

水分胁迫对不同基因型夏大豆冠层发育及耗水量的影响

董志强, 贾秀领, 张丽华, 马瑞昆, 姚艳荣, 赵双进, 张孟臣

(河北省农林科学院 粮油作物研究所, 国家大豆改良中心 石家庄分中心, 河北 石家庄 050031)

摘要:在防雨棚条件下研究了不同阶段水分胁迫对4个夏大豆品种五星3号、冀豆15、冀豆16和冀豆17冠层发育和耗水特性影响。结果表明:大豆耗水规律为出苗后20 d内日耗水强度较低,初花期~鼓粒初期较高,最高峰出现在初花期前后,鼓粒中后期较低。最大叶面积指数(LAI)出现在盛花期,不同阶段水分胁迫使多数品种的LAI明显下降。从冠层发育角度,冀豆16苗期抗旱性较强,五星3号花期和鼓粒期抗旱性较强,冀豆15鼓粒期抗旱性较强。五星3号、冀豆15和冀豆16的LAI相近,但五星3号的耗水量较低,冀豆17LAI和耗水量均较高。大豆主要耗水层在0~100 cm,尤其0~50 cm土层土壤水分状况对大豆的生长发育影响效应更大。

关键词:夏大豆;基因型;耗水;叶面积系数

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2009)05-0811-05

Effects of Drought Stress on Water Consumption and Canopy Development in Four Summer Soybean Genotypes

DONG Zhi-qiang, JIA Xiu-ling, ZHANG Li-hua, MA Rui-kun, YAO Yan-rong, ZHAO Shuang-jin, ZHANG Meng-chen

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, National Soybean Improvement Center Shijiazhuang Sub-Center, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

Abstract: Effects of drought stress on water consumption and canopy development in four summer soybean genotypes of Wuxing 3, Jidou 15, Jidou 16 and Jidou 17 were studied under rain shelter condition. The results showed daily water consumption was lower within the 20 d after seedling, much higher daily water consumption was observed from early flowering to early pod filling, with a peak around early flowering. The maximum of leaf area index (LAI) occurred at full flowering. Periodical drought stress led to reduced LAI in most of the varieties. In terms of canopy development, Jidou 16 was more resistant to drought at seedling, Wuxing 3 was more drought resistant at middle and late growth stages, and Jidou 15 at late growth stage. The varieties of Wuxing 3, Jidou 15, Jidou 16 had similar LAI, whereas Wuxing 3 consumed much less water than the other two varieties. Jidou 17, with the greatest LAI, also used the greatest amount of water in the four varieties. The main water consumption soil layer of soybean was 0-100 cm. Soil moisture condition in 0-50 cm layer was most important to the growth and development of soybean plant.

Key words: Summer soybean; Genotypes; Water consumption; Leaf area index (LAI)

大豆是需水较多的作物,夏大豆虽然生长在雨季,但也经常遭受阶段性干旱。有关大豆的一般需水耗水特点^[1-3]以及不同阶段水分胁迫对大豆产量影响效应^[4-5]已有报道,针对不同大豆品种抗旱性差异也有所报道^[6],但研究多数集中在东北春大豆区,对黄淮海夏大豆研究较少。五星3号、冀豆15、冀豆16和冀豆17是河北省农林科学院粮油作物研究所育成高产优质新品种。为了明确华北平原主要

