

苗期调亏灌溉对大豆生长发育和产量的影响

白 伟¹, 孙占祥³, 刘晓晨¹, 关晓雪², 宋书宏³, 董丽杰³

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161;
3. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 在盆栽条件下, 研究了苗期调亏灌溉对大豆生长发育和产量的影响。结果表明, 苗期中度(土壤含水量为 16%~18%)、重度(土壤含水量为 13%~16%)调亏灌溉处理对大豆整个生育期的株高、叶面积均有一定影响, 均显著低于对照(土壤含水量为 23%~26%); 重度调亏灌溉处理下, 地上重和根重均显著低于对照; 重度调亏处理根冠比在整个生育期大于中度调亏和对照处理; 苗期中度调亏对大豆产量影响不显著, 重度调亏处理对产量影响较大, 参试大豆品系辽 51064 和辽 51095 分别比对照减产 6.69 g/株、10.79 g/株; 耗水量随着水分胁迫加强而降低, 两个参试大豆品系辽 51064 和辽 51095, 在中度调亏灌溉处理下水分利用效率(WUE)最高, 分别为 1.49 g/kg、1.38 g/kg。

关键词: 调亏灌溉; 大豆; 生长发育; 水分利用效率

中图分类号: S565.1; S274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0050-04

调亏灌溉(Regulated Deficit Irrigation 简称 RDI)是澳大利亚持续农业灌溉研究所在 20 世纪 70 年代中后期提出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], 其基本思想为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, 达到节水高效和提高水分利用效率的目的^[1~3]。目前, 对调亏灌溉理论与技术的研究已经取得一些重要的进展。孟兆江等研究表明, 调亏处理平均产量比对照增加 0.88%~8.25%, 节水 12.80%~18.55%, 水分利用效率提高 15.96%~32.98%^[4]。王密侠等研究表明, 玉米苗期耐旱性较强, 适度干旱能促进根系发展, 增大根冠

比, 苗期经受水分调亏, 其水分与营养的供给均向根系倾斜^[5]。对于大豆调亏灌溉的理论和技术研究较少。为此我们在盆栽条件下探索了苗期调亏灌溉对辽 51064 和辽 51095 两个品系生长发育和产量的影响, 以期为大豆抗旱节水研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于 2007 年在辽宁省农业科学院大豆网棚内进行, 设有移动式防雨棚, 可以人为控制灌水量。供试品种为叶形不同的姊妹品系辽 51095 和辽 51064。5 月 14 日播种, 6 月 3 日定苗, 每盆留苗 2 株, 6 月 5 日开始调亏灌溉处理, 7 月 15 日进入花期后, 恢复正常供水。土壤理化性状见表 1。

表 1 供试土壤养分含量和 pH 值

Table 1 Nutrients and pH value of experimental soil

有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	pH	速效氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
13.81	1.26	0.98	25.97	6.24	130.16	59.49	144.45

1.2 试验设计

试验采用完全随机设计, 为二因素六水平。水分处理: W1—正常供水(土壤含水量为 23%~26%, 对照), W2—中度调亏处理(土壤含水量为 16%~18%), W3—重度调亏处理(土壤含水量为 13%~16%)。品种编号: I—辽 51064、II—辽 51095。

1.3 测试项目

6 月 5 日控水开始后, 使用 TDR 仪器每 2 d 测定 1 次 0~12 cm 的土层含水量; 采用台秤(25 kg)每 6 d 测定一次蒸发蒸腾量, 以确定灌水时间和灌水量。

生长发育指标测定: 株高(以子叶节至植株顶端计)用米尺测定; 叶面积用打孔法测定; 地上重、地下

收稿日期: 2008-05-13
基金项目: 辽宁省重点科技攻关资助项目(2007212001)
作者简介: 白 伟(1982—), 男, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要从事节水农业技术研究。E-mail: libai200008@126.com。
通讯作者: 孙占祥, 研究员, 博士。E-mail: sunzhanxiang@sohu.com。

重均为风干重,即在阴凉处自然风干 21 d 后用电天平测定;根重测定采用冲根方法,把装有土壤一根的盆浸泡 2 h 以上放入尼龙网袋,用胶管边冲洗边用手松土块并收集断根,使根系尽量完整。收获时,分盆考种,产量性状测定:单株荚数、单株荚重,单株粒重、百粒重。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 进行分析处理,用 Spss 软件进行相关的统计分析。

