

## 亏缺灌溉对大豆根系生长和养分积累及产量的影响

沈融, 章建新, 古丽娜, 苏广禄, 邵长贺

(新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐 830056)

**摘要:**采用盆栽方法以新大豆8号为试验材料,研究了4种土壤水分处理(下限分别为田间持水量的80%、70%、60%、50%)对春大豆根系生长、根系活力和单株产量的影响。结果表明:随着水分亏缺加重,根干重、根系吸收表面积、根伤流、根活力均呈现显著降低的变化趋势,表现为80% > 70% > 60% > 50%;7月20日前后亏缺灌溉降低大豆根系的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O百分含量和积累量,降低大豆籽粒产量,70%、60%、50%水分处理的单株产量分别为80%处理的87.8%、63.0%、49.9%;水分利用效率以70%处理最高,为0.5 kg·m<sup>-3</sup>。结果表明通过适度的亏缺灌溉,控制大豆根系的生长和活力变化以及根系对N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的积累量未实现大豆节水高产是可行的。

**关键词:**大豆; 亏缺灌溉; 根系生长; 根系养分; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2011)01-0062-05

## Effect of Deficit Irrigation on Root Development, Nutrient Accumulation and Yield in Soybean

SHEN Rong, ZHANG Jian-xin, GU Li-na, SU Guang-lu, SHAO Chang-he

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

**Abstract:** Xindadou 8 was used as tested material to study 4 kinds of soil moistures influences (lower limit was 80%, 70%, 60% and 50% field held) on root system growth, root system vigor and yield of single plant by pot culture method. The results showed that along with water deficit, dry weight, root system absorb superficial area, root bleeding, and root vigor displayed notable lessening trend as 80% > 70% > 60% > 50%; Moreover, the percentage content and accumulating amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and seed yield around July 20<sup>th</sup> decreased after deficit irrigation treatment. Furthermore, compared with 80% moisture treatment, yield per plant of 70%, 60% and 50% moisture treatment reduced to 87.8%, 63.0% and 49.9%, respectively. And the water was efficiency of 70% treatment was maximal. The results indicated that controlled the growth, vigor changes and accumulation of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O in soybean root system by moderating deficit irrigation to achieve water-saving and high production of soybean was feasible.

**Key words:** Soy bean; Deficit irrigation; Root nutrient; Yield

大豆在豆类作物中对缺水最为敏感<sup>[1-2]</sup>,土壤水分亏缺会导致大豆产量大幅度下降<sup>[3-4]</sup>。因此,研究大豆对干旱胁迫的适应性,提高其水分利用效率,节约灌溉用水变得尤为重要。过去有关土壤水分亏缺对大豆生长影响的研究多集中在地上部器官<sup>[5-7]</sup>,有关土壤水分对大豆根系生长影响的系统研究很少。该试验采用盆栽方法系统地研究了不同土壤水分处理对大豆根系的生长、活力、养分含量及产量的影响,为新疆大豆节水高产栽培提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验于2009年在新疆农业大学农学院教学试验农场进行。供试大豆品种为新大豆8号,由新疆农垦科学院大豆研究室提供。采用盆栽试验,陶土盆钵规格为直径25 cm×高30 cm。供试土壤为壤土,有机质为12.6 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮为41.2 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷为20.5 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾为219 mg·kg<sup>-1</sup>。土经晒干、打碎、过筛、混匀后装盆中,每盆装土6 kg,将盆埋入土中,盆口高出地面5 cm。试验于4月18日播种,每盆播2穴,每穴播8粒。大豆1对

收稿日期:2010-08-25

基金项目:新疆科技厅攻关项目资助(200631104);国家自然科学基金项目资助(30660081,31060179)。

第一作者简介:沈融(1985-),女,在读硕士,研究方向为作物生理。E-mail: nanqiucifeng@sina.com。

通讯作者:章建新(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事作物高产栽培生理研究和推广工作。E-mail: zjxin401@126.com。

