机质含量低。

收稿日期:2007-05-22

基金项目:水利部科技成果重点推广项目(TG0614)

作者简介:王福霞(1981—),甘肃会宁人,在读硕士,主要从事节水灌溉及旱区水资源利用方面的研究。E-mail: Pattywfx2007@yahoo.com.cn

通信作者:张新民,博士,硕士生导师,主要从事节水灌溉及旱区水资源利用方面的研究。

1.2 试验设计

供试材料为临蚕 5 号(*Vicia faba* L. Linan No. 5), 于 2006 年 3 月 28 日播种, 行距为 40 cm, 株距 8 cm, 点播深度 12 cm, 播种量 350 kg/hm², 播种时施复合肥(N:P:K=10:8:7)450 kg/hm²。蚕豆于 4 月中旬开始出苗, 4 月 16 日开始处理, 6 月 23 日进行摘心和打顶, 8 月 4 日收获。试验共设 5 个处理, 即对照处理(CK, 充分灌溉)、苗期轻度受旱(MH-60)、苗期重度受旱(MH-50)、拔节期轻度受旱(BH-60)和拔节期重度受旱(BH-50)。对照处理土壤水分控制下限为(70%~75%), 苗期轻度和重度受旱处理的苗期土壤水分下限分别为(60%~65%)和(50%~55%), 其余阶段为正常的丰水处理。拔节期轻度和重度受旱处理的拔节期土壤水分下限分别为(60%~65%)和(50%~55%), 其余阶段为正常的丰水处理。以上处理各设 3 次重复, 试验共布置 15 个小区, 小区面积为 7 m×5 m, 各小区随机布置, 试验区与小区长边平行的两端设保护区, 与短边平行的两端设保护带。试验区灌溉采用地下低压管道输水灌溉, 当含水率达到设计含水率下限时, 即进行灌水, 灌水定额 60 mm。

1.3 试验内容与方法

生育期气象观测采用秦王川灌区引大节水示范基地专业气象站观测资料。

土壤含水量测定采用称重法, 取土深度 80 cm, 每 10 cm 一层, 3 次重复。每 10 d 观测 1 次, 灌水前后、降水后和生育阶段转变时加测。

灌水量由水表测定。灌水次数和时间根据各处理含水率设计要求及实测土壤含水率确定。经统计 CK 灌水 6 次, MH-50 和 MH-60 灌水 4 次, BH-50 和 BH-60 灌水 5 次。

叶面积系数采用长×宽×系数法, 测定样方 100 cm×100 cm, 叶面积折算系数取 0.75。

干物质积累量在每个生育期末采用刈割法(样方 100 m×100 cm)测定, 2 次重复。收获后籽粒产量用干质量法测定, 以小区为单元考种、记产、单打单收。

作物需水量用水量平衡法计算。试验数据用 Excel 进行原始数据处理, 由 DPS 6.05 软件做相关的统计分析。

2 结果与分析

2.1 调亏灌溉对蚕豆叶面积指数 LAI 的影响

蚕豆从出苗至 35 d 是生长的苗期, 出苗 35~50 d 是蚕豆生长拔节期。试验各处理的叶面积指数变化过程见表 1。

表 1 调亏灌溉下蚕豆叶面积指数方差分析

出苗后 天数/d	20	35	50	65	80
CK	0.40aA	0.97aA	1.67aA	3.91aA	4.01aA
MH-60	0.37aAB	0.91abA	1.39aAB	3.31bA	3.35bAB
MH-50	0.33bB	0.80cB	1.06bB	2.40cB	2.46cC
BH-60	0.36bAB	0.91abA	1.34bAB	3.06bAB	3.16bAB
BH-50	0.35bAB	0.89bAB	1.33bAB	2.55bB	2.67bB

注: 不同小写字母表示差异显著(Duncan, $P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著(Duncan, $P<0.01$), 以下同。

