

灌溉方式对大豆光合性状及土壤水分利用率的影响

张丽华,赵洪祥,谭国波,闫伟平,边少锋

(吉林省农业科学院 农业环境与资源研究中心,吉林 长春 130124)

摘要:设置均匀灌溉、固定隔沟灌溉、交替隔沟灌溉3种灌溉方式,分别在大豆开花期、结荚期和鼓粒期进行灌溉,每次单沟灌水量分为60、45和30 mm 3个水平,以不灌溉为对照,研究了灌溉方式对大豆光合特性的影响。结果表明:灌溉可极显著提高大豆叶片的光合速率和大豆产量,交替隔沟灌45 mm的R4期光合速率、产量与交替隔沟灌60 mm差异不显著,而且土壤水分利用效率最高,从节水增产增效角度分析,交替隔沟灌溉45 mm的灌溉方式最佳。

关键词:大豆;灌溉方式;光合速率;产量;水分利用效率(WUE)

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)04-0613-04

Effects of Irrigation Modes on Photosynthetic Characters and Water Use Efficiency of Soybean

ZAHNG Li-hua, ZHAO Hong-xiang, TAN Guo-bo, YAN Wei-ping, BIAN Shao-feng

(Agricultural Environment & Resource Research Center, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130124, Jilin, China)

Abstract: Three irrigation modes of uniform irrigation (UI), fixed furrow irrigation (FFI) and alternative furrow irrigation (AFI) were operated at flowering, podding and seed filling of soybean, with single furrow irrigation amount of 60, 45 and 30 mm respectively, with no irrigation as control. Irrigation increased photosynthetic rate and yield of soybean evidently. The soil water use efficiency of AFI 45 mm was the highest, and there were no significant differences of the photosynthetic rate at R4 and seed yield between AFI 45 mm and AFI 60 mm. Hence, AFI 45 mm was the best irrigation mode base on the view of yield increasing and water saving.

Key words: Soybean; Irrigation modes; Photosynthetic rate; Yield; Water use efficiency (WUE)

大豆需水量大且对水分非常敏感。为此,关于水分对大豆影响的研究也比较多,例如:大豆需水量及需水规律^[1]、灌溉时期^[2-5]、灌溉次数^[2,6]、不同滴灌条件下的灌水量^[7-8]对大豆产量、品质及光合特性的影响等。而对于垄作条件下的灌溉方式,尤其是交替隔沟灌溉模式在大豆上的研究相对较少,该文研究了不同灌溉方式对大豆叶片光合生理及土壤水分利用效率的影响,为指导大豆合理灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2009年在吉林省农科院公主岭院区试验田进行。灌溉方式为:A1,均匀沟灌(均匀灌在每一条沟里);A2,固定隔沟灌溉(每次都灌在同一灌水沟里);A3,交替隔沟灌溉(垄两侧沟交替进行灌溉);每次单沟灌水量分别为60(B1)、45(B2)和30(B3)mm,具体设计见表1,以不灌溉为对照(CK)。大豆品种为吉育88,种植密度24万株·hm⁻²。6行

区,行长5 m,行距0.6 m,3次重复,随机区组设计。底肥为大豆专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O=10:15:20),用量400 kg·hm⁻²。分别在大豆开花期、结荚期和鼓粒期进行灌溉,每个时期灌溉1次,出水端接有水表和水阀控制灌水量。

表1 试验设计

Table 1 Trial design

处理 Treatment	灌溉方式(A) Irrigation methods	单沟灌水量(B) Irrigation amount/mm
A2B1	固定隔沟灌溉	60
A3B1	交替隔沟灌溉	60
A2B2	固定隔沟灌溉	45
A3B2	交替隔沟灌溉	45
A1B3	均匀灌溉	30
A2B3	固定隔沟灌溉	30
A3B3	交替隔沟灌溉	30

