

不同生育时期干旱胁迫对大豆根系分布和农艺性状的影响

孟凡钢¹, 李 羽², 张 伟¹, 谭国波³, 邱 强¹, 赵 婧¹, 张鸣浩¹, 闫晓艳¹

(1. 吉林省农业科学院 大豆研究所/国家大豆工程技术研究中心吉林分中心, 吉林 长春 130033; 2. 公主岭市农产品质量安全监督检验站, 吉林 公主岭 130124; 3. 吉林省农业科学院 资环研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要:以大豆品种吉育 88 为试材, 在移动旱棚内, 采用根钻挖掘法, 研究幼苗期、分枝期、开花期和结荚期干旱胁迫下大豆根系干重在土壤中的分布和农艺性状的影响。结果表明: 与 CK 相比, 幼苗期轻度和重度干旱促进了 21 ~ 110 cm 土层根系的分布, 增幅显著; 分枝期和开花期出现干旱胁迫对根系影响最为严重, 尤其是开花期重度干旱, 根系总重降低 22. 55%, 21 ~ 110 cm 根系减少 60% 以上。与 CK 相比, 幼苗期轻度干旱对株高、节数、单株荚重、粒重、百粒重无显著影响, 分枝期、开花期轻度干旱多数性状受到显著影响, 鼓粒期轻度干旱, 仅百粒重显著降低; 幼苗期至鼓粒期重度干旱, 单株荚重、粒重、百粒重均显著降低, 分枝期和开花期重度干旱, 对各性状影响最大, 株高、单株荚重、粒重的降幅都在 40% 以上, 节数的降幅在 20% 以上。
关键词:大豆; 生育时期; 干旱胁迫; 根系; 农艺性状
中图分类号:S565. 1 **文献标识码:**A **DOI:**10. 11861/j. issn. 1000-9841. 2016. 06. 0943

Effect of Drought-Stress on Soybean Root Distribution and Agronomic Traits at Different Growth Stages

MEMG Fan-gang¹, LI Yu², ZHANG Wei¹, TAN Guo-bo³, QIU Qiang¹, ZHAO Jing¹, ZHANG Ming-hao¹, YAN Xiao-yan¹

(1. Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences/National Soybean Engineering Technology Research Center Jilin Branch Center, Changchun 130033, China; 2. Agricultural Products Quality and Safety Supervision and Inspection Station of Gongzhuling, Gongzhuling 130124, China; 3. Institute of Agricultural Resource and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to explore drought impact on soybean root distribution and agronomic traits in different growth stages, we took soybean varieties Jiyu 88 as test materials, the effect of drought stress at different growth stages on spatial distribution of soybean root dry weight was studied by soil-drilling method in the removable rainproof shelter. The results showed that compared with control, root distribution in 21-110 cm soil layer was increased significantly by mild and severe drought at seedling stage. Drought stress at branching and flowering stages had the most serious influence on root system, especially under severe drought at flowering stage, total root weight was reduced by 22. 55%, root distribution in 21 – 110 cm soil layer was reduced by more than 60%. Mild drought at seedling stage did not had significant effect on plant height, nods, pods weight per plant, seed weight, and 100-seed weight. Most agronomic traits were significantly affected by mild drought at branching and flowering stages, while only 100-seed weight decreased significantly by mild drought at filling stage. Pods weight, seed weight and 100-seed weight dropped significantly by severe drought from seedling stage to filling stage. Severe drought at branching and flowering stages had the strongest impact on agronomic traits, such as plant height, pods weight per plant, seed weight decreased by more than 40%, and nods decreased by more than 20%.
Keywords: Soybean; Growth stage; Drought stress; Root; Agronomic traits

农业生产中, 干旱对作物的危害巨大^[1]。在我国, 耕地面积中约 51% 的耕地属于干旱、半干旱地区^[2]。大豆是需水量较多的作物, 不同生育时期, 大豆对水分的需求量有着显著差异^[3], 特别是花荚期对水分需求量最大^[4]。以往学者们研究干旱胁迫对大豆地上部分性状生理影响研究较多。干旱胁迫导致大豆体内水分迅速流失, 严重影响大豆正常代谢过程, 造成各器官的损伤^[5], 原生质破坏、光合能力减弱、有机物的合成、运输和积累减少, 产量严重下降^[6]。根系是大豆吸收水分的主要器官, 也是最先感受胁迫的器官, 根系的发达与否, 直接影