真叶期留 2 株健壮整齐苗, 始花期每盆追尿素 3 g。

试验设 80%、70%、60% 和 50% (田间持水量的下限) 4 个土壤水分处理, 每个处理 25 盆。试验从始花期开始采用称重法控水, 每 3 d 各处理选取 6 盆在傍晚称重 (电子天平感量为 1 g), 测定失水量, 当土壤含水量降至各处理的下限时及时补水, 并根据累计补水量计算大豆耗水量。雨天利用防雨棚遮挡自然降水。控水后每隔 15 d 各处理分别取 2 盆 4 株测量根干重、根数、根表面积、根/冠比、根系活力、根数等。成熟期各处理取 8 盆分别考种, 以其平均值计算单株产量。

### 1.2 测定项目与方法

根数的测定是数出主根上 2 cm 以上一级分枝根数; 根系干物质、根冠比的测定是将花盆从土中取出, 从植株子叶节处剪断分为地上、地下部分, 将根-土复合体放入网袋, 用水仔细冲洗, 拣净杂物后, 在 105℃ 下杀青 30 min, 置于 80℃ 下烘干至恒重量, 用 1/10 000 电子天平称重; 根表面积的测定采用甲烯蓝测定法<sup>[8]</sup>; 根系活力的测定采用 TTC 法<sup>[9]</sup>; 根系 N、P、K 含量的测定采用浓硫酸、双氧水消煮法, 奈氏比色法 (氮), 钒钼黄比色法 (磷), 火焰光度计法 (钾) 测定; 单株根系 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 积累量计算单株 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 积累量 (g) 等于根系 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的百分含量 × 单株根系干重 (g)。

### 1.3 数据分析

应用 Excel 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 水分亏缺对大豆根条数和根吸收面积的影响

根数和根系吸收表面积是反映根系吸收能力的重要的指标。如图 1 所示, 7 月 20 日以前各处理间根条数差异较小, 7 月 20 日以后各处理间根条数的差异迅速增大, 至 8 月 5 日达最大后, 差异又呈现逐渐变小的趋势。由图 2 可见, 7 月 5 日前各水分处理的根系吸收表面积差异不大, 7 月 5 日以后各处理的根系吸收表面积差异变大, 均表现为 80% > 70% > 60% > 50%。可见亏缺灌溉可以明显减少根数和根系吸收面积。

### 2.2 水分亏缺对根干重和根冠比的影响

根系干重是衡量根生长状况的重要指标。由图 3A 可知, 处理间单株根干重的差异随着生育进程的推进逐渐变大, 8 月 5 日~8 月 20 日差异达最大, 80% 和 70% 处理单株根系干重远大于 60% 和 50% 处理, 后者平均为前者的 77.34%, 接着随着生

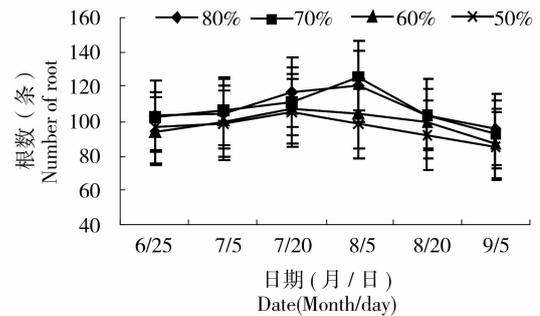


图 1 亏缺灌溉对根数的影响

Fig. 1 Effects of deficit irrigation on root numbers

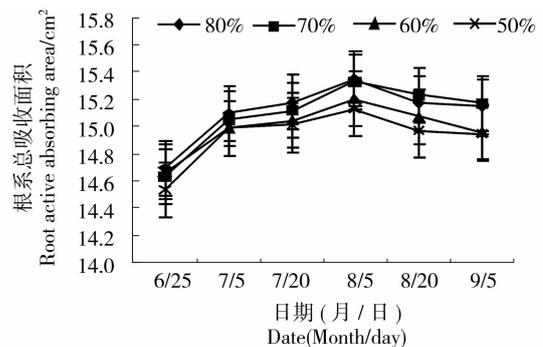


图 2 亏缺灌溉对根系吸收面积的影响

Fig. 2 Effects of deficit irrigation on absorbing area of root system

育期的进行, 处理间的差异逐渐变小。处理间根干重的差异明显大于根数的差异, 表明水分亏缺对根干重增长的抑制明显大于对根数和吸收面积 (图 1, 2) 的抑制作用。

