

苗期水分胁迫对大豆器官平衡和产量的影响

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辽宁省农业科学院作物研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:在盆栽条件下,研究了苗期水分胁迫对大豆器官平衡和产量的影响。结果表明:在苗期不同强度水分胁迫下,不同时期大豆各器官的物质分配比例不同。中度水分胁迫下收获期的器官平衡为:籽粒>根>荚皮>叶片>茎秆>叶柄,两个品系辽51064和辽51095的叶片分别占16.31%、15.28%,籽粒分别占25.83%、28.92%,叶柄分别占6.27%、4.85%,说明大豆苗期适度水分胁迫可以改变大豆的“源-库”关系。中度水分胁迫下,辽51095生物产量和经济产量的相关系数最大(0.9956)。就产量而言,正常供水与中度水分胁迫的差异并不显著,与重度水分胁迫则差异显著。

关键词:水分胁迫;大豆;器官平衡;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)01-0059-04

Effect of Water Stress at Seedling on Organ Equilibrium and Yield of Soybean

BAI Wei¹, SUN Zhan-xiang³, LIU Xiao-chen¹, GUAN Xiao-xue², SONG Shu-hong³, DONG Li-jie³

(¹Land and Environment College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161; ²Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161; ³Crops Institute of Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: The shortage of water has been the main factor that limits the yield of soybean. Understanding the growing law of soybean under the condition of water stress is of great importance to improve soybean yield. The effect of water stress at seedling on organ equilibrium and yield of soybean was studied under pot experiment with two soybean sister lines Liao 51064 and Liao 51095. The proportion of dry matter distributed to each organ in different growth period varied with the strength of water stress. Under medium water stress, the organ equilibrium in the harvesting time was: seed > root > pod shell > leaf > stem > petiole, and the leaf, grain and petiole for the two sister lines of Liao 51064 and Liao 51095 accounted for 16.31% and 15.28%, 25.83% and 28.92%, 6.27% and 4.85% of total biomass, which showed that it was helpful to improve the balance between “the source and sink”. Under medium water stress, the correlation coefficient of biological yield and economic yield was highest (0.9956) for Liao 51059. The soybean yield under normal water supply and medium water stress also significantly higher than that of heavy water stress.

Key words: Water stress; Soybean; Organ equilibrium; Yield

水分是影响作物生长发育的主要因子之一,它影响着作物的生理生化过程,最终以植物各部分生物量的累积和产量的形成体现出来。杨国虎等^[1]在干旱地区大田条件下设置了不同生育时期的干旱处理,研究了玉米各生育时期的叶片生长和干物质积累分配及其对玉米整株生物产量和籽粒产量的影响。杨贵羽等^[2]研究表明,不同供水量并不影响冬小麦根系、冠层干物质累积过程的总趋势,但随着胁迫的增强,根、冠干物质累积速率、干物质累积总量

均下降,且二者并不呈线性相关关系。董钻^[3]研究表明,不同大豆的叶片、叶柄、茎秆、荚皮、籽粒的最优比例分别为22%、8%、20%、10%和40%。在作物生长的某些时期,水分胁迫能影响作物光合产物的分配、生长中心的转移和某些组织器官的生长发育,使整个植株的生长发育达到更经济、合理的分配。但是,前人对水分胁迫下大豆的器官平衡及对产量的影响研究不多。为此,在盆栽条件下探索了大豆辽51064和辽51095两个品系在不同水分胁迫

收稿日期:2008-07-14

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,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。

下的器官平衡和产量,期望为我国北方半湿润半干旱地区的大豆生产提供一些理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试品种

选用叶形不同的姊妹品系辽 51095、辽 51064。

1.2 试验设计

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,人工控制土壤含水量。用盆为陶瓷盆(高 25.5 cm、直径 34.5 cm),每盆装土 16 kg。供试土壤为草甸土,基本理化性质:有机质 $13.81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $1.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $0.98 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $25.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效氮 $130.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $59.49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $144.45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 为 6.24。