1.2 测定项目与方法

利用LC pro+型便携式光合仪测定大豆叶片的蒸腾速率(*Tr*)、气孔导度(*Gs*)和净光合速率(*Pn*)等光合指标,分别在R2期(7月3日)9:30~10:40,

收稿日期:2012-04-09

基金项目:国家科技支撑计划重点资助项目(2006BAD521B01-2)。

第一作者简介:张丽华(1974-),女,硕士,副研究员,主要从事作物栽培学研究。E-mail:zhanglh_3161@163.com。

通讯作者:边少锋(1963-),男,博士,研究员,主要从事作物栽培与耕作学研究。E-mail:bsf8257888@sina.com。

利用自然光测定;R4期(8月6日)8:30~10:00用固定光源测量,光合有效辐射为 $1\,479\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。每小区随机选择5株,测定倒数第3节位的叶片。

利用烘干法,测定大豆播种前和收获后0~50 cm土层内的土壤含水率,以此计算出大豆不同处理的土壤水分利用效率。水分利用效率的计算公式为: $WUE = Y/\Delta C = Y/(P - \Delta W)$,式中:WUE为土壤水分利用效率($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$);Y为产量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$); ΔC 为作物耗水量(mm);P为作物生育期内降雨量+灌水量(mm)之和,降雨量用TRM-ZS2自动气象站监测; ΔW 为作物收获时与播种时土壤储水量之差(mm)。

1.3 数据分析

利用DPS 7.05进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉处理对大豆光合特性的影响

由表2可见,R2期大豆叶片光合有效辐射固定

隔沟灌溉30 mm极显著高于对照,而灌溉45 mm和60 mm的处理均显著或极显著低于对照;叶室温度除固定隔沟灌溉45 mm和均匀灌溉30 mm高于对照外,其余灌溉处理均低于对照;叶面温度均匀灌溉30 mm显著高于其它处理和对照,而灌溉60 mm的2个处理极显著低于其它处理和对照;胞间 CO_2 浓度所有灌溉处理均高于对照,以固定隔沟灌溉60 mm最高,极显著高于其它处理;蒸腾速率除固定隔沟灌溉60 mm低于对照外,其余处理均高于对照,其中固定隔沟灌溉45 mm的蒸腾速率最大;气孔导度灌溉处理均极显著高于对照,固定隔沟灌溉60 mm极显著高于其它处理;灌溉处理的光合速率显著高于对照,交替隔沟灌溉60 mm最高,均匀灌溉30 mm显著低于其它处理。均匀灌溉30 mm的叶室和叶面温度均最高,蒸腾速率较高,由于作物本身的自动调节功能,为防止体内水分过度散失,将气孔关闭,导致因气孔导度下降而引起光合速率下降。

表2 不同处理大豆叶片R2期的光合性状

Table 2 The photosynthetic character of soybean leaves under different treatments at R2

处理 Treatment	光合有效 辐射 PAR/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	叶室温度 Tch/ $^{\circ}\text{C}$	叶面温度 Tl/ $^{\circ}\text{C}$	胞间 CO_2 浓度 Ci/ $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$	蒸腾速率 Tr/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	气孔导度 Gs/ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	光合速率 Pn/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
A2B1	1643cdBC	31.7fE	33.3eE	283aA	6.55eE	0.87aA	16.90cBC
A3B1	1623cdC	34.0eD	35.6dD	260bcB	8.15cdCDE	0.61bB	19.71aA
A2B2	1627cdC	38.3abA	39.5bAB	254bcBC	11.20aA	0.56bcB	19.54aA
A3B2	1585dC	36.4dC	38.0cC	254bcBC	9.23bcBCD	0.48cB	17.95bcB
A1B3	1675bcBC	38.8aA	40.5aA	263bB	11.10aAB	0.45cB	15.48dCD
A2B3	1874aA	36.9cdBC	38.8bcBC	240deCD	10.00abABC	0.47cB	19.68aA
A3B3	1745bB	37.7bcAB	39.5bAB	248cdBC	10.90aAB	0.47cB	18.40bAB
CK	1742bB	37.8bcAB	39.5bAB	232eD	7.60deDE	0.26dC	14.10eD

同列数值后不同大小写字母分别代表在0.01和0.05水平差异显著,下表同。

Values within the same column followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability level, respectively, the same as below.

