

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

武向良¹,高聚林¹,王志刚¹,李丽君¹,张白鸽¹,黄振刚²,黄复民²,王建明³,李树芳³

(1. 内蒙古农业大学农学院,呼和浩特 010019;2. 扎兰屯市农业技术推广中心,扎兰屯市 162650;3. 阿荣旗农业技术推广中心,阿荣旗 162750)

摘要 在大豆不同生育时期进行灌水处理,产量存在显著差异。分别是开花期 > 开花期 + 鼓粒期 > 结荚期 > 鼓粒期 > 对照 > 分枝期。开花期灌水能提高叶绿素含量,降低气孔导度和蒸腾速率,提高光合速率,使水分利用效率达到最大。在大豆鼓粒期水分胁迫下不同磷肥处理表明,在一定范围内(0 ~ 0.56 g/盆)增施磷肥有利于提高光合速率,降低蒸腾速率,提高水分利用效率。因此,在生产实践中,开花期灌水一次,灌水量为 40 m³ 667 m⁻²,并配合增施磷肥,能提高大豆叶片光合性能、叶片水分利用效率和产量。

关键词 大豆;灌水;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 (2007) 05 - 0695 - 05

EFFECT OF IRRIGATION AT DIFFERENT GROWTH STAGES ON WATER USE EFFICIENCY AND LEAF PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN

WU Xiang-liang¹,GAO Ju-lin¹,WANG Zhi-gang¹,LI Li-jun¹,ZHANG Bai-ge¹,HUANG Zhen-gang²,HUANG Fu-min²,WANG Jian-ming³,LI Shu-fang³

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019;2. Center of Agricultural Technology Promotion, Zalantun 162650;3. Center of Agricultural Technology Promotion, Arongqi 162750)

Abstract The effect of irrigation at different growth stages on leaf physiological characteristics and water use efficiency (*WUE*) in soybean were investigated. Results showed that irrigation at different growth stages had significant effect on soybean yield, and the order was flowering stage (FS) > flowering stage (FS) + pod filling stage (PFS) > podding stage (PS) > pod filling stage (PFS) > CK > branching stage (BS). Irrigation at FS could increase chlorophyll content and net photosynthetic rate (P_n), while decrease stomatal conductance (G_s) and transpiration rate (T_r) of soybean leaves, so the *WUE* was improved. The different phosphorus treatments under water stress at PFS indicated that certain amount of phosphorous (0 - 0.56 g pot⁻¹) could increase P_n but reduce the T_r , therefore, the *WUE* was increased. So it was suggested that irrigating only once at FS in practice. The irrigation amount should be 40 m³ 667 m⁻², and cooperated phosphorus application was suggested. Thus, the photosynthetic characteristics, *WUE* and yield were improved.

收稿日期:2007 - 03 - 27

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET040264);内蒙古自然科学基金(200408020302)

作者简介:武向良(1979 -),男,博士研究生。E-mail: wxler@sohu.com

通讯作者:高聚林,教授,博士生导师,研究方向为作物生理生态及决策系统。E-mail: gaojulin@yahoo.com.cn

Key words Soybean;Irrigation;Water use efficiency (*WUE*)

水分是影响大豆产量的主要环境因素,人们对水分和产量的相互关系进行了很多研究。如在一定水分范围内(300~700 mm)随着耗水量增加产量明显增加,两者呈极显著正相关^[1];干旱或水分过多均导致产量降低,开花结荚期和鼓粒期干旱分别导致产量降低44%和29%^[2];土壤水分过多,造成根系缺氧,形成涝害逆境,植株高度降低、叶片和叶面积减少、产量降低^[3]。在生长发育的各个关键时期中,花荚期干旱是造成大豆减产的限制性因子,荚期较花期敏感^[4]。大豆灌水有效时期为开花至鼓粒期,其中结荚至鼓粒期灌水增产效果最明显^[5]。但关于不同生育时期灌水对大豆叶片生理特性和水分利用效率的影响研究较少。本试验通过不同时期定量灌水,研究不同时期灌水对大豆叶片生理特性及水分利用效率影响机理,为指导大豆合理灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为吉育47。