夏大豆品种的需水规律特点及差异,在自动防雨棚条件下进行了4个品种需耗水特点及对不同生育阶段水分胁迫响应差异研究,旨在为黄淮区夏大豆高产节水栽培技术提供依据。

1 材料与方法

试验于2008年在河北省农林科学院粮油作物研究所藁城堤上试验站自动防雨棚固定水泥试验池

收稿日期:2009-02-08

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD521B01-3)。

作者简介:董志强(1981-),男,硕士,现主要从事作物水分生理基础研究。

通讯作者:张孟臣,研究员。E-mail:hbadaou@yahoo.com.cn。

内进行,池深 1.5 m,不封底。试验为品种和灌水 2 因子随机区组试验,3 次重复。灌水设 5 个处理:(1)全生育期不灌水;(2)苗期干旱(播种到初花期不灌水);(3)花期干旱(初花期到鼓粒初期不灌水);(4)鼓粒期干旱(鼓粒初期到成熟期不灌水);(5)足水(全生育期灌水 5 次);分别用 NI、SD、FD、PD 和 FI 表示。品种为五星 3 号、冀豆 15、冀豆 16 和冀豆 17,其中五星 3 号和冀豆 16 设全部 5 种灌水处理。冀豆 15 和冀豆 17 只设苗期干旱、花期干旱和鼓粒期干旱 3 种水分处理。不同灌水处理的灌水日期及灌水量见表 1。6 月 19 日播种,10 月 2 日~10 日成熟。行距 45 cm。每品种 4 行,行长 2 m。

大豆播后,成熟期和每次灌水前用 CNC 中子土壤水分仪测定 0~190 cm 土层的土壤水分含量,于初花期至鼓粒初期采用 Sunscan 冠层分析仪测定大豆叶面积指数(LAI)变化。

表 1 灌水日期(月/日)和灌水量

灌水 Irrigation	7/18	7/29	8/21	9/1	9/6	9/21	总量 Total
NI							0
SD		75	67		58	58	258
FD	67			67		58	192
PD	67	75	67				209
FI	67	75	67		58	58	325

NI、SD、FD、PD 和 FI 分别表示不灌水、苗期干旱、花期干旱、鼓粒期干旱和足水处理,下同。

NI,SD,FD,PD and FI indicate no irrigation,soil drought stress at seedling stage,flowering stage,pod filling stage and full irrigation respectively. The same as below.

2 结果与分析

2.1 灌水处理对大豆叶面积指数(LAI)的影响

大豆初花期到盛花期 LAI 增长较快,8 月 26 日盛花期达到最高值后,LAI 快速下降(表 2)。不灌

表 2 不同灌水处理的叶面积指数(LAI)变化

Table 2 Leaf area index of different irrigation treatments at different stages

日期 m/d	冀豆 15 Jidou 15			冀豆 17 Jidou 17			五星 3 号 Wuxing 3				冀豆 16 Jidou 16					
	SD	FD	PD	SD	FD	PD	NI	SD	FD	PD	FI	NI	SD	FD	PD	FI
7/28	3.07	4.23	3.30	4.07	3.93	5.07	2.90	3.47	3.53	3.83	4.23	4.33	4.30	4.62	4.23	4.33
8/9	5.50	4.88	5.53	4.54	4.34	5.48	4.77	4.66	5.09	5.22	4.93	4.70	5.42	5.37	5.13	5.29
8/26	5.98	5.60	5.09	5.06	5.13	6.25	4.92	5.39	5.29	5.71	5.28	5.27	6.17	6.09	6.26	6.18
9/3	5.18	3.83	4.63	4.22	3.36	4.82	4.16	4.98	4.75	5.04	4.48	4.66	5.02	5.03	5.60	5.11
9/11	4.02	2.97	3.38	3.90	2.54	3.59	2.75	3.96	3.86	4.02	3.83	3.76	4.40	4.62	3.97	3.57

水处理 LAI 明显低于足水处理,五星 3 号平均降低 14.3%,冀豆 16 平均降低 7.3%。

苗期干旱导致 LAI 下降,与尚未实施干旱处理的平均值比较,初花期(7 月 28 日)4 品种 LAI 平均下降 9.7%,其中冀豆 15 下降 18.5%,五星 3 号和冀豆 17 在 10%左右,冀豆 16 下降不明显,表明干旱对冠层发育影响的角度,冀豆 16 苗期抗旱性最强。初花期恢复灌水 12 d 后,苗期干旱处理的冠层 LAI 基本达到灌水处理水平,表明花期灌水可以弥补苗期干旱的影响。