由表3可知,大豆R4期叶室与叶面温度均随灌水量的增加呈下降趋势,固定隔沟灌溉60 mm极显著低于其它处理和对照;胞间 CO_2 浓度灌溉处理极显著高于对照,固定隔沟灌溉60 mm极显著高于其它灌水处理;蒸腾速率灌溉处理极显著高于对照,固定隔沟和均匀灌溉30 mm蒸腾速率极显著高于其它处理;气孔导度灌溉处理极显著高于对照,固定隔沟灌溉60 mm极显著高于其它处理;光合速率灌溉处理极显著高于对照,交替隔沟灌溉60 mm、

固定及交替隔沟灌溉45 mm和均匀灌溉30 mm间差异不显著,但它们均显著或极显著高于其它处理。

由对照的测量值可见,大豆R4期的土壤水分严重影响了叶片的光合性能,同样灌水条件下,灌溉45 mm处理在节约水资源的前提下不影响大豆叶片的光合生产率,是较适宜的灌水量。均匀灌溉30 mm的光合速率在R2~R4期呈上升趋势,而其它处理则呈下降趋势。

表 3 不同处理大豆 R4 期叶片的光合性状

Table 3 The photosynthetic character of soybean leaves under different treatments at R4

处理 Treatment	叶室温度 Tch/℃	叶面温度 Tl/℃	胞间 CO ₂ 浓度 Ci/ $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$	蒸腾速率 Tr/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	气孔导度 Gs/ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	光合速率 Pn/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
A2B1	32.8f	34.2f	269aA	7.66dC	0.70aA	16.01cC
A3B1	36.4eE	37.8eE	240bB	9.54bcB	0.50bB	18.15aA
A2B2	38.8cdCD	40.2cdCD	215deCD	10.24bB	0.36cCD	17.86aA
A3B2	38.1dD	39.6dD	226cC	10.08bcB	0.40cBC	17.50aAB
A1B3	39.4bcBC	40.8bcBC	226cdCD	11.44aA	0.41cBC	17.68aAB
A2B3	40.0abAB	41.5abAB	223cdCD	11.70aA	0.41cBC	16.85bBC
A3B3	40.3aAB	41.8aAB	210eD	9.37cB	0.26dD	14.47dD
CK	40.6aA	42.1aA	174fE	3.85eD	0.08eE	6.53eE

由图 1 可以看出,灌溉可极显著增产,而且增产幅度与灌水量成正比,但交替隔沟灌溉 45 mm 与单沟灌溉 60 mm、均匀灌溉 30 mm 间产量差异均不显著,与固定隔沟和交替隔沟灌溉 30 mm 间产量差异达到极显著水平,从节水增产效果来看,交替隔沟灌 45 mm 较好。

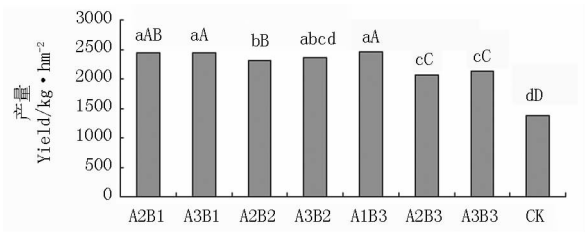


图 1 不同处理间大豆产量

Fig. 1 Soybean yield under different treatments

2.2 不同灌溉方式对土壤水分利用效率的影响

合理的灌水量及灌溉方式会提高干旱条件下的土壤水分利用效率,交替隔沟灌溉 45 mm 的土壤水分利用效率最高,除交替隔沟灌溉 30 mm 外,与其它灌溉处理间差异均达到显著水平(表 4)。从土壤水分高效利用角度来看,交替隔沟灌溉 45 mm 最为理想。