采用完全随机设计,为二因素 6 个水平。水分处理编号:W1—正常供水(土壤含水量为 23% ~ 26%,对照),W2—中度水分胁迫(土壤含水量为 16% ~ 18%),W3—重度水分胁迫(土壤含水量为 13% ~ 16%)。品系编号:I—辽 51064、II—辽 51095。2007 年 5 月 14 日播种,6 月 3 日定苗,每盆留苗 2 株,6 月 5 日开始水分胁迫,7 月 15 日解除胁迫。分别在苗期,花期,结荚期,鼓粒期,收获期取样,每次取样 3 次重复。

1.3 测试项目和方法

采用称重法控水,用 TDR 和台秤每 2 天测定 1

次土壤含水量、蒸腾量,以确定灌水量和灌水时间。大豆器官平衡测定:每次取样后,将叶片、叶柄、茎秆、荚皮、籽粒、根等各部分收集齐全置于通风向阳处,使之充分风干后用电子天平称重。为了收集所有叶片、叶柄,在其脱落前用线穿在一起栓在茎秆上。冲根方法为把装有土壤-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。

产量性状测定:收获期考种,测定单株荚数、单株荚重,单株粒重、百粒重。

2 结果及分析

2.1 水分胁迫下大豆器官平衡

董钻^[3]对大豆器官平衡的概念给出的定义是:作物在外界环境不断变化的条件下,具有维持自身机能的能力,能够维持自身的新陈代谢和同化产物的分配,使各器官比例协调。这种器官间的比例关系,称之为器官平衡。

2.1.1 水分胁迫下各生育时期大豆的器官平衡

从图 1 可以看出,大豆苗期的器官平衡为:根 > 叶片 > 茎秆 > 叶柄。苗期生长主要以根系为主,在正常供水下辽 51095 和辽 51064 两个品系根的百分比分别为 49%、38%。在中度水分胁迫下分别为 51%、48%。在重度水分胁迫下分别为 48%、49%。可以得出,苗期开始水分胁迫后,各器官中优先生长的是根。

大豆器官平衡分析

Mean in different growth period

开花期恢复供水后,大豆的器官平衡发生了不同的变化。在正常供水下为:根 > 叶片 > 茎秆 > 叶柄,以根最大,两个品系辽 51064 和辽 51095 根的百分比分别为 35%、34%。在中度水分胁迫下为:叶片 > 根 > 茎秆 > 叶柄,辽 51064 和辽 51095 叶片的百分比分别为 40%、39%。开花期恢复供水改变了大豆的器官平衡状况,生长中心转移,叶面积比重增大,有利于进行光合作用和增加产量。重度水分胁迫的情况与正常供水相似。

结荚期和鼓粒期的器官平衡较为相似,说明水分胁迫复水后,大豆的补偿效应明显,并且这种补偿效应一直保持到生育期结束^[4-5]。这两个时期的器官平衡为:正常供水和中度水分胁迫的根和叶片所占的比例相近,重度水分胁迫的根略大于叶片的比

例,说明重度水分胁迫对地下部分的影响要大于对地上部分的影响。

2.1.2 成熟期的大豆器官平衡 从表 1 可以看出,成熟期在正常供水下的器官平衡是:根 > 籽粒 > 叶片 > 茎秆 > 荚皮 > 叶柄,在中度水分胁迫条件下,籽粒 > 根 > 荚皮 > 叶片 > 茎秆 > 叶柄。辽 51064 和辽 51095 的光合层(叶片)、支持层(茎秆)在自身建成上所消耗的同化产物相对较少(分别占 16.31%、15.28% 和 14.90%、13.87%),而相对较多的同化产物(25.83%、28.92%)积累在籽粒之中,叶柄所占比比例也较小(6.27%、4.85%)。这样的器官平衡无疑是合理的。在重度水分胁迫下,各器官平衡符合籽粒 > 根 > 荚皮 > 叶片 > 茎秆 > 叶柄,由于其生

物产量和经济产量过低,籽粒比例虽高,最终产量仍低。因此,在不降低经济产量的条件下适当的水分胁迫可以使大豆的器官平衡更加合理。

表1 不同水分胁迫下成熟期大豆的器官平衡
Table 1 Organs equilibrium of soybean at maturity under different water stress