花期干旱处理对花期和鼓粒初期的 LAI 有明显影响。与尚未实施干旱胁迫的处理平均值比较,停止灌水 29 d(8 月 26 日)后冀豆 17 LAI 下降幅度较大,达 9.4%。五星 3 号、冀豆 16 降低幅度较小,分别为 3.7%和 2.1%,冀豆 15 下降不明显。停止灌水 35 d 后恢复灌水,灌水 2 d 后(9 月 3 日)五星 3 号 LAI 达到灌水处理水平,说明花期干旱对五星 3 号冠层发育影响微小。恢复灌水 10 d 后(9 月 11 日)冀豆 16 LAI 达到灌水处理水平,而冀豆 15 和冀豆 17 与苗期干旱处理相比,LAI 下降幅度分别为 26.1%和 34.9%。说明花期干旱对五星 3 号和冀豆 16 冠层发育影响较小,对冀豆 15 和冀豆 17 花期及鼓粒期叶面积指数影响显著。

鼓粒期干旱处理自 9 月 1 日停止灌水,到 9 月 11 日五星 3 号 LAI 高于其他处理。冀豆 15 LAI 比苗期干旱处理低 15.9%,这一差异幅度和干旱处理实施前(8 月 26 日~9 月 3 日)相近,表明后期干旱对五星 3 号和冀豆 15 LAI 影响不明显。冀豆 17 鼓粒期干旱处理的 LAI 比苗期干旱处理低 7.9%,冀豆 16 LAI 虽然高于足水处理,但明显低于苗期和中期干旱处理,说明鼓粒期干旱对冀豆 17 和冀豆 16 LAI 均产生了一定影响。

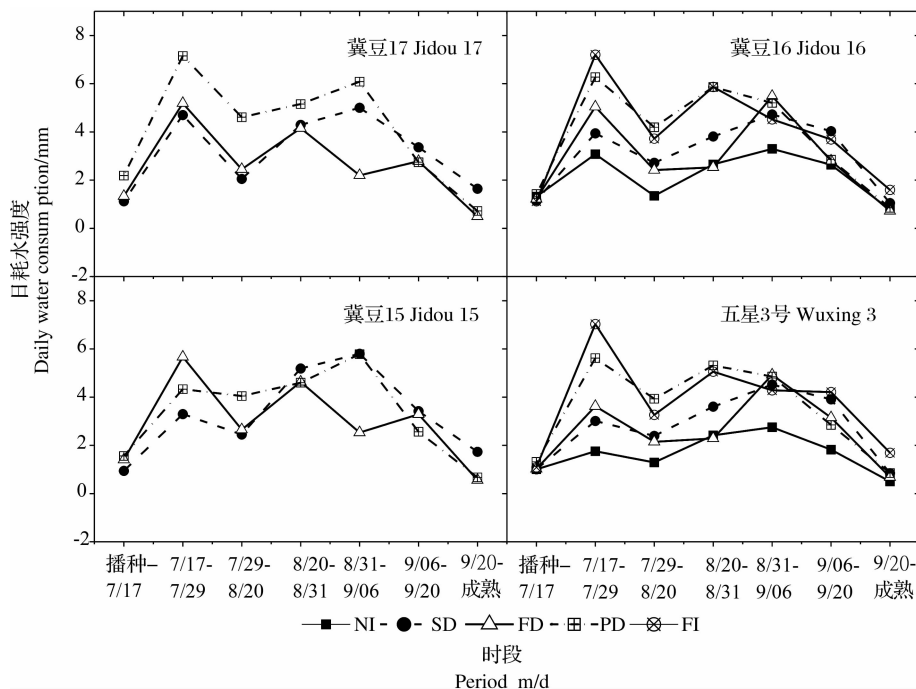


图1 不同灌水处理日耗水强度变化

Fig. 1 Changing course of daily water consumption of different irrigation treatments