表 4 不同处理的土壤水分利用效率

Table 4 The soil water use efficiency under different treatments

处 理 Treatment	降雨量 + 灌水 Rainfall + Irrigation/mm	水分利用效率 WUE/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
A2B1	303.6	0.79bAB
A3B1	303.6	0.79bAB
A2B2	281.1	0.80bAB
A3B2	281.1	0.82aA
A1B3	303.6	0.79bAB
A2B3	258.6	0.78bB
A3B3	258.6	0.80abAB
CK	213.6	0.62cC

3 结论与讨论

3.1 适时灌溉可以提高大豆的光合速率

干旱时灌溉可极显著地提高大豆叶片的光合速率,R2 期除均匀灌溉 30 mm 与对照差异不显著外,其余处理均极显著高于对照。R4 期各灌溉处理的光合速率均极显著高于对照,但与 R2 期比较,R4 期的光合速率整体上呈下降趋势(均匀灌溉 30 mm 除外)。周欣等^[9]研究表明,大豆的净光合速率最高值出现在结荚期。而本试验结荚期光合速率下降是由于土壤水分胁迫造成的,因为开花期和结荚鼓粒期的土壤含分量分别为 17.3% 和 15.4%,而此阶段最适宜土壤含水量分别为 16.9% ~ 19.3% 和 18% ~ 20.5%,即占田间持水量的 70% ~ 75% 和 75% ~ 85%^[10]。

3.2 合理的灌溉方式可以达到节水增产

从节约水资源的角度考虑,交替隔沟灌溉 45 mm 更适宜。因为交替隔沟灌溉 60 mm、均匀灌溉 30 mm 与交替隔沟灌溉 45 mm R4 期的光合速率间差异不显著。

灌水处理的大豆产量较对照增加了 50.4% ~ 79.3%。交替隔沟灌 45 mm 与单沟灌 60 mm 和均匀灌 30 mm 的产量差异均不显著,却极显著高于固定隔沟和交替隔沟灌 30 mm,节水的同时并不减产,所以交替隔沟灌 45 mm 最佳。

3.3 合理的灌溉方式可以提高土壤水分利用效率

干旱情况下,灌溉可极显著提高土壤水分利用效率。交替隔沟灌溉 45 mm 的土壤水分利用效率最高。马洪云等^[11]认为,根系吸水量在灌溉强度为 50 mm 左右达到最大值;灌溉强度小于 43 mm 时,渗漏量是很小的,但蒸发量很大;交替隔沟灌溉 45 mm 的灌溉强度接近根系最大吸水量,渗漏量又较小,蒸发量也很小。孙景生等^[12]认为,交替隔沟