响大豆的抗旱能力。根系的特性和活动与抗旱性密切相关^[7], 干旱胁迫下, 主根发育早、生长快^[8], 主根长度、深层根量、侧根数量、根毛长度、密度都受严重影响^[9]。随着水分胁迫加重, 根干重、根系表面积、根活力均显著降低^[10-11]。虽然学者们分析干旱胁迫下根系性状和地上部生理性状影响, 但由于主要通过盆栽试验研究, 缺少根系空间分布研究。本文通过可移动旱棚, 大田条件下探讨了不同生育时期干旱胁迫对大豆根系空间分布和农艺性状的影响, 以期抗旱大豆新品种的选育和相关抗旱栽培提供理论依据。

收稿日期: 2016-08-03
基金项目: 吉林省科技厅重点科技成果转化项目(20150307026NY); 吉林省创新工程 - 自由创新项目。
第一作者简介: 孟凡钢(1978-), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事大豆栽培生理研究。E-mail: mengfg2013@163. com。
通讯作者: 闫晓艳(1960-), 女, 研究员, 主要从事作物栽培研究。E-mail: yanxy8548@126. com;
张伟(1979-), 男, 博士, 研究员, 主要从事大豆生理与栽培研究。E-mail: zw. 0431@163. com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2011年在公主岭吉林省农业科学院内基地可移动旱棚内进行。试验品种为吉育88,分别在幼苗期(2片对生单叶展开后)、分枝期(植株出现分枝后)、开花期(50%以上植株出现花朵后)和鼓粒期(50%以上植株豆荚放扁、籽粒显著凸起)进行干旱处理,并设轻度干旱、重度干旱和正常标准(CK),以土壤含水量为田间持水量的70%以上为正常标准,轻度和重度干旱土壤含水量分别为田间持水量的60%和40%。轻度和重度干旱处理,当小区土壤含水量降到相应的田间持水量后,进行灌水,达到CK水平。各个时期利用美国TDR水分快速测定仪监测土壤含水量。设8行区,垄长5 m,垄距0.6 m。处理按时期依次排列,每个时期轻、重干旱处理各3个小区,CK 3个小区,共27个。2011年5月3日播种,9月28日收获考种。

1.2 测定项目及方法

于R5期采用钻土法对根系进行取样,每个小区取3点,应用Eikelkamp根钻(钻头直径8.0 cm,长度15.0 cm)于垄上原位钻取0~20、21~50、51~80、81~110 cm土壤深度的根系样品。土体用水浸泡12 h,然后用流水缓缓将根系冲洗干净,再在75℃烘箱中烘干至恒重后称得干重。

成熟后,每小区分别连续选取有代表性的植株

10株进行考种分析,测定株高、节数、荚重、粒重、百粒重。

1.3 数据分析

采用Excel 2010和DPS 11.0进行数据分析和处理。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同层次根系的影响

2.1.1 轻度干旱 轻度干旱条件下,幼苗期根系总重显著高于CK,开花期根系总重显著低于CK,鼓粒期和分枝期根系总重与CK差异不显著。不同层次根系分布看,0~20 cm土层,苗期和鼓粒期根系干重高于CK,分枝期根系干重与CK差异不显著,开花期根系干重显著低于CK;21~50 cm土层各时期根系干重均显著低于CK;51~110 cm土层,幼苗期根系干重显著高于CK,分枝期至鼓粒期显著低于CK。

从轻度干旱对根系的影响看,幼苗期的轻度干旱胁迫,有促进根系生长发育的作用,根系总重较CK增加了12.99%;开花期根系受影响最大,根系总重较CK降低了12.62%,特别是21~110 cm土层根系降幅巨大,降幅为43.61%~69.23%;其它两个时期对根系总重的影响不明显,但21~110 cm土层根系降幅较大。轻度干旱能够促进浅层根系发育,抵御干旱,但深层根系的发育受到了较重的抑制。

表1 轻度干旱不同层次根系分布

Table 1 Root distribution in various soil layers under mild drought

生育期 Growth stage	土层 Soil layer/cm				根系总重 Total root dry weight/g
	0~20	21~50	51~80	81~110	
幼苗期 Seedling stage	2.685 a	0.277 c	0.075 b	0.069 b	3.106 a
分枝期 Branching stage	2.445 b	0.215 d	0.045 d	0.033 d	2.738 d
开花期 Flowering stage	2.183 d	0.172 e	0.031 e	0.016 ef	2.402 e
鼓粒期 Filling stage	2.652 a	0.168 e	0.027 ef	0.023 e	2.870 bc
对照 CK	2.335 bc	0.305 b	0.057 c	0.052 c	2.749 cd

同一列内不同小写字母的数据处理在0.05水平差异显著,下同。

Values within a column followed by a different lowercase are significantly different at 0.05 probability level, the same below.