2.2 不同灌水处理耗水特征

不同灌水处理的日耗水强度变化见图1。足水处理的日耗水强度变化反应了大豆一般耗水规律。出苗后(6月20日~7月17日)由于大豆植株矮小,日耗水强度较低。随植株生长发育,耗水强度迅速增高,苗期后期至初花期(7月17~7月29日)日耗水强度最高,7月29~8月20日耗水强度下降,这与8月中旬的日照时数较少有关。随后直到9月6日鼓粒初期,日耗水强度稳定在一较高水平。鼓粒中后期植株逐渐衰老,气温下降,日耗水强度逐渐下降。全生育期不灌水显著降低了不同阶段的日耗水强度。苗期干旱处理不仅降低了苗期日耗水强度,初花期复水后日耗水强度也显著低于不控水处理,进入鼓粒期才恢复到灌水处理的水平。花期干旱处理显著降低了该时段日耗水强度,复水后日耗水强度基本恢复到供水处理水平。鼓粒期干旱也降低了鼓粒期相应的日耗水强度。

不同灌水处理全生育期总耗水量存在明显差异(表3),不同灌水处理耗水量从低到高依次为不灌水、花期干旱、苗期干旱、鼓粒期干旱和足水。不灌水处理平均耗水量仅为足水处理的49.4%。耗水量高低受灌水总量及灌水时期的综合影响。相关分析表明,随供水量(供水量=灌水量+降水量)的增加,大豆总耗水量按线性关系增加,相关达到显著水

平($r=0.849\sim0.845^*$, $n=5$)。不同阶段土壤干旱处理显著影响了供水与总耗水的关系。大豆苗期日耗水强度最高的阶段(7月17~7月29日)进行干旱处理,致使该阶段的日耗水强度显著降低,初花期复水后较长时段内日耗水强度都低于足水处理,因此其总耗水量向下偏离耗水量与供水量的直线关系,五星3号和冀豆16平均比足水下降23.8%。花期干旱由于处于日耗水强度较高的时期,故其总耗水量较低,比足水处理下降27.9%,比苗期干旱处理略低,4品种平均比苗期干旱处理下降4.1%。鼓粒期干旱处理在花前、花期土壤水分较高,耗水量较大,由于鼓粒期大豆日耗水强度明显降低,停止灌水对耗水量影响相对较小,故其耗水量向上偏离耗水量与供水量的直线关系,五星3号和冀豆16平均仅比足水下降4.2%。

品种之间耗水量存在较大差异,比较4个品种的苗期、花期和鼓粒期干旱处理的平均耗水量,发现五星3号的耗水量最低,为279.8 mm。其次为冀豆15,比五星3号高9.5 mm。冀豆16比五星3号多耗水15.9 mm,主要表现在苗期干旱和鼓粒期干旱处理耗水量较高。冀豆17耗水量最高,主要表现在鼓粒期干旱处理的耗水量明显较高,比五星3号多耗水29.6 mm。在不灌水条件下,冀豆16耗水量比五星3号多23.8 mm,增加14.6%,五星3号苗期和和鼓

粒期耗水量较低。足水条件下增加 25.2 mm, 增加 7.4%。五星 3 号表现为花期耗水量明显偏低, 比冀豆 16 低 13.0%。

不同灌水处理苗期, 花期和鼓粒期 3 个主要生育阶段的耗水比例见表 3。不同品种不同灌水处理平均, 苗期历时 40 d 左右, 耗水比例占 33.6%, 花期历时 30 d 左右, 耗水比例占 38.8%, 鼓粒期历时 35~40 d, 耗水比例为 30.4%, 说明大豆的花期是其一生耗水较多的时期。充足灌水条件下, 苗期、花期和