1.2 试验设计

试验于2006年在内蒙古农业大学教学农场进行。土壤为壤土,含有机质2.51%、全氮0.132%、碱解氮79.5 mg kg⁻¹、速效磷28.1 mg kg⁻¹、有效钾148.9 mg

kg⁻¹;pH为7.6。田间最大持水量为21%。

分别在分枝期(6月19日)、开花期(7月4日)、结荚期(7月26日)、鼓粒期(8月9日)、开花期(7月4日)+鼓粒期(8月9日)进行灌水一次,以不灌水为对照,灌水量为40 m³ 667 m⁻²。密度为22000株 667 m⁻²,施底肥二铵10.1 kg 667 m⁻²,尿素6.5 kg 667 m⁻²。行距40 cm,20行区,随机区组排列,3次重复。

不同磷肥处理采用盆栽土培法,盆钵的直径和高度分别为25 cm和30 cm,每盆装教学农场农田耕层风干土14.0 kg。每盆定苗6株。肥料分别于装盆前一次施入土中。

试验在鼓粒期进行水分胁迫。进行5个施磷水平(0,0.187,0.374,0.561,0.748 g P₂O₅/盆)处理。以正常供水(饱和含水量的40%)为对照处理。土壤含水量采用称重法控制。每天下午5:30称重,根据水分状况确定浇水量,重复3次。试验田管理同大田生产。

1.3 测定方法

在大豆鼓粒期(8月20日)晴天无风日,对大豆叶片净光合速率、蒸腾速率及叶片水分利用效率日变化进行系统测试,在9:00~11:00光强、空气饱和和亏缺与大气温度相对稳定的条件下,每小区随机选择7~10株大豆,测定其第4叶,取其平均值。

净光合速率(*P_n*)、蒸腾速率(*T_r*)、气孔导度(*G_s*)、胞间CO₂浓度(*C_i*)用Li-6400光合测定仪测定。

表1 不同生育时期灌水处理下大豆产量和叶片生理特征参数

Table 1 Yield and physiological parameters of soybean under different water treatments

特征参数 Parameter	对照 CK	分枝期 BS	开花期 FS	结荚期 PS	鼓粒期 PFS	开花期 + 鼓粒期 FS + PFS
产量 Yield /kg 667m ⁻²	196.71 ± 2.3	179.3 ± 3.4	248.4 ± 2.8	221.1 ± 4.6	214.7 ± 5.3	239.3 ± 4.1
叶绿素含量 Chlorophyll content /mg L ⁻¹	19.6 ± 0.13	18.79 ± 0.02	23.4 ± 0.24	24.8 ± 0.16	17.80 ± 0.64	19.7 ± 0.05
净光合速率 <i>P_n</i> /μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	11.75 ± 0.15	10.09 ± 0.10	12.55 ± 0.05	8.32 ± 0.02	6.98 ± 0.04	10.8 ± 0.01
蒸腾速率 <i>T_r</i> /mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	3.12 ± 0.05	3.78 ± 0.04	3.29 ± 0.01	3.9 ± 0.02	4.07 ± 0.01	3.2 ± 0.02
气孔导度 <i>G_s</i> /mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	0.099 ± 0.02	0.151 ± 0.02	0.106 ± 0.01	0.163 ± 0.01	0.171 ± 0.01	0.076 ± 0.01
胞间 CO ₂ 浓度 <i>C_i</i> /μmol CO ₂ mol ⁻¹ air	120 ± 1.58	214 ± 0.55	87.5 ± 1.44	269.8 ± 0.44	267.4 ± 0.54	144 ± 1.92
水分利用效率 <i>WUE</i> /μmol CO ₂ mmol ⁻¹ H ₂ O	4.02 ± 0.02	3.48 ± 0.01	4.6 ± 0.02	2.13 ± 0.01	1.9 ± 0.01	3.57 ± 0.03

表中数据为5次重复的平均值 ± 标准误。
Every value in the table is the average of 5 tested data.
BS: Branching stage; FS: Flowering stage; PS: Podding stage; PFS: Pod filling stage. The same as below.

水分利用效率(WUE)采用 Fischer and Turner 的方法,以 $WUE = P_n/T_r$ 计算单叶水平上的 $WUE^{[6,7]}$,单位为 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 。

