

灌溉方式对大豆产量及品质的影响

张丽华, 谭国波, 赵洪祥, 闫伟平, 孟祥盟, 方向前, 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:于2009和2010年采取常规灌溉、固定隔沟灌溉和交替隔沟灌溉3种灌溉方式,设置15、22.5和30 mm 3个灌水量,考察灌溉方式及灌溉量对大豆产量、植株性状、品质及土壤水分利用率(WUE)的影响。结果表明:2009年干旱条件下,灌水可极显著提高土壤水分利用效率和大豆产量,而且产量随灌水量的增加而显著增加,交替隔沟灌溉22.5 mm的产量、单株荚数、单株粒重和WUE均高于其它灌溉处理。2010年降雨相对较多,灌溉处理的产量均高于对照,以交替隔沟灌溉22.5 mm产量最高,相同水量不同灌溉方式间产量差异不显著。交替隔沟灌溉22.5 mm的单株荚数、单株粒数和WUE都极显著高于其它处理。灌溉使大豆蛋白质含量提高,脂肪含量降低,但差异不显著。综合考虑,大豆生育期间最佳灌溉组合为交替隔沟灌溉22.5 mm。

关键词:灌溉方式;大豆;产量;品质;水分利用效率

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)05-0800-04

Effect of Irrigation Method on Yield and Quality of Soybean

ZHANG Li-hua, TAN Guo-bo, ZHAO Hong-xiang, YAN Wei-ping, MENG Xiang-meng, FANG Xiang-qian, BIAN Shao-feng

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

Abstract: Soybean are sensitive to soil moisture, in order to study the effect of irrigation methods on yield, quality of soybean and water use efficiency(WUE), a field experiment was carried out in 2009 and 2010. Three irrigation methods including conventional furrow irrigation, fixed furrow irrigation and alternative furrow irrigation, and three irrigation amount including 15, 22.5 and 30 mm were used in the test. The results showed that appropriate irrigation could obviously improve WUE and yield of soybean. The soybean yield increased obviously with increase of irrigation amount in 2009 which the rainfall was infrequent. The yield, pods per plant, seeds weights and WUE of alternative furrow irrigation 22.5 mm were higher than other irrigation combinations. Rainfall mainly focused in July and August in 2010, so irrigation was carried out in September. The yield of irrigation 22.5 and 15 mm was higher than 30 mm and control obviously. The yield of irrigation 22.5 mm was higher than 15 mm obviously. The difference of yield wasn't significant between irrigation 30 mm and control. The difference of yield of different irrigation methods wasn't significant with the same irrigation amount. Pods and seeds per plant and WUE of irrigation 22.5 mm was extremely significant higher than other irrigation amount. The number of pods and seeds and WUE of alternative furrow irrigation 22.5 mm was extremely significant higher than other irrigation methods. Irrigation could increase soybean protein content to a certain extent. However, oil content was reduced, but the difference of quality wasn't significant between irrigation and control. The results of two years experiments showed that alternative furrow irrigation with irrigation amount of 22.5 mm was the best irrigation combination.

Key words: Irrigation method; Soybean; Yield; Quality; WUE

大豆是对水分比较敏感的作物,干旱对其产量和品质产生严重影响。灌溉可以有效缓解干旱带来的损失,对大豆灌溉方面的研究主要集中于灌溉时期、灌溉次数、滴灌条件下的灌水量等^[1-6]对大豆产量、品质等方面的影响。大豆鼓粒期灌水,能提高大豆产量并改善其品质^[1];开花期和鼓粒期各灌一次水增产效果明显^[2];从产量提高及改善品质方面考

虑,滴灌水量在 $3\ 945\sim 4\ 455\ \text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 较为适宜^[4]。但目前对于垄作条件下的灌溉方式和灌溉量的研究相对较少,而垄作大豆东北地区大豆的主要栽培方式。该试验对垄作条件下灌溉方式和灌溉量对大豆产量、品质及水分利用效率的影响进行研究,从中选出最佳的灌溉方式及灌溉量,以指导大豆生产。