鼓粒期阶段耗水比例两品种平均分别为 34.2%, 42.8% 和 28.6%。不同阶段土壤干旱明显改变了相应阶段的耗水比例, 生育期不灌水条件下花期耗水比例下降到 33.7%, 苗期和鼓粒期耗水比例分别增加到 35.6% 和 33.3%。苗期干旱处理使苗期耗水比例下降到 28.2%, 鼓粒期上升到 37.1%。花期干旱处理使花期耗水比例下降到 35.8%, 苗期耗水比例上升到 36.7%。鼓粒期土壤干旱使鼓粒期耗水比例下降到 23.8%, 花期则增加到 44.2%。

表 3 不同灌水处理耗水量及阶段耗水比例

Table 3 Total water consumption and percentage of periodical water consumption to the total of different irrigation treatments/%

时期 Stage m/d	冀豆 15 Jidou 15			冀豆 17 Jidou 17			五星 3 号 Wuxing 3					冀豆 16 Jidou 16				
	SD	FD	PD	SD	FD	PD	NI	SD	FD	PD	FI	NI	SD	FD	PD	FI
苗期(播种-7/29) Seedling (Sowing-7/29)	23.4	37.6	30.2	34.0	39.5	38.5	32.3	25.7	31.7	31.6	34.2	38.8	29.8	38.0	33.3	34.2
花期(7/29-8/31) Flowering (7/29-8/31)	39.6	38.5	44.7	36.0	39.8	41.8	36.1	37.2	32.0	44.3	42.8	31.2	38.4	32.9	45.9	42.8
鼓粒期(8/31-成熟) Pod filling (8/31-Ripening)	36.9	24.0	25.1	37.7	23.2	22.0	31.6	37.1	36.2	24.2	28.6	35.0	36.6	32.7	23.8	28.6
总耗水量 Total water consumption/mm	277	282	309	279	258	391	163	261	253	325	341	187	278	257	352	366

2.3 不同灌水处理土壤水分状况变化

在控雨条件下, 每次灌水前的土壤水分含量代表了一个灌水周期内的土壤水分下限水平。结果表明, 不灌水处理 100 cm 以上土层土壤含水量下降幅度大, 而 100~150 cm 土壤相对含水率始终保持在 70% 以上, 100~200 cm 保持在 85% 以上, 说明 100 cm 以下土壤水分对大豆的有效性很低。不灌水处理苗期 0~50 cm 土层相对土壤含水率保持在 60% 以上, 初花期后急剧下降, 花期平均为 43.2%, 鼓粒期平均 37.9%; 50~100 cm 土层土壤含水率苗期和初花期在 75% 以上, 盛花期下降至 62%, 后缓慢下降至成熟期的 57.3%。足水处理土壤水分较充足, 苗期 0~50 cm 土层保持在 60% 以上。花期和鼓粒期平均为 50.9%, 其中最低值出现在 9 月 6 日灌水前, 下降到 46.5%, 其余在 51%~54%, 说明花期和鼓粒期 0~50 cm 的土壤含水量下限值应保持在 50% 以上, 才能保证大豆充足的水分供应。50~100 cm 相对土壤含水量从播后的约 80% 缓慢下降至鼓粒后期的 70%, 100 cm 以下整个生育期变化很小, 始终保持在 80% 以上。苗期干旱处理土壤含水量下限值出现在初花期复水前, 平均为 49.3%,

而同期足水处理的含水率为 59.8%, 说明大豆苗期 50% 的土壤含水率已经造成大豆较明显干旱胁迫, 故苗期土壤水分应在 60% 以上。花期干旱处理使大豆盛花期(8 月 20~31 日)遭受较重的水分胁迫, 0~50 cm 土壤相对含水率从 48.7% 下降至 42%, 50~100 cm 则从 67.5% 下降至 57.5%。鼓粒期干旱处理鼓粒期 0~50 cm 从 53.2% 下降至成熟期的 43.6%, 50~100 cm 则自 69.5% 下降至 64.5%。说明花期和鼓粒期的相对土壤含水率下限值不应低于 50%。