2 结果与分析

2.1 大豆不同生育时期灌水处理对产量的影响

如图 1 所示,不同灌水处理,产量分别是开花期 > 开花期 + 鼓粒期 > 结荚期 > 鼓粒期 > 对照 > 分枝期。除分枝期灌水对产量有所降低外,其他灌水处

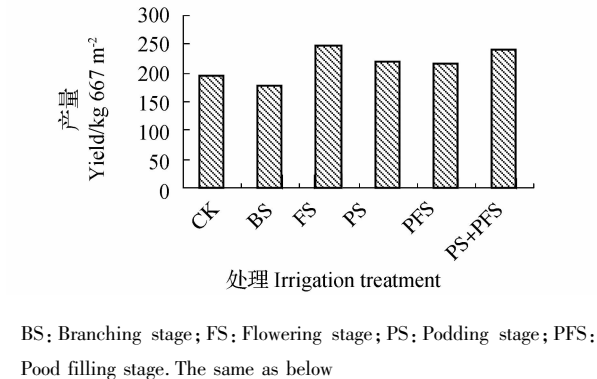


图 1 不同灌水处理大豆产量

Fig. 1 Soybean yield irrigated at different growth stages

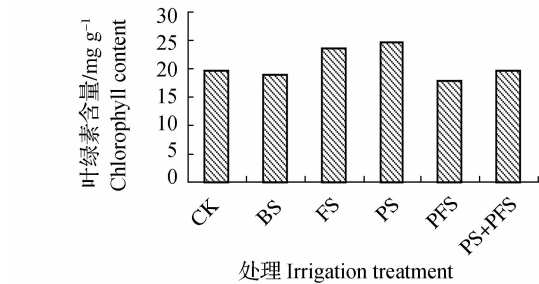


图 2 不同灌水处理叶片叶绿素含量

Fig. 2 Chlorophyll content of soybean irrigated at different growth stages

理产量均有提高,以开花期灌水产量最高。分枝期后灌水能很好的维持后期大豆生殖生长(包括花芽分化、籽粒灌浆等)过程的水分供应,因此都有增产效果。开花期是大豆的花芽分化期,此时期充足水分供应能提高大豆的荚数,针对特定的品种而言,大豆的荚粒数和百粒重相对稳定,因此荚数的提高,直接提高了产量;开花期和鼓粒期的两水处理,由于鼓粒期灌水和当地的降水重叠从而影响了大豆籽粒的灌浆,使得增产效果不如开花期灌水;分枝期灌水不利于大豆根系的生长,对后期的水分和养分的吸收都有一定的负面影响,导致产量有所降低。

2.2 大豆不同生育时期灌水处理对叶片叶绿素含量的影响

大豆叶绿素含量在一定范围内与表观光合速率呈密切正相关。由图 2 可以看出,不同生育时期灌水处理大豆叶片叶绿素含量差异显著,分别是结荚期 > 开花期 > 开花期 + 鼓粒期 > 对照 > 分枝期 > 鼓粒期。可以看出,开花期和结荚期灌水有利于大豆叶片叶绿素含量的提高。由于在这两个生育时期内是大豆的营养生长和生殖生长并进时期,此时的灌水能很好的维持大豆的源库关系,提高叶片叶绿素含量,很好维持大豆叶片的功能。而在此之前和之后的灌水,会导致大豆源库的不和谐,加快了叶片的老化,使叶绿素含量降低。

2.3 不同生育时期灌水处理对大豆叶片 P_n 、 T_r 和 WUE 的影响

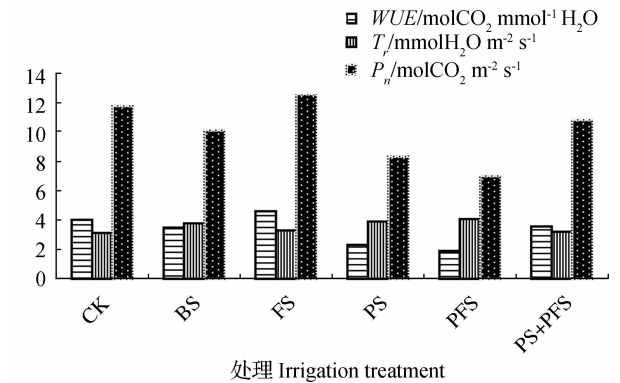


图 3 不同灌水处理大豆 P_n 、 T_r 和 WUE

Fig. 3 WUE , P_n and T_r of soybean irrigated at different growth stages

由图 3 可以看出,不同生育时期灌水处理的净光合速率不同,分别是开花期 > 对照 > 开花期 + 鼓粒期 > 分枝期 > 结荚期 > 鼓粒期。净光合速率在开花期最高,在鼓粒期和结荚期低,说明开花期灌水有利于提高光合速率,提高干物质积累,而后期灌水和自然降水重叠,导致土壤含水量过高影响大豆正常生长导致光合速率降低。