根冠比是反映根系与地上部分生长协调状况的重要指标。由图 3B 可见, 随着水分亏缺的加重, 各时期根冠比值均呈现增大的趋势, 各时期不同处理间多表现为 50% > 60% > 70% > 80%。根冠比的增大表明随水分亏缺程度的加重, 对根系生长的相对抑制作用变小, 对地上部分生长的相对抑制作用增大。

### 2.3 水分亏缺对根系伤流量及其活力的影响

根系伤流的多少反映了植物根系主动吸水能力的强弱, 是根系活力的指标。由图 3C 可知, 随着水分亏缺的加重, 根系伤流量下降, 尤其到了生育后期, 60% 和 50% 水分处理的根系伤流量明显低于 80% 和 70% 的水分处理, 前者为后者的 88.31%。由图 3D 可见, 各处理间根系活力在 7 月 5 日前差异较小, 7 月 20 日差异增至最大, 其后根系活力呈下降趋势且处理间差异逐渐变小, 多表现为 70% > 80% > 60% > 50%, 与根系伤流量表现 (80% > 70% > 60% > 50%) 不完全一致。从图中可以看出

80%处理的单株根系伤流量最大,而该处理下根系活力并不一定最高,表明根活力与伤流量不一定呈

现同步的状态,因为伤流量的大小受根量和根活力的共同作用,而不仅由根活力所决定。

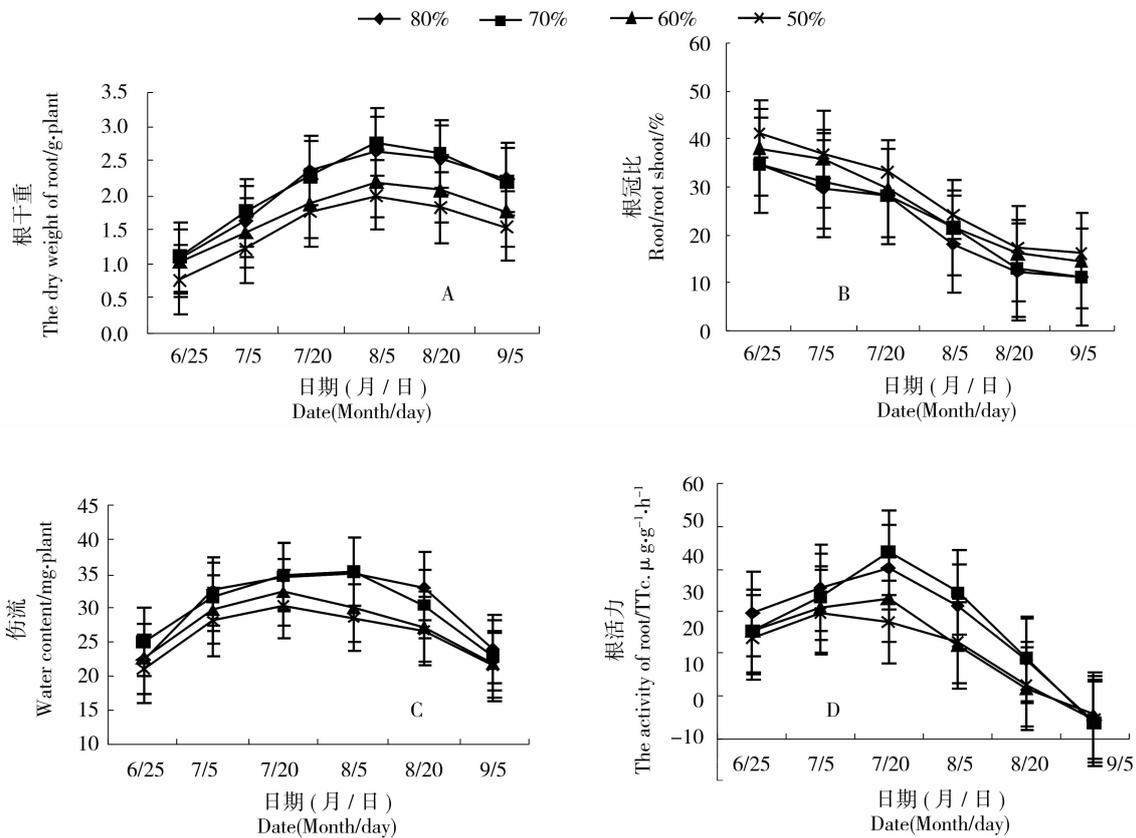


图3 亏缺灌溉对根干重、根冠比、伤流量及根系活力的影响

Fig.3 Effects of deficit irrigation on root dry weight, root/shoot ratio, bleeding and root vigor