3 结论与讨论

3.1 不同基因型品种冠层发育对水分胁迫的响应

谢甫锦等^[5]研究表明, 初花期和鼓粒期干旱都会造成叶面积变小。结果表明, 生育期不灌水处理显著降低了大豆冠层 LAI, 苗期干旱、花期干旱和鼓粒期干旱处理均降低了大多数品种相应时期的 LAI。但不同品种 LAI 对不同阶段水分胁迫的响应有较大差异, 冀豆 16 对苗期干旱响应迟钝, 表现出较强的苗期抗旱性。五星 3 号对花期及鼓粒期干旱反应迟钝, 表明该品种进入花期后抗旱性较强, 冀豆 15 对鼓粒期干旱反应迟钝, 表现出较强鼓粒期抗旱

性。苗期干旱开花期恢复灌水后冠层 LAI 能够达到正常水平;花期干旱鼓粒期恢复灌水后有的品种冠层 LAI 能够达到正常水平,有的不能达到正常水平;鼓粒期干旱对冠层 LAI 亦有明显影响。因此,针对

不同品种对水分胁迫反应特点,有目的控制阶段供水,对大豆水分高效有重要意义。如冀豆 16 苗期控水蹲苗,对冠层生长影响不大,还可减少耗水量,可作为夏大豆高效栽培的重要措施。

表 4 不同灌水处理土壤相对含水量变化

Table 4 Changes in relative soil water contents for different irrigation treatments/%

灌水 Irrigation	土层 Soil layer/cm	日期 Date m/d								
		6/29	7/17	7/29	8/20	8/31m/d	9/6	9/20	10/2	10/6
NI	0-50	79.5	67.1	44.6	45.6	39.2	28.3	33.3	42.0	42.3
SD		81.9	68.4	49.3	52.0	63.6	49.7	57.6	75.9	74.2
FD		82.0	66.4	65.5	48.7	42.0	72.2	55.2	80.0	74.5
PD		82.0	68.1	61.3	55.8	64.0	53.2	42.6	43.6	43.4
FI		76.8	63.2	52.7	50.6	58.0	46.5	53.8	65.8	70.8
NI	50-100	77.8	75.6	76.5	61.9	59.1	57.3	46.9	57.3	56.4
SD		70.7	75.5	69.9	71.9	72.6	70.3	68.4	78.9	76.1
FD		80.5	76.9	80.2	67.5	57.5	55.9	53.2	66.9	67.5
PD		77.9	78.5	79.2	74.8	74.5	69.5	62.8	64.5	64.1
FI		78.9	76.8	76.7	75.3	74.7	72.0	70.0	75.2	76.2
NI	100-150	54.6	80.3	85.6	82.9	76.4	76.6	66.1	71.9	71.8
SD		57.5	73.0	72.4	80.1	79.1	78.5	74.6	83.3	79.9
FD		63.4	80.6	82.8	82.4	78.1	74.4	69.4	69.5	74.3
PD		70.3	81.9	86.0	86.4	83.5	80.8	76.6	78.7	78.9
FI		65.7	81.1	81.2	83.8	80.8	80.0	76.4	79.4	80.0
NI	150-190	61.0	90.8	89.9	95.0	91.6	89.0	83.8	86.3	84.8
SD		60.7	88.0	86.9	92.6	89.9	88.2	83.7	88.6	87.4
FD		56.1	81.8	78.1	88.2	85.6	81.5	77.3	72.9	82.8
PD		62.8	89.7	91.3	93.2	90.3	88.6	84.4	86.2	86.5
FI		67.3	89.4	89.2	94.3	90.2	89.9	85.2	87.8	88.9

表中数值为品种平均值。 Numbers in the table are means of cultivars.