蒸腾速率(T_r)以鼓粒期 > 结荚期 > 分枝期 > 开花期 > 开花期 + 鼓粒期 > 对照。呈现出后期灌水的蒸腾速率较大,这与土壤含水量有关。开花期 + 鼓粒期低,是由于水分含量高,影响了气孔开启导致气孔导度低所致。

叶片水分利用效率以开花期 > 对照 > 分枝期 > 开花期 + 鼓粒期 > 结荚期 > 鼓粒期。开花期最高,进一步表明在开花期灌水能很好的提高水分的利用效率。

2.4 不同生育时期灌水处理对大豆叶片 C_i 和 G_s 的影响

如图 4 所示,胞间 CO_2 浓度 (C_i) 分别结荚期 > 鼓粒期 > 分枝期 > 开花期 + 鼓粒期 > 对照 > 开花期。开花期灌水,但光合速率最高,说明开花期灌水有利于高效的利用 CO_2 。

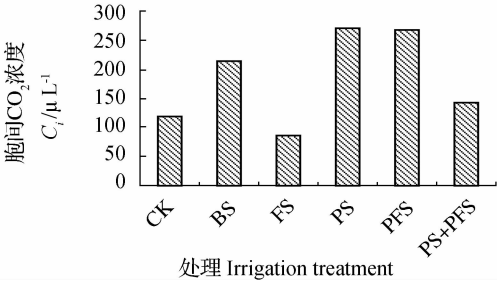


图 4 不同灌水处理叶片胞间 CO_2 浓度

Fig. 4 C_i of soybean irrigated at different growth stages

如图 5 所示,开花期灌水有利于降低气孔导度,从而降低了蒸腾速率。由图 5 可以看出,鼓粒期 > 结荚期 > 分枝期 > 开花期 > 对照 > 开花期 + 鼓粒期。

2.6 施磷量对大豆 WUE 的调控

养分是作物生长不可缺少的基础物质,是干旱

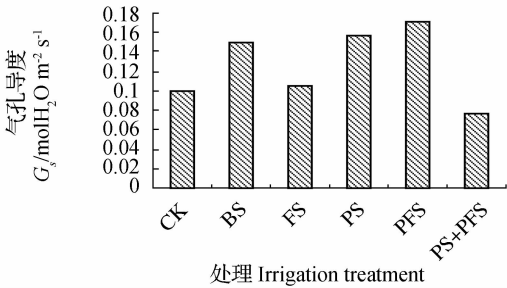


图 5 不同灌水处理叶片气孔导度

Fig. 5 G_s of soybean irrigated at different growth stages

地区限制作物产量的主要因子。由表 2 可见,在正常供水和干旱胁迫两种条件下,在一定的施磷肥量范围内(0~0.56 g/盆),净光合速率、胞间 CO_2 浓度均随施氮量的增加而提高,这是因为大豆所需磷素营养得到补充后,可促进大豆根系的生长,提高土壤水分利用效率,进而提高光合速率;并且随施磷肥量的增加,水分利用效率也随之增加,其因是增加磷素营养供给,蒸腾速率有降低的趋势,从而提高了作物水分利用效率;当施磷量超过一定限度时则由于净光合速率仍增加但蒸腾速率提高,导致水分利用率下降。

表 2 不同磷肥处理大豆鼓粒期水分胁迫的叶片生理参数

Table 2 Effect of phosphorus on physiological parameters of soybean at pod filling stages under water stress

	施磷量 P levels /g pot ⁻¹	特征参数 Physiological parameters			
		净光合速率 P_n	蒸腾速率 T_r	胞间 CO_2 浓度 C_i	水分利用效率 WUE
		/μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	/mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	/μmol CO ₂ mol ⁻¹ air	/μmolCO ₂
					mmol ⁻¹ H ₂ O
正常供水 Normal irrigation	0	8.36	2.27	27.60	3.68
	0.18	8.44	1.68	389.00	5.04
	0.37	8.23	0.74	590.00	11.20
	0.56	9.37	0.63	1079.00	14.85
	0.75	10.90	0.81	692.25	13.52
干旱胁迫 Drought stress	0	5.63	0.76	358.40	7.36
	0.18	6.85	0.41	1167.00	16.83
	0.37	7.48	0.41	1235.00	18.28
	0.56	8.81	0.35	1690.00	25.24
	0.75	10.11	0.68	785.50	14.88

3 结论与讨论

开花期灌水大豆叶片叶绿素含量、净光合速率、水分利用效率最高,说明开花期是大豆需水临界期,此阶段灌水有利于提高大豆的光合性能从而提高水分利用效率;大豆生育前期和后期灌水的增产效果、光合性能和水分利用效率相对于开花期灌水降低。