收稿日期:2011-03-15

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,副研究员,主要从事作物栽培学与耕作学研究。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。

1 材料与方法

1.1 供试材料

大豆品种吉育 88,由吉林省农业科学院大豆研究中心选育。

1.2 试验设计

试验于 2009 和 2010 年在吉林省农业科学院公主岭院区试验田进行,采用二因素随机区组设计,A 因素为灌溉方式,B 因素为灌水量,各包括 3 个水平。6 行区,行长 5 m,行距 0.6 m,株距 0.14 m,每穴保苗 2 株,小区面积 18 m²,施肥水平 400 kg·hm⁻²(N:P₂O₅:K₂O 比例为 10:15:20 的大豆专用复合肥)。采用常规灌溉、固定隔沟灌溉和交替隔沟灌溉 3 种灌溉方式,对照不进行人工灌溉。根据垄沟深度和节水灌溉的原则设定 15、22.5 和 30 mm 3 个灌水量。常规灌溉是将小区灌水量均匀灌到每个沟里;固定隔沟灌溉是只给相邻两灌水沟中的 1 条沟灌水,而且沟内灌水量为常规沟内水量的 2 倍;交替隔沟灌溉即相邻灌水沟交替灌水,第一次灌水沟在下次灌水时设为非灌水沟,而第一次非灌水沟在下次灌水时设为灌水沟,灌水量为常规沟内水量的 2 倍。2009 年干旱,灌溉 3 次,分别在大豆开花、结荚和鼓粒期进行;2010 年由于前期雨水较大,2 次灌溉均在鼓粒期(9 月 1 日和 9 月 9 日)进行。常规田间管理。

表 1 试验设计

Table 1 Trial design

处理	灌溉方式(A) Irrigation methods		灌水量(B)
Treatment	2009 年	2010 年	Irrigated water content/mm
A1B1	未设	常规灌溉	15
A2B1	固定隔沟灌溉	固定隔沟灌溉	15
A3B1	交替隔沟灌溉	交替隔沟灌溉	15
A1B2	未设	常规灌溉	22.5
A2B2	固定隔沟灌溉	固定隔沟灌溉	22.5
A3B2	交替隔沟灌溉	交替隔沟灌溉	22.5
A1B3	常规灌溉	常规灌溉	30
A2B3	固定隔沟灌溉	固定隔沟灌溉	30
A3B3	交替隔沟灌溉	交替隔沟灌溉	30

1.3 测定项目与方法

收获时选取各小区中间 10 m² 实收测产,然后

表 2 不同处理间产量及性状比较

Table 2 Yield and characters comparison of different treatments

处理	2009 年			2010 年		
	产量	百粒重	经济系数	产量	百粒重	经济系数
Treatment	Yield/kg·hm ⁻²	100-seed weight/g	Economic index	Yield/kg·hm ⁻²	100-seed weight/g	Economic index
A1B1	—	—	—	3680.0bBC	25.0abA	0.47abcAB
A2B1	2060.4 cC	16.3bB	0.35bcB	3678.3bBC	25.3abA	0.46cB
A3B1	2123.9 cC	16.7abAB	0.35bcB	3679.8bBC	25.0abA	0.47abcAB
A1B2	—	—	—	3873.1aAB	25.0abA	0.47abcAB
A2B2	2304.9bB	17.4aA	0.36bAB	3861.2aAB	25.5aA	0.48aA
A3B2	2363.1abAB	17.0aAB	0.36bAB	3940.7aA	25.1abA	0.48abAB
A1B3	2457.6 aA	17.4aA	0.36bAB	3512.0cC	24.8bA	0.46bcAB
A2B3	2436.9 aAB	17.2aAB	0.36bcAB	3530.3cC	25.0abA	0.47abcAB
A3B3	2442.5aA	17.4aA	0.37aA	3565.8bcC	25.3abA	0.47abcAB
CK	1370.4 dD	15.2cC	0.31dC	3514.1cC	24.6bA	0.44dC

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.