处理 Treatment	器官 Organs						总重 Total weight/g
	叶片 Leaf/%	叶柄 Petiole/%	茎秆 Stem/%	荚皮 Pod shell/%	籽粒 Seed/%	根系 Root/%	
W1- I	19.17	4.85	17.07	12.61	18.51	27.79	200.99
W1- II	17.70	7.34	11.94	18.72	21.94	22.36	218.35
W2- I	16.31	6.27	14.90	16.84	25.83	19.86	149.90
W2- II	15.28	4.85	13.87	18.33	28.92	18.76	148.38
W3- I	16.70	3.87	13.22	16.69	27.94	21.55	85.22
W3- II	15.33	4.75	12.62	18.31	27.59	21.39	95.37

2.2 水分胁迫下生物产量与经济产量的相关性

大豆生物产量是经济产量的基础,二者有着密切的关系,从表2可以看出,生物产量与经济产量的相关系数R在0.9222~0.9956之间,均达到了显著正相关。与正常供水和重度水分胁迫处理相比,在中度水分胁迫下的辽51095相关系数最大。说明在中度的水分胁迫下生物产量和经济产量的相关性最大,即通过水分控制可以改变大豆的“源-库”关系,提高大豆产量。

表2 生物产量与经济产量相关性分析
Table 2 Correlation analysis of economic yield and biological yield

处理 Treatment	样本数 Sample number	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
W1- I	16	$y = 0.4400x - 5.4207$	0.9458
W1- II	16	$y = 0.3839x + 3.8096$	0.9470
W2- I	16	$y = 0.5355x - 7.4934$	0.9781
W2- II	16	$y = 0.5075x - 3.1090$	0.9956
W3- I	16	$y = 0.4789x + 0.2016$	0.9584
W3- II	16	$y = 0.4212x + 2.8049$	0.9222

y - 经济产量, x - 为生物产量
y - Economic yield, x - Biological yield

2.3 水分胁迫对大豆经济系数的影响

经济系数是大豆品种的属性之一,它反应了同化产物分配在籽粒中的比例。从表3可以看出,不同品种间的经济系数有差异,辽51095的经济系数大于辽51064。同一品种在不同水分胁迫下经济系数也不相同,重度水分胁迫>中度水分胁迫>正常供水。但是在获得较高经济产量的前提下,以中度水分胁迫的经济系数最高,辽51064和辽51095分别达到了32.22%和35.59%。因此,只有把高额的生物产量和合理的器官平衡统一起来,在增加生物产量的同时,使经济系数不至于降低或大幅度降低,

最终才能获得较高的籽粒产量^[3]。在不同的水分胁迫下,中度水分胁迫满足了这一要求。

表3 不同水分胁迫下大豆经济系数分析
Table 3 Economic factors under different water stress

处理 Treatment	生物产量 Biological yield/g	经济产量 Economic yield/g	经济系数 Economical coefficient/%
W1- I	145.13	37.20	25.63
W1- II	169.53	47.90	28.25
W2- I	120.14	38.71	32.22
W2- II	120.55	42.91	35.59
W3- I	66.86	23.81	35.62
W3- II	74.97	26.32	35.10

2.4 水分胁迫对大豆产量的影响

从表4可以看出,不同的水分胁迫处理下,就产量而言,正常供水和中度水分胁迫差异不显著,正常供水和重度水分胁迫差异显著,中度水分胁迫和重度水分胁迫差异显著,说明苗期中度水分胁迫对大豆产量影响不大,而重度胁迫对产量影响较大。在产量性状中,正常供水和中度水分胁迫的单株荚数、单株粒重和百粒重差异均不显著,而正常供水和重度水分胁迫差异显著,中度水分胁迫和重度水分胁迫差异显著。这表明,随着胁迫强度加大,影响了大豆生殖生长和发育,减少了荚数、降低了粒重和百粒重,从而使产量显著降低^[6-7]。

表4 不同水分胁迫处理产量性状LSR检验
Table 4 LSR test of yield traits under different water stress treatments

处理 Treatment	荚数 Pod number	荚重 Pod weight/g	粒重 Seed weight/g	百粒重 Hundred seed weight/g
W1- I	43.57ab	31.28ab	18.60abc	21.16a
W1- II	54.19a	44.39a	23.95a	19.05ab

W2- I	42.75ab	31.98ab	19.36abc	20.77a
W2- II	47.00ab	35.05ab	21.46ab	18.63ab
W3- I	31.75b	19.02b	11.91c	17.85b
W3- II	33.44b	21.89b	13.16bc	16.83b

不同字母代表差异显著。

Values in the same column with different letters indicate significant at 0.05 level.