3.2 夏大豆水分消耗特征

研究表明,随植株生长发育,耗水强度迅速增高,苗期后期至初花期(7月17~7月29日)日耗水强度最高,7月29~8月20日耗水强度下降。随后直到9月6日鼓粒初期,日耗水强度稳定在一较高水平。王美兰等^[2]报道黑龙江春大豆的最大日耗水强度为4.7 mm,出现在开花至结荚期,结果表明,夏大豆最大日耗水强度约为5~6 mm,明显高于春大豆,且出现时期较早。水分消耗与天气状况(太阳辐射、温度、湿度、风速等)有关,也与阶段灌水量及品种的生理特性有关。研究表明,品种之间耗水量存在较大差异,五星3号的耗水量最低,为279.8 mm。其次为冀豆15,比五星3号高9.5 mm。冀豆16比五星3号多耗水15.9 mm。冀豆17耗水量最高,比五星3号多耗水29.6 mm。因此,选用耗水量低的品种是实现节水的重要措施。

3.3 土壤水分消耗特征

结果表明,大豆主要耗水层在0~100 cm,尤其0~50 cm 土层水分状况对大豆的生长发育影响最大,100 cm 以下水分对大豆的有效性很小。因此注意保持0~50 m 土层适宜的土壤水分对保障大豆生

长发育具有重要意义。徐淑琴等^[1]提出春大豆不同阶段土壤水分下限指标为50%~60%,与此结果接近。周勋波等^[7-8]研究表明在黄淮海平原(山东泰安)夏大豆生育期不灌水条件下,土壤受旱层主要出现在0~30 cm,盛花期出现阶段性干旱,0~30 cm 相对土壤含水量约为53%,而30 cm 以下土层水分含量充足平稳,与这一结果相近。

3.4 夏大豆阶段水分耗水量

夏大豆苗期历时40 d左右,耗水比例占33.6%,花期历时30 d左右,耗水比例占38.8%,鼓粒期历时35~40 d,耗水比例为30.4%。徐淑琴等^[1]研究表明,黑龙江春大豆播种至成熟期总需水量为337.9 mm,其中播种至开花期需水比例为22.4%;开花期为18.6%;结荚至鼓粒期为59.3%。研究表明,夏大豆生育期总耗水量与春大豆相近,但不同生育阶段的耗水比例明显不同,与春大豆比较,夏大豆表现出苗期和花期耗水比例显著增高,鼓粒期大幅下降的特点,这一差异主要是夏大豆与春大豆不同生育阶段的气候条件差异造成。

(下转第819页)