折算为公顷产量,同时选有代表性植株 10 株进行风干考种,调查株高、单株总荚数及有效荚数、每荚粒数、单株生物重及粒重;籽粒中蛋白质及脂肪含量由吉林省农业科学院农产品质量安全检测中心测定。水分利用率 WUE,计算公式为:WUE = Y/ΔC = Y/(P - ΔW)。式中:WUE 为作物水分利用效率(kg·m⁻³),Y 为产量(kg·hm⁻²),ΔC 为作物耗水量(mm),P 为作物生育期内降雨量 + 灌水量之和(mm),降雨量采用试验地边的 TRM-ZS2 自动气象站监测的记录数据,ΔW 为作物收获时与播种时 0~50 cm 土层储水量之差(mm);经济系数 = 经济产量/生物产量。

1.4 数据分析

利用 DPS v 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产量的影响

2009 年灌溉处理的大豆产量较对照极显著增产,增产幅度与灌水量正相关,常规灌溉 30 mm 时产量最高。相同灌溉方式下 15 mm 与 22.5 和 30 mm 灌水量间产量差异均达到显著或极显著水平,同一灌水量的不同灌溉方式之间产量差异不显著。灌水处理百粒重和经济系数极显著高于对照,除百粒重固定灌溉 15 mm 与个别处理间存在显著或极显著差异,经济系数交替隔沟灌溉 30 mm 与其它处理差异显著外,其它处理间的百粒重和经济系数差异均不显著。从节水增产增效的角度来看,交替隔沟灌溉 22.5 mm 组合较适宜。

2010 年以交替隔沟灌溉 22.5 mm 灌水量处理产量最高;3 种灌溉方式在灌水量 15 和 22.5 mm 时产量显著或极显著高于 30 mm 各处理和对照;同一灌水量不同灌溉方式之间差异不显著;同一灌溉方式下不同灌水量之间产量差异达显著或极显著水平。而百粒重和经济系数各灌溉处理间差异不显著。综合分析 2009 和 2010 年数据得出,交替隔沟灌溉 22.5 mm 增产效果好于其它的灌溉处理(表 2)。

2.2 不同灌溉处理对大豆植株性状的影响

如表 3 所示,2009 年灌水条件下,株高、单株荚数、单株粒数和单株粒重较对照极显著增加。株高随灌水量增加而增高,同一灌水量时交替隔沟灌溉株高均高于固定隔沟灌溉(30 mm 除外),但差异不显著;交替隔沟灌溉 22.5 mm 除单株荚数与常规灌溉 30 mm 差异不显著外,单株荚数和单株粒数最高,均显著或极显著高于其它灌溉处理;单株粒重同一灌水量各处理之间差异均不显著,灌水量 15 mm 各处理均极显著低于 22.5 和 30 mm 处理,22.5 和 30 mm 各灌溉方式之间差异不显著;分析得出,交替隔沟灌溉 22.5 mm 的植株综合性状最佳。

表 3 灌溉对植株性状的影响

Table 3 Effect of irrigation on plant character

处理 Treatment	2009 年				2010 年			
	株高 Plant height /cm	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seeds weight per plant/g	株高 Plant height /cm	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seeds weight per plant/g
A1B1	—	—	—	—	102.0abAB	33.2deCDE	76.7dCD	17.3bcABCD
A2B1	85.9eC	23.8eC	51.2dC	8.6bC	101.9abAB	32.7eDEF	75.0dD	17.0bcdBCD
A3B1	88.2deC	22.8eC	46.7eD	8.9bBC	101.2abcAB	34.5cdCD	79.1cC	18.5abABC
A1B2	—	—	—	—	103.1aA	36.9bB	85.0bB	18.8abABC
A2B2	88.0 deC	27.0bB	60.8cB	9.6aAB	102.4abAB	35.1cBC	86.1bB	19.3aAB
A3B2	89.8cdBC	29.5aA	68.1aA	9.9aAB	101.6abcAB	39.5aA	95.7aA	19.8aA
A1B3	96.2aA	28.8aA	64.8bA	10.2aA	100.2bcAB	30.4fG	66.4fE	15.2dD
A2B3	94.0abAB	26.8bB	59.2cB	10.2aA	99.3cBC	30.7fG	68.6eE	16.2cdCD
A3B3	92.5bcAB	26.6bB	59.5cB	10.2aA	96.3dC	32.2eEFG	76.1dD	18.0abcABC
CK	81.4fD	18.9dD	43.5fE	5.7cD	97.5deC	32.6eEFG	74.7dD	16.3cdCD