2.1.2 重度干旱 重度干旱条件下,幼苗期根系总重显著高于CK,开花期和分枝期根系总重显著低于CK,鼓粒期与CK差异不显著。不同层次根系分布看,0~20 cm土层,幼苗期和鼓粒期根系总重高于CK,幼苗期、分枝期和鼓粒期根系总重与CK差异不显著,开花期根系总重显著低于CK;21~50 cm土层幼苗期根系总重显著高于CK,其它各时期根系总重均显著低于CK;51~110 cm土层,幼苗期根系总重显著高于CK,分枝期至鼓粒期显著低于CK。

从重度干旱对根系的影响看,幼苗期的重度干旱胁迫,显著促进了21~110 cm土层根系生长,根

系总重增加5.13%,能够促进根系的纵深生长,已达到对干旱的抵御;开花期发生重度干旱对根系的影响最为严重,根系总重较CK下降了22.55%,各层根系分布均大幅下降,特别是21~110 cm土层,最小降幅61.40%;分枝期和鼓粒期对0~20 cm土层的根系分布影响较小,与CK未达到显著水平,但21~110 cm土层的根系降幅巨大,层次越深,降幅越大。幼苗期干旱,能够促进根系的纵深生长,分枝期至鼓粒期重度干旱均会抑制根系生长,特别是深层根系。

表 2 重度干旱不同层次根系分布
Table 2 Root distribution in various soil layers under severe drought

生育期 Growth stage	土层 Soil layer/cm				根系总重 Total root dry weight/g
	0 ~ 20	21 ~ 50	51 ~ 80	81 ~ 110	
幼苗期 Seedling	2.349 bc	0.358 a	0.098 a	0.085 a	2.890 b
分枝期 Branching	2.312 c	0.132 f	0.025 ef	0.019 e	2.488 e
开花期 Flowering	2.019 e	0.072 g	0.022 f	0.016 ef	2.129 f
鼓粒期 Filling	2.422 bc	0.164 e	0.025 ef	0.009 f	2.620 d
对照 CK	2.335 bc	0.305 b	0.057 c	0.052 c	2.749 cd

2.2 干旱胁迫不同处理对农艺性状的影响

2.2.1 轻度干旱 株高方面,幼苗期、鼓粒期与 CK 差异不显著,差异显著的分枝期和开花期株高较 CK 分别降低了 19.02% 和 21.43%。说明幼苗期出现轻度干旱胁迫,对植株今后的生长影响较小;而鼓粒期,株高基本接近最高值,此时的轻度干旱胁迫对株高已经很难形成重大的影响。对株高影响较大的是分枝期和开花期出现的轻度干旱,严重抑制了植株的生长。植株节数方面,开花期与 CK 差异显著,节数较 CK 减少 6.88%;其它 3 个时期,节数较 CK 差异均表现不显著。单株荚重方面,只有开

花期与 CK 差异显著,减少 14.15%;其它 3 个时期差异均不显著,幼苗期的轻度干旱荚重还略有增加。单株粒重方面,除开花期减产 14.22%,影响较大外,其它时期轻度干旱单株粒重与 CK 均未达到差异显著水平。特别是幼苗期轻度干旱单株粒重略有增加,增幅 4.13%,说明幼苗期的轻度干旱对产量形成有一定促进作用。

百粒重方面,分枝期和鼓粒期较 CK 差异显著,分别下降 3.83% 和 5.46%,开花期轻度干旱条件下,百粒重略有增加。

表 3 轻度干旱对农艺性状影响
Table 3 The impact of mild drought on agronomic traits

生育期 Growth stage	株高 Plant height/cm	节数 Nodes	荚重 Pod weight/g	粒重 Seed weight/g	百粒重 100-seed weight/g
幼苗期 Seedling	112.0 a	22.1 ab	32.5 a	22.7 a	18.2 ab
分枝期 Branching	90.7 b	21.7 abc	29.9 bc	20.8 bc	17.6 bc
开花期 Flowering	88.0 b	20.3 c	27.3 d	18.7 d	18.5 a
鼓粒期 Filling	108.7 a	21.4 abc	29.7 bc	20.5 bc	17.3 cd
对照 CK	112.0 a	21.8 ab	31.8 ab	21.8 ab	18.3 a