由表 1 可知苗期水分亏缺对叶面积指数有显著影响, 在出苗后 20 d 时 MH-50 的 LAI 与 CK 差异极显著($P<0.01$), MH-60 与 CK 无差异; 到出苗后 35 d 时 MH-50 的 LAI 与 CK 差异极显著($P<0.01$)与其他处理差异显著($P<0.05$), 直到出苗后 80 d 时其 LAI 仍与 CK 及其它处理差异极显著($P<0.01$), 而 MH-60 与 CK 只在出苗 65~80 d 时差异显著($P<0.05$)。由于拔节期历时较短, 控水后 BH-50 的 LAI 与 CK 差异显著($P<0.05$), 而 BH-60 的 LAI 只在出苗后 50 d 时与 CK 差异显著($P<0.05$); 到出苗后 65~80 d 时 BH-50 的 LAI 仍与 CK 差异极显著($P<0.01$), 由上说明苗期或拔节期重度缺水对蚕豆的抑制作用可持续较长时间, 且重度缺水严重抑制蚕豆生长, 使其叶面积变小, 而轻度缺水几乎不影响蚕豆的生长。

2.2 调亏灌溉对蚕豆干物质积累的影响

水分作为一种重要的环境因子对蚕豆干物重影响很大, 而干物重的多少则代表了其对光合产物的积累程度。通过分析蚕豆的干物重可以了解调亏灌溉的时期和强度对光合产物合成、分配的影响。表 2 为试验各处理干物重、干物质日均增长量随时间变化过程。

表 2 各处理控水后单位面积(1 m²)干物质日增长量

处理	5月20日 干物重/ kg	日增长量/ (g·d ⁻¹)	6月4日 干物重/ kg	日增长量/ (g·d ⁻¹)	6月19日 干物重/ kg	日增长量/ (g·d ⁻¹)	7月4日 干物重/ kg	日增长量/ (g·d ⁻¹)	7月19日 干物重/ kg	日增长量/ (g·d ⁻¹)
CK	0.11aA	3.14aA	0.35aA	16.00aA	0.99aA	42.67aA	1.73aA	49.33aA	1.80aA	4.67dD
MH-60	0.09cBC	2.57cC	0.27bB	12.00bB	0.87cC	40.00cC	1.39dD	34.67eE	1.44cC	3.33eE
MH-50	0.08dC	2.28dD	0.20eE	8.00dD	0.58eE	40.00cC	1.18eE	36.00dD	1.36cC	12.00bB
BH-60	0.10abAB	2.86bB	0.26cC	10.67cC	0.89bB	42.00bB	1.61bB	48.00bB	1.72abAB	7.33cC
BH-50	0.11aA	3.14aA	0.23dD	8.00dD	0.81dD	38.67dD	1.42cC	40.67cC	1.64bAB	14.67aA

由表 2 可以看出, 在苗期和拔节期缺水使蚕豆干物重与 CK 有极显著差异($P<0.01$), 苗期控水后, MH-50 的干物重较 CK 减少了 42.86%, MH-60 减少了 22.86%; 拔节期控水后, BH-50 的干物重较 CK 减少了 37.14%, BH-60 减少了 25.71%。由于补偿作用, 苗期缺水处理复水后干物重降低的程度有所减缓, 但一直到收获期干物重也未达到对照水平; 拔节期缺水处理只在缺水阶段干物重降低, 复水后其干

物质降低程度减缓, 到收获前已与对照处理无差别。

2.3 调亏灌溉对蚕豆耗水强度及水分利用效率的影响

试验区蚕豆各生育期生物产量的耗水强度及水分利用率计算结果列于表 3。在充分灌溉条件下, 蚕豆全生育期内花荚期是蚕豆群体结构最大、植株生长最旺盛、叶面积最大、蒸发蒸腾都最大的时期, 因而其耗水强度也最大, 试验中最

大耗水强度为 6.45 mm/d,但调亏灌溉条件下,最大耗水强度出现在蚕豆的成熟期。由表 3 可知,无论是苗期水分亏缺还是拔节期水分亏缺处理,花英期以前各生育阶段的耗水强度均低于充分灌溉处理,但成熟期均高于充分灌溉情况。产生耗水规律变化的主要原因有:一是调亏处理减少了蚕豆生长前期的叶面积系数,使叶面蒸腾速率下降。二是调亏处理