2 结果与分析

2.1 苗期调亏灌溉对株高的影响

从表 2 可以看出,各生育期 3 个调亏灌溉处理下两品系株高均表现为:W1>W2>W3。辽 51064 在苗期和开花期 W2 与 W1 处理差异均不显著,W3 与 W1、W2 处理差异显著,而在其它生育期各处理

间差异均达到显著水平;辽 51095 各生育期处理间差异均达显著水平。两品系间在苗期、开花期各处理下差异均不显著,而在结荚期、鼓粒期 W1 处理和 W2 处理下辽 51064 株高显著高于辽 51095,但在 W3 处理下差异不显著;成熟期 W1 处理下辽 51064 株高显著高于辽 51095,但 W2 处理和 W3 处理下两品系间差异不显著。

2.2 苗期调亏灌溉对叶面积的影响

从表 3 中可以看出,在各生育期 3 个调亏灌溉处理下两品系叶面积均表现:W1 处理>W2 处理>W3 处理。苗期处理间差异均达显著水平,调亏灌溉明显抑制了叶面积生长。开花期恢复供水后,调亏处理的叶面积在开花期、结荚期、鼓粒期仍小于对照,苗期水分亏缺使大豆在以后的发育过程中叶面积生长不能得到完全补偿,使得花期恢复供水后大豆叶面积各处理间差异仍显著。

表 2 苗期不同调亏灌溉处理株高(cm)的变化
Table 2 Plant height in different RDI treatments

处理 Treatments	苗期(06-20) Seedling	花期(07-15) Flowering	结荚期(08-04) Pod-setting	鼓粒期(08-25) Seed-filling	收获期(09-30) Harvesting
W1-I	13.45a	48.00a	68.75a	73.00a	70.81a
W1-II	13.38a	44.25 a	65.00 b	63.75 b	56.81b
W2-I	12.40ab	41.25 ab	54.00 c	52.50 c	51.31bc
W2-II	11.50bc	33.75 bc	45.75 d	44.50 d	44.81c
W3-I	10.88ed	31.00 c	38.00 e	36.50 e	36.81d
W3-II	9.58c	28.25c	36.25 e	35.50 e	34.31d

注:不同字母代表差异显著(P<0.05)。
Note: Different letters mean significant difference at 0.05 level.

表 3 苗期不同调亏灌溉处理叶面积(cm²)的变化
Table 3 Leaf areas(cm²) in different RDI treatments

处理 Treatments	苗期 (06-20) Seedling	花期 (07-15) Flowering	结荚期 (08-04) Pod-setting	收获期 (09-30) Harvesting
W1-I	4.88a	2360.68a	5645.06a	5705.48a
W1-II	4.84a	2264.75a	3954.09ab	4282.82ab
W2-I	3.15b	1095.99b	2905.98bc	3237.10bc
W2-II	3.05b	1078.10b	3456.69bc	2942.38bc
W3-I	2.52b	660.44c	1400.33c	1883.91c
W3-II	2.60b	535.53c	1324.42c	1979.32c

注:不同字母代表差异显著(P<0.05)。
Note: Different letters mean significant difference at 0.05 level.

2.3 苗期调亏灌溉对根重、地上重和根冠比的影响

从表 4 可以看出,苗期地上重和根重均为 W1>W2>W3,W2 与 W1 处理差异不显著,而 W3 与 W1 处理差异显著。花期恢复供水后,地上重和根重也表现为 W1>W2>W3,W2、W3 与 W1 差异均显著。

结荚期、鼓粒期地上重和根重表现不同,辽 51064 和辽 51095 地上重均为 W1>W2>W3,辽 51064 根重为 W1>W2>W3,W2、W3 与 W1 差异显著,而辽 51095 根重为 W2>W1>W3。成熟期地上重和根重均为 W1>W2>W3,地上重各处理间差异显著,根重 W2、W3 与 W1 处理差异显著。

对于根冠比,各处理在不同时期基本上为苗期>花期>结荚期>鼓粒期>收获期,表明苗期根优先生长。在不同时期,根冠比均以 W3 处理最大,表明水分亏缺促进了根系的生长,降低了干物质分配到叶冠的比例。

2.4 苗期调亏灌溉对产量和产量性状的影响

从表 5 可以看出,在产量性状中,单株荚数、单株荚重、百粒重和单株粒重在 W3 处理下较对照均有较大幅度的降低(表 5),而在 W2 处理下只有小幅度的降低或甚至小幅度升高。说明中度调亏处理对产量性状无明显影响,而在重度调亏下影响了单株