2.2.2 重度干旱 株高方面,重度干旱的影响趋势与轻度干旱相似,幼苗期、鼓粒期与 CK 差异不显著,分枝期和开花期差异显著,较 CK 分别降低了 31.25% 和 40.45%。分枝期和开花期出现重度干旱,是对植株生长影响最为严重的时期,特别是开花期,株高降低 40% 以上。单株节数方面,分枝期和开花期与 CK 差异显著,节数均减少 23.40%,影响最大。幼苗期和鼓粒期与 CK 差异不显著,影响较小。单株荚重方面,各时期较 CK 均达到差异显著水平,降幅分别达到 11.01%、27.36%、41.20% 和 48.43%,除幼苗期影响较大外,其它时期的影响

巨大,分枝期和开花期均达到 40% 以上,开花期影响最为严重。单株粒重方面,各时期单株粒重与 CK 均达到了差异显著水平。重度干旱对各时期的影响都很大,幼苗期、鼓粒期、分枝期、开花期重度干旱,单株粒重分别降低了 10.09%、28.90%、42.20% 和 50.46%,幼苗期影响相对最小,开花期影响最大。百粒重方面,各时期百粒重与 CK 均达到差异显著水平,幼苗期、分枝期、开花期、鼓粒期,百粒重分别下降 3.83%、8.74%、11.48% 和 7.10%,开花期百粒重下降最为严重。

表 4 重度干旱对农艺性状影响
Table 4 The impact of severe drought on agronomic traits

生育期 Growth stage	株高 Plant height/cm	节数 Nodes	荚重 Pod weight/g	粒重 Seed weight/g	百粒重 100-seed weight/g
幼苗期 Seedling	107.3 a	22.5 a	28.3 cd	19.6 cd	17.6 bc
分枝期 Branching	66.7 d	16.7 d	18.7 f	12.6 f	16.7 ef
开花期 Flowering	77.0 c	16.7 d	16.4 g	10.8 d	16.2 f
鼓粒期 Filling	113.7 a	20.9 bc	23.1 e	15.5 e	17.0 de
对照 CK	112.0 a	21.8 ab	31.8 ab	21.8 ab	18.3 a

3 结论与讨论

幼苗期轻度干旱可以促进根系在各层次的生长发育,特别是深层根系的发育,根系总重较CK增加了12.99%;幼苗期重度干旱对21~110 cm根系的生长发育促进效果明显,根系分布比重增加,根系分布较CK增幅显著,51~80 cm最高增幅71.93%。幼苗期干旱能够促进根系的纵深生长,对大豆根系正向生长影响较大,根系总重,根体积、根系伸长均有增加趋势^[12]。分枝期至鼓粒期重度干旱均会抑制根系生长,特别是深层根系,根系总重降幅巨大,层次越深,降幅越大。在分枝期和开花期出现干旱是对根系影响最为严重的。尤其是开花期的重度干旱,根系干重降低22.55%,21~110 cm根系分布比重显著下降,降幅为43.61%~76.39%。

幼苗期的轻度干旱对株高、节数、荚重、单株粒重、百粒重影响较小,均达不到显著水平,除百粒重略有减小外,其它性状都有小幅增长。单株粒重较CK增加4.13%,说明此时期的轻度干旱胁迫对产量具有一定的促进作用。轻度干旱处理,开花期是对农艺性状影响最为严重的时期,除百粒重外各性状降幅明显,株高大幅下降、节数减少、产量损失最重;鼓粒期对百粒重的影响最大,降幅5.46%。各时期的重度干旱对产量都会造成重大的损失^[13-14]。分枝期和开花期重度干旱对农艺性状影响最大,株高、荚重、单株粒重的降幅都在40%以上,节数和百粒重的降幅分别在20%和10%以上,与CK均达到了差异显著水平,特别是开花期,各农艺性状受到的影响都是最重的。因而,农业生产中,在分枝期和开花期发生重度干旱胁迫,要及时采取灌水等措施进行补救。