3 讨论与结论

董钻 1981 年^[3]推出器官平衡概念时,是从生物产量(即地上部风干重)中各器官所占比例计算的。本试验的重点在于研究在水分胁迫条件下地上各器官与根系之间的关系,故而将根系也加入其中。

大豆苗期的水分胁迫改变了植株的同化产物在各器官中的分配,在苗期大豆个器官平衡为:根>叶片>茎秆>叶柄;在花期水分胁迫结束后,正常供水条件和重度水分胁迫条件下的器官平衡仍为:根>叶片>茎秆>叶柄,而中度水分胁迫下则变为:叶片>根>茎秆>叶柄,这种器官分配比例的改变,有助于合成更多的光合产物。结荚期和鼓粒期的器官平衡较为相似,这两个时期的器官平衡为:正常供水、中度水分胁迫的根和叶片所占的比例相近,重度水分胁迫下的根略大于叶片的比例。

为了获得较高的经济产量,中度水分胁迫有利于建立合理的器官平衡,即叶片、叶柄、茎秆、荚皮的份额适当的小,而籽粒的份额合理的大。适当水分胁迫的目的在于通过调节大豆的植株形态改善“源-库”关系,提高大豆的经济系数。

大豆苗期水分胁迫影响生物产量和经济产量的相关性,结果表明,中度水分胁迫下,辽 51095 的相关系数最大 $R=0.9936$,重度水分胁迫下的辽 51095 的相关系数最小 $R=0.9222$ 。

大豆苗期水分胁迫影响产量形成,重度胁迫对产量影响显著,而中度胁迫影响不显著,与谢甫绀

等^[6]的研究结果一致。

参考文献

- [1] 杨国虎,李建生,罗湘宁,等. 干旱条件下玉米叶面积变化及地上干物质积累与分配的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,5(5):27-32. (Yang G H, Li J S, Luo X N, et al. Studies on leaf area change and above ground dry material accumulation and distribution of maize in different droughts[J]. Journal of Northwest A&F University. (Natural Science), 2005, 5(5): 27-32.)
- [2] 杨贵羽,罗远培,李保国,等. 不同土壤水分处理对冬小麦根冠生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,9(3):104-109. (Yang G Y, Luo Y P, Li B G, et al. Effect of different soil water conditions on growth of root and shoot of winter wheat[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2003,9(3):104-109.)
- [3] 董钻. 大豆器官平衡与产量[J]. 辽宁农业科学,1981(3):14-21. (Dong Z. Organ equilibrium and yield on soybean[J]. Liaoning Agricultural Sciences,1981(3):14-21.)
- [4] 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. (Guo X P, Kang S Z. After-effect of regulated deficit irrigation(RDI) on maize[J]. Journal of Agricultural Engineering,2000,7(4):58-60.)
- [5] 陈晓远,罗远培,李韵珠. 拔节期复水对苗期受旱冬小麦的激发效应[J]. 中国农业大学学报,1999,4(3):23-28. (Chen X Y, Luo Y P, Li Y Z. Excitation effect of water-recovery during jointing stage on winter wheat drought-suffered at seedling period[J]. Journal of China Agricultural University,1999,4(3):23-28.)
- [6] 谢甫绀,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. (Xie F-T, Dong Z, Sun Y H, et al. Influence of drought growth and yield of soybeans at different growth stages[J]. Journal of Shenyang Agricultural University,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. (Wang L, Dong Z, Zhang X Z. Soil moisture condition to soybean growth and yield influence[J]. Journal of Shenyang Agricultural University,1991,22(4):336-340.)