荚数、单株荚重、百粒重和单株粒重,这与谢甫绶、王林的研究结果一致^[6,7]。表明如果控水强度过大,将严重影响大豆生殖生长和发育。单株产量,辽 51064 为 W2 处理 > W1 处理 > W3 处理,辽 51095 为 W1 处理 > W2 处理 > W3 处理,W1 处理与 W2 处理

的差异不显著,W1 处理、W2 处理与 W3 处理差异均显著。说明苗期中度调亏(土壤含水量为 16% ~ 18%)对大豆产量影响不大,重度调亏处理(土壤含水量为 13% ~ 16%)对产量影响较大,辽 51064 和辽 51095 分别比对照减产 6.69 g/株、10.79 g/株。

表 4 苗期不同调亏灌溉地上重、根重、根冠比

Table 4 Shoot, root weight and root/shoot rate of different RDI treatments

处理 Treatments	苗期(06-20) Seedling			花期(07-15) Flowering			结荚期(08-04) Pod-setting			鼓粒期(08-25) Seed filling			收获期(09-30) Harvesting		
	地上重 Shoot (g)	根重 Root (g)	根冠比 Root/ shoot rate	地上重 Shoot (g)	根重 Root (g)	根冠比 Root/ shoot rate	地上重 Shoot (g)	根重 Root (g)	根冠比 Root/ shoot rate	地上重 Shoot (g)	根重 Root (g)	根冠比 Root/ shoot rate	地上重 Shoot (g)	根重 Root (g)	根冠比 Root/ shoot rate
W1-I	4.12a	2.17a	0.527ab	32.38a	12.10a	0.374b	90.39a	29.67a	0.328ab	151.29a	41.06a	0.271a	200.99a	46.87a	0.233a
W1-II	3.78ab	1.57ab	0.415b	35.56a	12.55a	0.353b	75.39ab	23.19ab	0.308b	124.38ab	23.32ab	0.187b	218.35a	48.83a	0.224a
W2-I	4.07a	2.21a	0.543a	12.76b	3.73b	0.292c	53.65ab	18.92bc	0.353a	76.35bc	20.77bc	0.272a	147.70b	29.77b	0.202ab
W2-II	2.67bc	1.36ab	0.509ab	12.23b	3.98b	0.325bc	69.64ab	24.75bc	0.355a	91.05bc	25.08c	0.275a	150.59b	27.84b	0.185b
W3-I	2.15c	1.19b	0.553a	7.85b	3.04b	0.387b	22.66b	8.19c	0.361a	58.01c	14.49c	0.250a	85.22c	18.37b	0.239a
W3-II	2.20bc	1.29ab	0.586a	7.36b	3.39b	0.461a	22.025b	8.28c	0.372a	60.36c	17.09c	0.283a	95.37c	20.40b	0.235a

注:不同字母代表差异显著(P<0.05)。

Note: Different letters mean significant difference at 0.05 level.

表 5 苗期不同调亏灌溉的产量和产量性状

Table 5 Yield, yield trait in different RDI treatments

处理 Treatments	单株荚数 Pod number per plant	单株荚重(g/株) Pod weight(g/plant)	百粒重(g) 100-grain weight	单株粒重(g/株) Seed weight(g/plant)
W1-I	43.57ab	31.28ab	21.16a	18.60abc
W1-II	54.19a	44.39a	19.05ab	23.95a
W2-I	42.75ab	31.98ab	20.77a	19.36abc
W2-II	47.00ab	35.05ab	18.63ab	21.46ab
W3-I	31.75b	19.02b	17.85b	11.91c
W3-II	33.44b	21.89b	16.83b	13.16bc

注:不同字母代表差异显著(P<0.05)。

Note: Different letters mean significant difference at 0.05 level.

2.5 苗期调亏灌溉对耗水量和水分利用效率的影响

表 6 苗期调亏灌溉蒸发耗水量与水分利用效率(WUE)

Table 6 Transpiration and water use efficiency under RDI treatments in seedling stage

处理 Treatments	耗水量 Water consumption (kg)	生物量*(g/株) Biomass (g/plant)	水分利用效率 WUE (g/kg)
W1-I	4.100a	4.115a	1.00c
W1-II	3.998a	3.775ab	0.94c
W2-I	2.728b	4.065a	1.49a
W2-II	2.649b	3.655bc	1.38a
W3-I	1.983c	2.350c	1.18ab
W3-II	2.047c	2.495c	1.22ab

注: * 苗期生物量;WUE= 苗期生物量/耗水量。

Note: * Seedling biomass; WUE = Seedling biomass/water consumption.