灌溉具有明显的减少株间土壤蒸发、降低作物蒸腾和充分利用天然降雨的优点,而作物的产量和品质基本不受影响,甚至还略有提高和改善。

参考文献

- [1] 王彦文,王延宇,王鑫,等. 大豆生育期需水量与产量效应关系[J]. 吉林农业科学,1995(2):29-31. (Wang Y W, Wang Y Y, Wang X, et al. Relationship between water requirements and yield growth stage in soybean[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1995(2):29-31.)
- [2] 潘荣云,樊园. 灌水对大豆产量和品质性状的影响研究初报[J]. 大豆通报,2003(1):11. (Pan R Y, Fan Y. Effect on yield and quality character irrigation [J]. Soybean Bulletin, 2003(1):11.)
- [3] 周侠,齐淑云,王巨国. 浅析灌水对大豆产量的影响[J]. 大豆通报,2003(6):11-12. (Zhou X, Qi S Y, Wang J G. Preliminary-analysis effects of irrigation on yield of soybean[J]. Soybean Bulletin, 2003(6):11-12.)
- [4] 张勇,许芳,杨兴勇,等. 大豆鼓粒期灌水对生育期、产量影响研究[J]. 安徽农学通报,2008,14(6):46-47. (Zhang Y, Xu F, Yang X Y, et al. Preliminary study on the effect of the irrigation on grain into the growth and yield of soybean[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2008, 14(6):46-47.)
- [5] 武向良,高聚林,王志刚,等. 不同时期灌溉对大豆叶片生理特性及水分利用效率的影响[J]. 大豆科学,2007,26(5):695-699. (Wu X L, Gao J L, Wang Z G, et al. Effect of irrigation at different growth stages on water use efficiency and leaf physiological characteristics of soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(5):695-699.)
- [6] 林国强,胡润芳. 不同灌水方式对春大豆籽粒产量的影响[J]. 大豆通报,2005(1):8. (Lin G Q, Hu R F. Effects of irrigation methods on grain yield of spring soybean[J]. Soybean Bulletin, 2005(1):8.)
- [7] 毛洪霞,张富仓,何林望. 不同灌水量对滴灌大豆产量及品质的影响[J]. 新疆农垦科技,2007(6):35-36. (Mao H X, Zhang F C, He L W. Effect on yield and quality of soybean in different drip-irrigation total irrigation[J]. Xinjiang Farmland Science & Technology, 2007(6):35-36.)
- [8] 毛洪霞. 不同水分处理对滴灌大豆生长及产量的影响[J]. 耕作与栽培,2007(6):9-13. (Mao H X. Effects of different water-treatments on growth and yield of soybean of dripping irrigation [J]. Tillage and Cultivation, 2007(6):9-13.)
- [9] 周欣,郭亚芬,魏永霞,等. 水分处理对大豆叶片净光合速率、蒸腾速率及水分利用效率的影响[J]. 农业现代化研究,2007,28(3):374-376. (Zhou X, Guo Y F, Wei Y X, et al. Effect of soil moisture on soybean's net photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency [J]. Research of Agricultural Modernization, 2007, 28(3):374-376.)
- [10] 徐淑琴,宋军,吴砚. 大豆需水规律及喷灌模式探讨[J]. 节水灌溉,2003(3):32,42,52. (Xu S Q, Song J, Wu Y. Soybean water requirement and irrigation modes [J]. Water Saving Irrigation, 2003(3):32,42,52.)
- [11] 马洪云,卢文喜,杨威,等. 灌溉强度与作物吸收率关系探讨[J]. 节水灌溉,2007(2):4-6. (Ma H Y, Lu W X, Yang W, et al. Research on relation between irrigation intensity and crop absorption ratio [J]. Water Saving Irrigation, 2007(2):4-6.)
- [12] 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,2002,33(3):64-68. (Sun J S, Kang S Z, Cai H J, et al. Water saving mechanism for promoting water use efficiency by using alternate furrow irrigation techniques [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2002, 33(3):64-68.)

欢迎订阅 2013 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办,中国科学院主管,科学出版社出版。主要报道全球环境变化与农业、农业生态系统与生态农业理论基础、农田生态系统与农业资源、生态农业模式和技术体系、农业生态经济学、农业环境质量及环境保护、农业有害生物的综合防治等领域创新性研究成果。适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生、农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的技术人员阅读与投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行,国内刊号 CN13-1315/S,国际刊号 ISSN1671-3990。月刊,国际标准大 16 开本,128 页,每期定价 35 元,全年 420 元。邮发代号:82-973,全国各地邮局均可订阅。漏订者可直接汇款至编辑部补订(需另加邮资 50.00 元)。

地址:(050022) 河北省石家庄市槐中路 286 号 中科院遗传发育所农业资源中心

《中国生态农业学报》编辑部

电话:(0311) 85818007 传真:(0311) 85815093

网址: <http://www.ecoagri.ac.cn> E-mail: editor@sjziam.ac.cn