#### 2.4 水分亏缺对大豆根系 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 百分含量及积累量的影响

由图4A、B可知,各处理根系中N的百分含量及积累量随着生育期的后移呈现先增加后逐渐降低的变化趋势,各处理间根系中N的百分含量及积累量的差异也呈现相似的变化趋势。80%和70%的水分处理根系中N的百分含量及积累量均显著高于60%和50%的水分处理,7月20日60%和50%的水分处理根系中N的百分含量及积累量的均值分别为80%和70%水分处理的50%和81.29%;由图4C、D可见,各时期根系的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>百分含量和积累量也随水分亏缺的加重而显著降低,处理间的差异在7月20日左右差异达最大后,又逐渐变小,与N的变化趋势相似。7月20日60%和50%的水分处理根系中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的百分含量及积累量分别为80%和70%水分处理的83.6%和84.68%;由图4E、F可见,K<sub>2</sub>O的百分含量和积累量的在7月5日达峰值后呈现逐渐下降的变化趋势,各时期

根系的K<sub>2</sub>O百分含量和积累量也随水分亏缺的加重而显著降低,处理间的差异在8月5日左右差异达最大后,又逐渐变小,8月5日60%和50%的水分处理根系中K<sub>2</sub>O的百分含量及积累量为80%和70%的水分处理的76.37%和77.36%。严重亏缺灌溉大幅度降低7月20日前后大豆根系的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O百分含量和积累量。

#### 2.5 亏缺灌溉对大豆单株产量的影响

由表1可见,亏缺灌溉可以显著降低单株荚数、单株粒数、百粒重,最终降低单株产量,随着水分亏缺的加重降幅度大增,单株耗水量显著减少,水分利用效率呈现先略增后剧降的变化趋势。70%处理水分利用效率最高,为0.5 kg·m<sup>-3</sup>;70%、60%、50%水分处理的单株粒数分别为80%处理的98.0%、76.0%和65.5%,百粒重分别为80%处理的89.5%、82.9%和76.1%,同一水分亏缺处理,单株粒重的降幅大于百粒重,单株产量分别为80%处理的87.8%、63.0%和49.9%。