在鼓粒期进行水分胁迫,在一定的施磷量范围

内(0~0.56 g/盆)随着施磷量的增加,净光合速率逐渐增加而蒸腾速率降低,水分利用效率升高;当施磷量大于 0.56 g/盆时,光合速率升高,但由于蒸腾速率开始增加,导致水分利用效率降低,说明在一定的施磷量范围内有利于提高水分利用效率,可以有效的抵抗水分胁迫。

在水资源相对短缺的大豆生产实践中,开花期灌水一次,灌水量为 40 m³ 667 m⁻²,并配合增施磷肥,能显著提高大豆叶片光合性能,进而提高大豆叶

片水分利用效率和产量。

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.

[2] 谢甫绶,董钻. 不同生育期干旱对大豆生长和产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1994,25(1):13-16.

[3] Sorte N V. Effect of water logging on soybean critical growth stages [J]. Journal of Soil Sand Crops,1995,5(2):141-144.

[4] 韩晓增,乔云发,张秋英,等. 不同土壤水分条件对大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2003,11(4):269-272.

[5] 徐淑琴,宋军,吴砚,等. 大豆需水规律及喷灌模式探讨[J]. 节水灌溉,2003,3:23-25.

[6] Fadi Karam,Randa Masaad,Therese Sfeir. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions [J]. Agricultural Water Management,2005,75:226-244.

[7] 张娟,张正斌,谢惠民,等. 小麦叶片水分利用效率及相关生理性状的关系研究[J]. 作物学报,2005,12(31):1593-1599.

欢迎订阅《北方园艺》(月刊)

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院主管、黑龙江省园艺学会和黑龙江省农业科学院主办的以科学研究和技术普及相结合的园艺类综合性科技期刊。于1977年创刊,30多年来形成了自己的办刊特色,受到了全国农业科研、教学、生产第一线人员和广大读者的热情支持和欢迎,既是科技人员技术交流和发布佳篇新作的信息平台,也是园艺种植户的致富帮手和秘籍锦囊。

《北方园艺》是全国中文核心期刊、中国农业核心期刊、全国优秀农业期刊和黑龙江省优秀科技期刊。本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。主要栏目:试验研究、专题综述、设施园艺、栽培技术(菜园、果园、瓜园)、园林花卉、生物技术、植物保护、食用菌、贮藏与加工等。信息涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究的新技术、新品种、新经验。

国内外公开发行,单月刊,每月15日出版,大16开本,200页内文,平订,彩四封及内插彩页印刷精美,每册定价6.00元,全年72.00元(页码增加,质量提高,定价没变)。全国各地邮局均可订阅,邮发代号14-150,或直接向编辑部汇款订阅,竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生,各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅,订阅者请在汇款单附言栏内写清订购份数,收件人姓名及详细地址、邮编。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路368号 黑龙江省农业科学院《北方园艺》编辑部
邮编:150086 电话:0451-86674276 E-mail:bfiybjb@163.com

欢迎订阅2008年《黑龙江农业科学》

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊、“中国期刊方阵”期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊、CNKI系列数据库、万方数据库、重庆维普中文科技期刊数据库和华艺电子出版事业群收录期刊。本刊坚持以高新实效为原则,以服务科研、服务生产为宗旨,主要报道最新的农业科研成果、先进技术、发展趋势以及新产品、新品种等,能够全面反映黑龙江省特色、内容丰富、栏目新颖、信息量大、可读性强。设有作物育种、耕作栽培、土壤肥料、植物保护、畜牧兽医、园林园艺、质量安全、农村能源、食用菌、遥感、三农问题研究、农技推广、品种简介、农业信息等栏目以及各类广告业务宣传,如:新品种、新产品、重点实验室、研究所、企业简介等。本刊发行面广,读者群大:农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广部门的科技人员、管理干部和广大农民群众等。

本刊为国际大16开本,彩色四封,120页,双月刊,刊号:ISSN1002-2767,CN23-1204/S,邮发代号14-61,广告经营许可证号:2301004010072,单月10日出版,每期定价8.00元,全年48.00元。全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订。

另外,编辑部现有少量2005年、2006年合订本珍藏版。每册70元,邮费5元,共计75元,售完为止。
地址:哈尔滨市南岗区学府路368号《黑龙江农业科学》编辑部 电话:0451-86668373
电子函件:nykx13579@sina.com;nykx13579@126.com 邮 编:150086