降低了叶水势,提高叶片的渗透调节能力。在恢复供水后,渗透调节仍可保持一定时间,使得细胞的保水能力提高,气孔腔内水分蒸发速度下降,内外水汽压差减少,降低了水汽向大气扩散的速度。三是调亏处理减缓了蚕豆叶片在生长后期的衰老速度,叶片生理活性较强,蒸腾速率和叶面积系数下降较慢^[6],造成成熟期耗水强度仍保持较高水平。

表 3 蚕豆各生育期耗水强度及水分利用效率

生育期		CK	MH-60	MH-50	BH-60	BH-50
苗期	用水量/mm	123bB	79dD	64eE	125aA	111cC
	干物质/(kg·m ⁻²)	0.11aA	0.09cBC	0.08dC	0.10abAB	0.11aA
	WUE/(kg·m ⁻³)	0.89cdDE	1.01bB	1.41aA	0.88eDE	0.90cdCD
	耗水强度/(mm·d ⁻¹)	2.46	1.58	1.28	2.50	2.22
拔节期	用水量/mm	73bBC	56dE	63cD	75aA	39eF
	干物质/(kg·m ⁻²)	0.24aA	0.18bB	0.12dD	0.16cC	0.12dD
	WUE/(kg·m ⁻³)	3.29bB	3.21cC	1.90dD	4.10aA	1.54eE
	耗水强度/(mm·d ⁻¹)	3.65	3.15	2.80	3.75	1.95
开花期	用水量/mm	129aA	88eE	110bB	92dD	107cC
	干物质/(kg·m ⁻²)	0.64aA	0.60bB	0.38dD	0.63aA	0.58cC
	WUE/(kg·m ⁻³)	4.96dD	6.82aA	3.45eE	5.89cC	6.30bB
	耗水强度/(mm·d ⁻¹)	6.45	5.50	4.40	4.60	5.35
成熟期	用水量/mm	206eE	251aA	221bB	217cC	211dD
	干物质/(kg·m ⁻²)	0.81bB	0.57dD	0.78cC	0.83aA	0.83aA
	WUE/(kg·m ⁻³)	3.93aA	2.27dD	3.53cC	3.93aA	3.82bB
	耗水强度/(mm·d ⁻¹)	6.03	6.31	7.17	6.2	6.03
全生育期	用水量/mm	531aA	474dD	458eE	509bB	468cC
	干物质/(kg·m ⁻²)	1.80	1.44	1.36	1.72	1.64
	WUE/(kg·m ⁻³)	3.27	3.33	2.57	3.70	3.14
	耗水强度/(mm·d ⁻¹)	4.65	4.14	3.91	4.26	3.89

从表 3 中可以看出除个别处理外花英期是蚕豆水分利用效率较高的时段,因为此时蚕豆处于生长旺盛期,其生长速率、生长强度均达到最大。从出苗到收获各生育期水分利用效率最大的处理并不是 CK(其水分利用效率最大时为 4.96 kg/m³),在苗期和拔节期水分利用效率最大的处理分

别为 MH-50 (1.41 kg/m³)和 BH-60(4.10 kg/m³),并且苗期和拔节期缺水处理在开花成熟期的水分利用效率也较高。说明生育早期适度缺水不但能提高该时段的水分利用效率而且可以提高生育后期的水分利用效率。因此苗期和拔节期干旱有利于提高蚕豆生物产量的水分利用率。