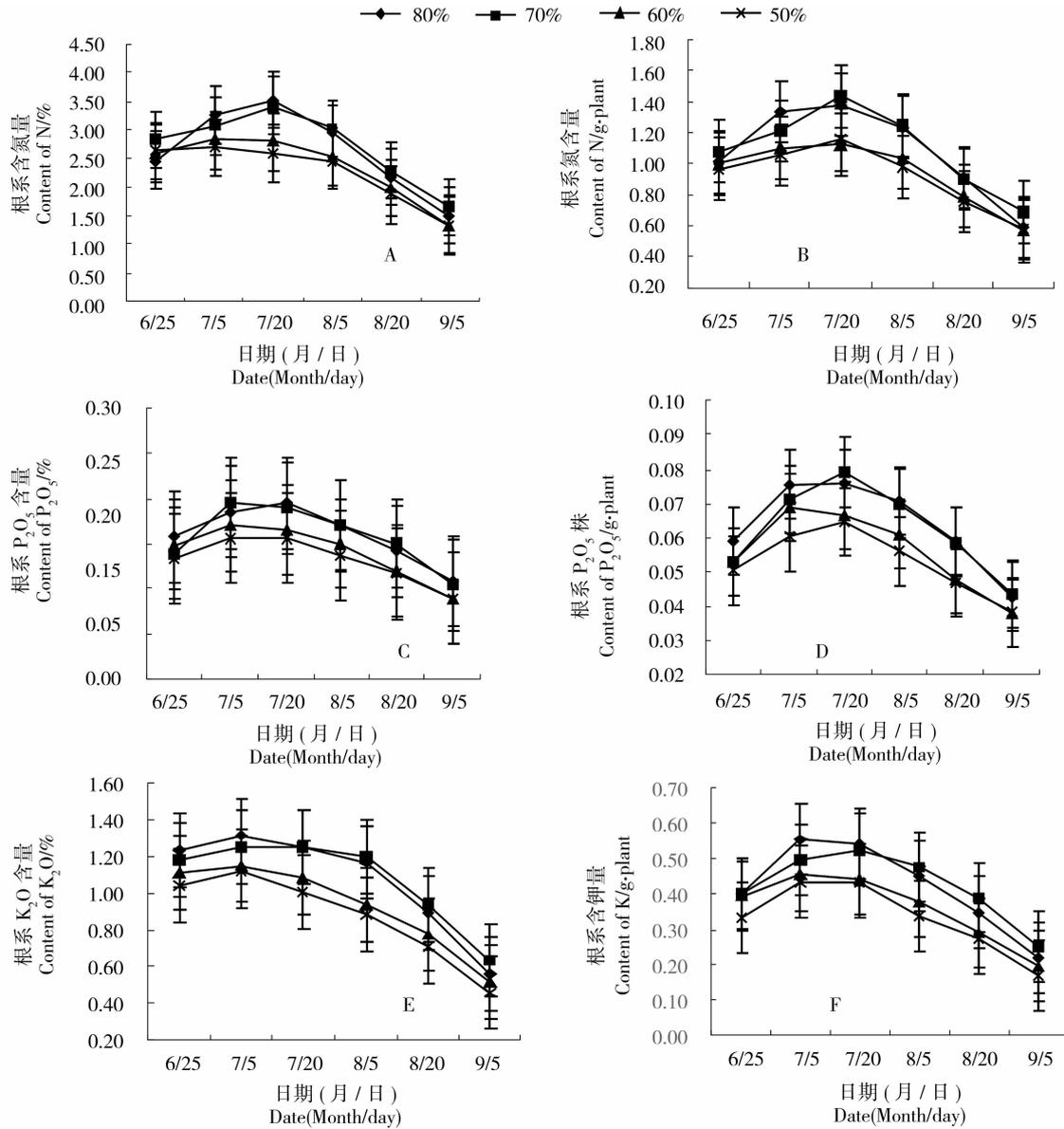
图4 水分亏缺时大豆根系 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 百分含量及积累量的影响Fig. 4 Effect of deficit irrigation on percentage and accumulated content of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O

表1 亏缺灌溉对大豆单株产量的影响

Table 1 Effect of water stress on soybean yield

处理 Treatment	单株荚数 pods No. per plant	单株粒数 Seeds No. per plant	百粒重 100-seed weight/g	单株产量 Yield of per plant/g	单株耗水量 Water consumption of per plant/m <sup>3</sup>	水分利用率 Water use efficiency/kg · m <sup>-3</sup>
80%	16.94Aa	38.63Aa	24.76Aa	9.56Aa	0.020Aa	0.48
70%	15.84Aa	37.86Aa	22.17Bb	8.39Bb	0.017Bb	0.50
60%	13.64Bb	29.36Bb	20.52Cc	6.02Cc	0.016Cc	0.39
50%	11.19Cc	25.31Cc	18.85Dd	4.77Dd	0.014Dd	0.34

同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

Values within a column followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability level, respectively.

### 3 讨论

水分胁迫对大豆生理过程的影响是多方面的, 即使是轻微的胁迫也会产生不同的反应<sup>[10]</sup>。水分

亏缺对大豆根系的分布, 根的长度, 产量都有很大的影响<sup>[11-13]</sup>。不同生育时期的水分胁迫对大豆产量构成因素的影响是不同的<sup>[14]</sup>, 持续的水分胁迫不但会使大豆籽粒明显减小, 产量明显降低, 而且会导致植株提前成熟<sup>[15-16]</sup>。该试验结果表明, 亏缺灌