2.3 不同灌溉处理对大豆品质的影响

将 2010 年收获的大豆籽粒进行蛋白质和脂肪含量测定(表 4)。结果表明,所有灌溉处理的蛋白质含量均不同程度高于对照,脂肪含量均低于对照,但灌溉处理与对照间的差异均不显著。

表 4 不同灌水处理对大豆蛋白质和脂肪含量的影响

Table 4 Effect of different irrigation treatments on soybean protein and fat content

处理 Treatment	蛋白质 Protein/%	脂肪 Fat/%
CK	42.32aA	20.25aA
A1B1	42.51aA	20.17aA
A2B1	42.65aA	20.23aA
A3B1	43.09aA	19.94aA
A1B2	42.33aA	19.76aA
A2B2	42.63aA	19.96aA
A3B2	42.96aA	20.24aA
A1B3	43.37aA	19.88aA
A2B3	42.74aA	19.90aA
A3B3	43.02aA	20.09aA

2010 年除交替隔沟灌溉 30 mm 株高与对照差异不显著外,其它所有处理的株高均显著或极显著高于对照;除了常规、固定隔沟灌溉 15 mm 和交替隔沟灌溉 30 mm 的单株荚数和单株粒数与对照间差异不显著外,其余灌水处理与对照间差异均达到显著或极显著水平;单株粒重灌水 22.5 mm 的 3 种灌溉方式均显著或极显著高于对照,交替隔沟灌溉 15 mm 显著高于对照,其余处理与对照间差异不显著。综合分析,交替隔沟灌溉 22.5 mm 单株荚数、单株粒数和单株粒重均高于其它处理和对照,为最佳灌溉方式。

2.4 不同灌溉处理对土壤水分利用效率的影响

如表 5 所示,2009 年灌水处理的土壤水分利用率均极显著高于对照,交替隔沟灌水 22.5 mm 与其它处理间差异达到显著或极显著水平(除 A3B1 外),而其它处理间差异不显著。2010 年除灌水 15 mm 的各处理与对照无差异外,其余处理的土壤水分利用率均与对照存在显著差异,相同灌溉方式不同灌水量间的土壤水分利用效率差异达到显著水平,处理间以交替隔沟灌溉 22.5 mm 土壤水分利用效率最高。灌水 30 mm 的土壤水分利用效率极显著低于对照和其它处理,很可能是由于土壤水分过多,导致根系缺氧,引起根部伤害,影响根系对土壤水分的吸收造成的。2 a 的试验结果表明,交替隔沟灌溉 22.5 mm 的土壤水分利用效率最高,同时产量表现最佳,因此对于实现高产及合理分配水资源来说,交替隔沟灌 22.5 mm 组合最为理想。

表 5 不同处理的土壤水分利用效率

Table 5 Soil water use efficiency of different treatment

处理 Treatment	2009 年		2010 年	
	降雨量 + 灌水 Rainfall plus irrigation/mm	土壤水分利用效率 WUE/kg · m ⁻³	降雨量 + 灌水 Rainfall plus irrigation/mm	土壤水分利用效率 WUE/kg · m ⁻³
A1B1	—	—	561	0.66cC
A2B1	258.6	0.78bB	561	0.66cC
A3B1	258.6	0.80abAB	561	0.66cC
A1B2	—	—	576	0.67bB
A2B2	281.1	0.80bAB	576	0.67bB
A3B2	281.1	0.82aA	576	0.69aA
A1B3	303.6	0.79bAB	591	0.60eE
A2B3	303.6	0.79bAB	591	0.61dD
A3B3	303.6	0.79bAB	591	0.60eE
CK	213.6	0.62cC	531	0.66cC