参考文献

- [1] 梁晓燕,马岩松,刘鑫磊,等. S. B 技术对大豆品种产量和品质影响效应研究初报[J]. 黑龙江农业科学,2008(2):34-37. (Luan X Y, Ma Y S, Liu X L, et al. Primary research of effect on yield and quality of different soybean varieties by S. B technique [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2008(2):34-37.)
- [2] 王永锋,刘保才,张凤彩,等. S. B 技术在大豆上的应用效果初报[J]. 河南农业科学,2006(6):59-60. (Wang Y F, Liu B C, Zhang C F. Preliminary study on the effects of S. B seed treatment on soybean [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2006(6):59-60.)
- [3] 邓洪书. S. B 技术在大豆超高产栽培中的应用[J]. 内蒙古农业科技,2005(3):55. (Deng H S. Application of S. B technique in super high yield cultivation of soybean [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2005(3):55.)
- [4] 杨玉田. S. B 超高产处理新技术在夏播大豆生产上的应用[J]. 安徽农业科学,2007,35(10):2888,2921. (Yang Y T. Application of new technique of S. B exceed high production in summer soybeans production [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(10):2888,2921)
- [5] 梁瑞凤,张树春,郑贵仁,等. 大豆叶面喷施液肥试验示范研究[J]. 农业系统科学与综合研究. 2001,17(2):145-147. (Liang R F, Zhang S C, Zhang G R, et al. Demonstration test on foliage application of liquid fertilizer in soybean [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2001, 17(2):145-147.)
- [6] 冯丽娟,朱洪德,于洪久,等. 品种、密度、施肥量对高油大豆产量及品质的效应[J]. 大豆科学,2007,26(2):158-162. (Feng L J, Zhu H D, Yu Y J, et al. Effect of variety, density and fertilizer level on the yield and quality of high oil soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(2):158-162.)
- [7] 张文杰,单大鹏,胡国华,等. 叶面施肥对大豆合丰 42 品质和产量的影响[J]. 东北农业大学学报,2007,38(4):433-435. (Zhang W J, Shan D P, Hu G H, et al. Effect of leaf fertilizer on the quality and yield of Hefeng 42 [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2007, 38(4):433-435.)
- [8] 卢思慧,曹金锋,高广居,等. 夏大豆双茎高产栽培技术研究[J]. 河北农业科学,2005,9(1):65-68. (Lu S H, Cao J F, Gao G J. Study on the cultivation techniques for high yield of dualstem summer soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 9(1):65-68.)
- [9] 蔡世舫,任清文,欧红梅. 大豆双茎栽培技术应用研究[J]. 安徽农业科学,2001,29(6):717. (Cai S F, Ren Q W, Ou H M. Study on cultivation techniques of soybean with double-stem [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2001, 29(6):717.)
- [10] 卢思慧,王茹芳,刘秀英. 夏大豆苗期摘心诱导双茎栽培研究初报[J]. 河北农业技术师范学院学报[J]. 1995,9(3):73-76. (Lu S H, Wang R F, Liu X Y. Primary study on the cultivation of dualstems summer soybean derived by pinching in seedling stage [J]. Journal of Hebei Agro-technical Teachers College, 1995, 9(3):73-76.)
- [11] 尚文艳,计博学,苏淑欣,等. 单杆大豆的适宜种植密度与掐尖时期的研究[J]. 承德职业学院学报,2007,3:150-154 (Shang W Y, Ji B X, Su S X, et al. Study on suitable planting density and time of removing growing point of single rod soybean [J]. Journal of Chengde Vocational College, 2007, 3:150-154.)

(上接第 815 页)

参考文献

- [1] 徐淑琴,宋军,吴砚. 大豆需水规律及喷灌模式探讨[J]. 节水灌溉,2003,3:32-34. (Xu S Q, Song J, Wu Y. Analysis on soybean water demand and spraying irrigation model [J]. Water-saving Irrigation, 2003, 3:21-34.)
- [2] 王美兰,白福秋,陈重. 大豆需水规律与增产措施的研究[J]. 黑龙江水利科技,1998(2):9-12. (Wang M L, Bai Q F, Chen Z. Study on water demand and yield promotion measures of soybean [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 1998(2):9-12.)
- [3] 王彦文,王延宇. 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. (Wang Y W, Wang Y Y. Relations of water demand and yield in soybean [J]. Jilin Agricultural Sciences, 1995, 2:29-31.)
- [4] 韩晓增,乔云发,张秋英. 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. The effects of different soil moistures on the yield of soybean [J]. Soybean Science, 2003, 22(4):71-74.)
- [5] 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. (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.)
- [6] 杨鹏辉,李贵全,郭丽. 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. Effects of drought stress on membrane permeability at flower and pod stages of soybean varieties with different drought resistance [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3):127-129.)
- [7] 周勋波,孙淑娟,陈雨海. 夏大豆不同种植方式对土壤水分及水分利用效率的影响[J]. 大豆科学,2008,27(2):247-250. (Zhou X B, Sun S J, Chen Y H. Planting patterns affects soil water and water use efficiency of summer soybean [J]. Soybean Science, 2008, 27(2):247-250.)
- [8] Verkler T L, Brye K R, Gbur E E. Residue management and water delivery effects on season-long surface soil water dynamics in soybean [J]. Soil Science, 2008, 173(7):444-455.
- [9] Elamathi S, Singh S D S. Effect of irrigation and management practices for water use efficiency of soybean [J]. Madras Agricultural Journal, 2001, 87(4):307-310.