溉显著减少大豆根数、根系表面积和根干重,其中根干重的降幅明显大于根数和根系吸收面积;此外,亏缺灌溉可以增加各生育时期的根冠比,显著降低各生育时期的根系活力和7月20日前后根系中的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O百分含量及积累量,最终降低大豆的籽粒产量。在大豆鼓粒期间,根系中积累的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O不断地运往籽粒中,用于蛋白质和脂肪的合成。因此,根系中积累的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O量的峰值在很大程度上决定着大豆产量的高低。亏缺灌溉之所以降低大豆根系中的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O积累量,是由于亏缺灌溉可以抑制根系生长,同时降低了根系干重和根系中的养分百分含量。而根系中养分百分含量的降低是根系吸收能力(活力)降低的结果。适度的亏缺灌溉有利于根系的生长,从而提高水分的利用效率。因此,在大豆生育期间,采用适度的亏缺灌溉技术,控制大豆根系的生长和活力变化,以及根系对N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的积累量,可以实现大豆节水高产的目标。

## 参考文献

- [1] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,2000. (Dong Z. Soybean yield physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 2000.)
- [2] 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(9):1215-1220. (Zhang M C, He Z P, Tian X L, et al. Effect of plant growth regulator SHK-6 on physiological function of soybean leaves under drought stress[J]. Acta Agronomica Sinica, 2005,31(9):1215-1220.)
- [3] 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.)
- [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,2003,22(4):71-74. (Han X Z, Qiao Y F, Zhang Q Y, et al. Effects of various soil moisture on the yield of soybean[J]. Soybean Science,2003,22(4):71-74.)
- [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):9-10,13. (Mao H X. Effect of different drip irrigation treatments on dry matter accumulation and physiological parameters in soybean[J]. Tillage and Cultivation, 2007(6):9-10,13.)
- [6] 谢甫锦,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. (Xie F T, Dong Z. Influence of drought on growth and yield of soybeans at different growth stages [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1994,25(1):13-16.)
- [7] 董志强,贾秀领,张丽华,等. 水分胁迫对不同基因型夏大豆冠层发育及耗水量的影响[J]. 大豆科学,2009,28(5):811-815. (Dong Z Q, Jia X L, Zhang L H, et al. Effects of drought stress on water consumption and canopy development in four summer soybean genotypes[J]. Soybean Science,2009,28(5):811-815.)
- [8] 牛俊义,杨祁峰. 作物研究方法[M]. 兰州:甘肃民族出版社,1998:26-27. (Niu J Y, Yang Q F. Crop research methods [M]. Lanzhou: Gansu Minorities Press, 1998:26-27.)
- [9] 张宪政,陈凤玉,王荣富,等. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1994:198-200. (Zhang X Z, Chen F Y, Wang R F, et al. Plant physiology experiments [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 1994:198-200.)
- [10] 宋凤斌,许世昌,戴俊英. 水分胁迫对玉米光合作用的影响[J]. 玉米科学,1994,2(3):66-69. (Song F B, Xu S C, Dai J Y. The influence of water stress on maize photosynthesis [J]. Journal of Maize Science, 1994,2(3):66-69.)
- [11] 金剑,刘晓冰,王光华. 大豆 *Glycine max*(L.) Merrill 根系研究进展[J]. 大豆科学,2002,21(3):223-227. (Jin J, Liu X B, Wang G H. Research progress of soybean root [J]. Soybean science, 2002,21(3):223-227.)
- [12] Dadson R B, Hashem F M, Javaid I. Effect of water stress on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in the delmarva region of the united States [J]. Agronomy and Crop Science, 2005,191:210-217.
- [13] Hudak C M, Patterson R P. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction [J]. Crop Science, 1995,35:464-471.
- [14] 刘莹,盖钧益,吕慧能. 大豆苗期根系与抗旱型基因型差异的研究[J]. 作物杂志,2003(4):12-15. (Liu Y, Gai J Y, Lü H N. The research of maize root and drought type soybean genotypes of differences [J]. Crops, 2003(4):12-15.)
- [15] 王金陵. 大豆根系的初步观察[J]. 农业科学,1955,6(3):331-334. (Wang J L. The preliminary observation of Soybean root [J]. Agricultural Science, 1955,6(3):331-334.)
- [16] 高中超,周宝库,张喜林. 大豆对干旱胁迫生理生化的响应[J]. 大豆通报,2007(5):27-30. (Gao Z C, Hou B K, Zhang X L. Soybean to drought stress on physiological and biochemical responses [J]. Soybean Bulletin,2007(5):27-30.)