3 结论与讨论

2 a 的试验结果表明:最佳的灌溉组合为交替隔沟灌 22.5 mm。2009 年干旱,灌溉显著增加了大豆荚数、粒数及粒重,极显著提高了产量和土壤水分利用效率。王彦文等^[7]研究表明,大豆结荚鼓粒期,日耗水强度高达 30 mm,是大豆需水最多时期。此期间,如果土壤水分不足,进行灌溉可明显提高大豆的产量和质量。同样灌溉条件下,交替隔沟灌 22.5 mm 与灌溉 30 mm(任何一种灌溉方式)之间的产量差异均不显著,从节水灌溉的角度考虑,交替隔沟灌溉 22.5 mm 最适宜。

2010 年降雨相对较多,大豆鼓粒期灌水 30 mm 的产量与对照间差异不显著,WUE 极显著降低,株高降低,说明灌水 30 mm 已超过大豆所需的适宜土壤湿度。因为土壤水分过多,造成根系缺氧,引起根部伤害,形成涝害逆境,植株高度和产量降低^[3]。而灌水 15 mm 和 22.5 mm 产量显著或极显著高于对照,灌水 22.5 mm 的产量显著或极显著高于灌水 15、30 mm,所以,灌水量 22.5 mm 最适宜。此灌水量下,交替隔沟灌溉的增产幅度、单株荚数、单株粒数及土壤 WUE 都极显著高于其它 2 种灌溉方式。Graterol 等^[8]对大豆的试验结果表明,采用交替隔沟灌溉方式,株高降低,单荚粒数增加,最终产量略有提高。说明交替隔沟灌溉是最佳的灌溉方式。灌水提高了大豆蛋白质含量,降低了脂肪含量,但处理间差异不显著。交替隔沟灌 22.5 mm 的土壤 WUE 最高。马洪云等^[9]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,渗漏量都是很小,但蒸发量很大。交替隔沟灌 22.5 mm 时一条垄沟的水量为 45 mm,即灌溉强度为 45 mm(灌溉强度是指一次灌入的水量 mm)接近根系最大吸水量,渗漏量又较小,同时交替隔沟灌溉又具有明显减少植株间土壤蒸发、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,甚至还略有提高或改善^[10]。

综上所述,垄作大豆生产田遇旱,采用交替隔沟方式进行灌溉,每次灌水量为 22.5 mm,是缓解旱情,促进高产的最佳灌溉方式。

参考文献

- [1] 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.)
- [2] 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. Effect on soybean yield irrigation watering[J]. Soybean Bulletin, 2003 (6): 11-12.)
- [3] 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. Effect on grain yield of spring soybean in different irrigation modes[J]. Soybean Bulletin, 2005(1):8.)
- [4] 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 total irrigation[J]. Xinjiang Farmland Science & Technology, 2007(6):35-36.)
- [5] 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):9-11. (Mao H X. Effect on growth and yield of soybean in different drip irrigation treatments[J]. Tillage and Cultivation, 2007(6):9-11.)
- [6] 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 graining into the growth and yield of soybean[J]. Anhui Agriculture Science Bulletin, 2008, 14(6):46-47.)
- [7] 王彦文,王延宇. 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. Relationship between soybean water requirement and yield in growth period[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1995(2):29-31.)
- [8] Graterol Y E, Eisenhauer D E, Elmore R W. Alternate-furrow irrigation for soybean production[J]. Agricultural Water Manage, 1993, 24:133-145.
- [9] 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.)
- [10] 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. (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(3):64-68.)