参考文献

[1] 山仑,康绍忠,吴普特. 中国节水农业[M]. 北京:中国农业出版社,2004. (Shan L,Kang S Z,Wu P T. Water saving agriculture in china[M]. Beijing:China Agricultural Press,2004)

[2] 文宏达,刘玉柱,李晓丽,等. 水肥耦合与旱地农业持续发展[J]. 土壤与环境,2002,11(3):315-318. (Wen H D,Liu Y Z,Li X L,et al. Water and fertilizer coupling and dryland agricultural sustainable development[J]. Soil and Environmental Sciences, 2002,11(3):315-318.)

[3] 张明才,何钟佩,田晓莉,等. SHK-6 对干旱胁迫下大豆叶片生理功能的作用[J]. 作物学报,2005,31:1215-1220. (Zhang M C,He Z P,Tian X L,et al. Effects of plant growth regulator SHK-6 on physiological function of soybean leaves under water deficiency[J]. Acta Agronomica Sinica, 2005,31:1215-1220.)

[4] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):127-129. (Yang P H,Li G Q,Guo L,et al. Effect of drought stress on plasma mambrane permeality of soybean varieties during flowering-poding stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003,21(3):127-129.)

[5] 张海燕,李贵全. 大豆抗旱性与生理生态指标关系的研究[J]. 中国农学通报,2005,21(8):140-142. (Zhang H Y, Li G Q. Research of the relationship between soybean drought resistance and the triats of physiology and ecology[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(8):140-142.)

[6] 孙祖东,陈怀珠,杨守臻,等. 大豆抗旱性研究进展[J]. 大豆科学,2001,20(3):221-226. (Sun Z D,Chen H Z,Yang S Z,et al. Advances in drought tolerance of soybean[J]. Soybean Science,2001,20(3):221-226.)

[7] Hudak C M,Patterson R P. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction[J]. Crop Science,1995,35:464-471.

[8] 任冬莲,路贵和,刘学义. 大豆成苗期抗旱性与根系生长的关系[J]. 中国油料,1993(1):37-39. (Ren D L,Lu G H,Liu X Y. The relationship between drought resistance and root growth in soybean seedlings[J]. Oil Crops of China, 1993(1):37-39.)

[9] 王法宏,郑丕尧,王树安,等. 大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究 I. 形态特征及组织解剖结构[J]. 中国油料,1989(1):32-37. (Wang F H, Zheng P Y, Wang S A, et al. Comparative study on root feature of different drought-resistance soybean varieties I. Morphological character and tissue anatomic structure[J]. Oil Crops of China, 1989(1):32-37.)

[10] 沈融,章建新,古丽娜,等. 亏缺灌溉对大豆根系生长和养分积累及产量的影响[J]. 大豆科学,2011,30(1):62-66. (Shen R,Zhang J X,Gu L N,et al. Effect of deficit irrigation on root development,nutrient accumulation and yield in soybean[J]. Soybean Science, 2011,30(1):62-66.)

[11] 闫春娟,王文斌,孙旭刚,等. 干旱胁迫对大豆根系发育影响初报[J]. 大豆科学,2012,31(6):924-931. (Yan C J,Wang W B,Sun X G,et al. Effect of drought stress at different growth stages on root development of soybean[J]. Soybean Science, 2012,31(6):924-931.)

[12] 刘丽君,林浩,唐晓飞,等. 干旱胁迫对不同生育阶段大豆产量形态建成的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(3):405-412. (Liu L J,Lin H,Tang X F,et al. Drought stress influence soybean yield morphogenesis in different growth stages[J]. Soybean Science,2011, 30(3):405-412.)

[13] 孙广玉,何庸,张荣华,等. 大豆根系生长和活性特点的研究[J]. 大豆科学,1996,15(4):317-321. (Sun G Y,He Y,Zhang R H,et al. Studies on growth and activities of soybean root[J]. Soybean Science, 1996,15(4):317-321.)

[14] 赵宏伟,李秋祝,魏永霞. 不同生育时期干旱对大豆主要生理参数及产量的影响[J]. 大豆科学,2006,25(3):329-332. (Zhao H W,Li Q Z,Wei Y X. Effect of drought at different growth stages on main physiological parameters and yield in soybean[J]. Soybean Science, 2006,25(3):329-332.)