表 4 各处理蚕豆平均耗水量、产量及产量构成因素

处理	耗水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	产量/ (kg·hm ⁻²)	株高/ cm	单株荚数/ (荚·株 ⁻¹)	单株粒数/ (粒·株 ⁻¹)	分支数/ (支·株 ⁻¹)	单株粒重/ (g·株 ⁻¹)	百粒重/ g
CK	5310	6050abcABC	103.25aA	6.5aA	12.67cC	2.3abAB	19.68aA	159.68abAB
MH-60	4730	6600abAB	101.20aA	5.7cC	11.00dD	2.3abAB	17.81abAB	167.88aA
MH-50	4590	5950abcdABC	76.40cC	7.1aA	14.00aA	2.4aA	19.84aA	159.68abAB
BH-60	5090	6900aA	81.20cC	6.4bB	13.04bB	2.3abAB	19.20aA	161.38abAB
BH-50	4680	5600bcdABC	91.00bB	5.4dD	10.97dD	2.1cC	17.75abAB	150.05cBC

2.4 调亏灌溉对蚕豆产量的影响

Rawson^[7]认为,水分亏缺并不总是降低产量,早期适度的水分亏缺在某些作物上有利于增产,并举例证实有效亏缺的反应。山仑等人经过研究也得出结论:一定生育阶段,一定程度的水分亏缺可使禾谷类作物在节约大量用水的同时获得较高产量。另有试验研究表明,适时适度的调亏灌溉可以不减少或增加产量^[7]。但是调亏灌溉在生产中有一定风险性,某些作物在某些生育时期轻度水分亏缺即可造成大幅度减产^[9-10],因此确定作物适宜水分亏缺程度是正确实施调亏灌溉的关键因素之一。研究结果表明(表 4)蚕豆产量在

BH-60,MH-60,MH-50 和 CK 处理下没有差异,而它们与 BH-50 呈现显著差异($P<0.05$)。但综合考虑到产量和节水效益,处理 MH-60(较 CK 节水 10.92%、增产 9.09%)和 BH-60(较 CK 节水 4.14%、增产 14.05%)是蚕豆调亏灌溉水分控制较为合适的处理。对于苗期缺水处理 MH-50,由于苗期控水促进其分支,故其单株粒重处于最大值。就百粒重而言,轻度缺水处理的百粒重均高于重度缺水处理的百粒重。说明苗期可以适度亏水,但不能严重亏水。综合上述蚕豆调亏灌溉下产量及产量构成因素分析,在拔节期和苗期轻度缺水有利于蚕豆产量的提高。

分区特征确定不同治理措施配置模式。

3.2 治理模式特点

(1)建设基本农田,发展粮食生产。在坡耕地上建设水平梯田,发展地埂经济植物,在田间兴修配套小型蓄排工程,发展雨灌农业,增加粮食单产,提高粮田经济效益,并在粮食保证自给有余的条件下,富余劳动力和土地可以发展多种经营,形成促进整个农村经济发展的坚实基础。

(2)建设林草植被,改善生态环境,利用旅游资源,增加经济收益。对太行山风景旅游区加强原始森林资源的抚育和保护,并根据地形地貌和土壤特点,栽植一些观赏价值高的植物种类;在荒山荒坡荒滩造林种草,保土防蚀,涵养水源,解决“三料”问题,促进农林牧副各业全面发展;根据“适地适树”原则,科学规划,并把发展果园等经济林作为提高经济效益的突破口^[5]。

(3)在侵蚀较强烈地段修建骨干工程,加快治理速度,以骨干坝为基础,修建谷坊、水窖、沟头防护等小型蓄水保土工程,减少入河泥沙,解决农业用水和人畜饮水问题,并充分利用小型水库发展水产养殖,增加经济效益。