从表 6 可以看出,在不同的调亏处理中,随着土壤含水量的降低,耗水量依次递减;各处理生物量为:W1 > W2 > W3,W1 与 W2 处理间差异不显著,W1、W2 与 W3 处理差异显著。在中度调亏处理下大豆的 WUE 最高,辽 51064 和辽 51095 分别为 1.49 g/kg、1.38 g/kg。适度的调亏处理降低了限制作物生长的土壤临界水势,蒸发耗水的减少使作物水分状况得以改善,从而提高了大豆苗期的 WUE^[8,9]。

3 讨论

大豆苗期调亏灌溉对株高、叶面积等均有影响,各生育期不同调亏灌溉处理下两品系株高、叶面积均表现为:正常供水 > 中度调亏处理 > 重度调亏处理,与丁瑞锋^[10]的研究结果一致。在地上重、根重、

根冠比方面,苗期调亏灌溉有利于根系生长,降低地上重,增大根冠比,两品系在各生育期均以重度调亏处理的根冠比最大,说明苗期重度调亏处理对地上重、根重、根冠比影响较大,与陈晓远^[11]的研究结果一致。大豆苗期调亏灌溉影响产量形成,其中重度调亏处理对产量影响显著,而中度调亏对产量的影响不显著,与谢甫绋^[6]、王林^[7]的研究结果一致。苗期适当的调亏灌溉有利于提高大豆水分利用效率,试验结果表明,大豆苗期(出苗后 10~30 d)调亏灌溉处理,两个品系均以中度调亏处理(土壤含水量为 16%~18%)WUE 最高,辽 51064 和辽 51095 分别为 1.49 g/kg、1.38 g/kg。

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,2002:152—158.
- [2] 吕金印,山 仑,高俊凤.非充分灌溉及生理基础[J].西北植物学报,2002,22(6):1512—1517.
- [3] 山 仑,徐 萌.节水农业及其生理生态基础[J].应用生态学报,1991,2(1):70—76.
- [4] 孟兆江,贾大林,刘安能.调亏灌溉对冬小麦生理机制及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2003,19(4):66—69.
- [5] 王密侠,康绍忠,蔡焕杰,等.玉米调亏灌溉节水调控机理研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(12):90—93.
- [6] 谢甫绋,董 钻,孙艳环,等.不同生育时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.
- [7] 王 林,董 钻,张宪政.土壤水分状况对大豆生长和产量的影响[J].沈阳农业大学学报,1991,22(4):336—340.
- [8] 郭相平,康绍忠.玉米调亏灌溉的后效性[J].农业工程学报,2000,7(4):58—60.
- [9] 齐 健,宋凤斌,刘胜群.苗期玉米根叶对干旱胁迫的生理响应[J].生态环境,2006,15(6):1264—1268.
- [10] 丁瑞峰,蔡焕杰,王 建,等.玉米苗期调亏灌溉的补偿效应[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):64—67.
- [11] 陈晓远,罗远培,李韵珠.灌溉期复水对冬小麦在根、冠生长及其相互关系的影响研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):73—77.

Influence of seedling regulated deficit irrigation on growth and yield in soybean

BAI Wei¹, SUN Zhan-xiang², LIU Xiao-chen¹, GUAN Xiao-xue², SONG Shu-hong³, DONG Li-jie³

(1. Land and Environment College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2. Agronomy College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

3. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: The influence of regulated Deficit Irrigation(RDI) on the growth and yield were studied at the soybean seedling under the pot condition. The result indicated that the plant height, leaf area, ground and root weight, yield were effected under the different RDI treatments on seedling stage; the plant height and the leaf area were smaller with that of control under moderate and seriously water stress; the weights of ground and root were decreased markedly under seriously water stress; the soybean yield was not influenced under moderate water stress, while it was decreased obviously under the seriously water stress. The water consumption of the test entry was decreased with water stress strengthen; the yeild of test entry, Liao 51064 and Liao 51095, were decreased 6.69 g/plant and 10.79 g/plant respectively. The WUE of Liao 51064 and Liao 51095 were the highest under moderate water stress, 1.49 g/kg, 1.38 g/kg respectively.

Key words: RDI; soybean; growth; WUE