(4)发展养殖业和农林牧产品加工为主,生产、加工、运销配套的工副业。

(5)种、养、加一体化,分层综合治理与立体经营为加工业提供原料,而加工业的发展与农林牧产品销售又为立体经营提供资金,逐步形成区域经济良性循环。

4 结 论

根据地形地貌、土壤和水土流失特征将济源市分为北部太行山山区、西南浅山区、东南黄土丘陵区 and 东部太行山前

倾斜平原区四大部分。综合考虑地貌、土壤侵蚀特征及土壤、植被等因子,将济源市划分为四个水土保持治理类型区:Ⅰ区为太行山轻度侵蚀封育保护区,Ⅱ区为西部浅山中强度侵蚀综合治理区,Ⅲ区为东部黄土丘陵中强度侵蚀综合治理区,Ⅳ区为太行山前倾斜平原轻度侵蚀开发监督区。水土流失主要发生在Ⅱ区和Ⅲ区,也是重点治理区域,根据典型小流域水土流失的特点,确定不同治理类型区相适应的关键治理措施和优化治理模式。根据不同治理类型区土壤侵蚀分区特征确定不同治理措施配置模式,按不同的地形部位和土壤侵蚀特点,分层建设综合防治体系,形成从山顶、坡面到沟道等多道防线,使生态环境得到治理和改善。

参考文献:

- [1] 河南年鉴社. 河南年鉴 2005 卷[M]. 河南:河南年鉴社, 2005.
- [2] 李晓娜,武菊英,徐彪,等. 京郊延庆康庄地区不同土地利用类型对土壤风蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6):22-24.
- [3] 康玲玲,吴卿,王昌高,等. 黄土丘陵沟壑区水土保持综合治理关键措施及其组合的研究[J]. 中国水土保持科学, 2003(2):74-79.
- [4] 胡隼,王进,丁希卫. 水城县严重侵蚀地段不同治理模式的水土保持功能研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6):88-90.
- [5] 郝仕龙,曹连海,李壁成. 小尺度土地利用/覆被变化驱动力研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2):228-230.

(上接第 191 页)

3 结 论

(1)苗期和拔节期重度缺水严重抑制蚕豆生长,使其叶面积变小,且这种抑制作用可持续较长时间,而苗期和拔节期轻度缺水几乎不影响蚕豆的生长。

(2)苗期和拔节期调亏灌溉处理在调亏期和花荚期的作物需水量降低,而在鼓粒成熟期有所增加。叶面积、棵间蒸发量和叶片蒸腾速率下降是苗期和拔节期需水量减少的主要原因,而在花荚期需水量减少则主要是叶面积减小所致。对于重度调亏,蒸腾速率降低也是另一重要原因。鼓粒成熟期作物需水量增加,是由于调亏处理延缓叶片衰老,叶面积和蒸腾速率相对提高所致。

(3)苗期和拔节期干旱有利于提高蚕豆生物产量的水分利用率,缺水不但能提高该时段的水分利用效率而且可以提高生育后其的水分利用效率。轻度调亏可提高蚕豆产量,重度调亏处理产量下降,但下降幅度低于需水量减少的幅度,从而在不过于牺牲产量的情况下提高了水分生产效率。

参考文献:

- [1] 康绍忠,蔡焕杰. 作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践[M]. 北京:中国农业出版社, 2002:123-95.

- [2] 王和洲,张晓萍. 调亏灌溉条件下的作物水分生态生理研究进展[J]. 灌溉排水, 2001, 20(4):73-75.
- [3] 郑卓杰,宗绪晓,刘芳玉. 食品豆类栽培技术问答[M]. 北京:中国农业出版社, 1998:30-31.
- [4] 李晓玲,张芮,丁林. 地面灌溉条件下蚕豆的水分生产函数与灌溉定额的确定[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(4):91-94.
- [5] 鲍思伟,陈彤. 水分胁迫对蚕豆生长的影响[J]. 台州师专学报, 2001, 23(3):59-61.
- [6] Lodow M M, NG T T. Water stress suspends leaf ageing [J]. Plant Science Letters, 1974, 3:235-240.
- [7] Rawson H M, Turner N C. Irrigation timing and sunflowers [J]. Irri. Sci., 1983, 4:167-175.
- [8] Blankman P G, Davies W J. Root to shoot communication in maize plant of the effects of soil drying [J]. J. Exp. Bot., 1985, (36):39-48.
- [9] Turner N C, Begg L E. Plant water relationship and adaptation to stress [J]. Plant and Soil, 1981, 58:97-131.
- [10] 段爱旺. 水分利用效率的内涵及使用中需要注意的问题[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(1):8-11.