

## 不同种子处理对苗期干旱胁迫条件下大豆农艺性状、产量及品质的影响

雍太文,刘小明,肖秀喜,刘文钰,徐 婷,杨 洋,杨文钰

(四川农业大学 农学院/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室,四川 成都 611130)

**摘要:**为选择大豆苗期干旱胁迫条件下适宜的种子处理技术,以南豆 12 为材料,采用盆栽试验法研究在苗期轻度干旱胁迫(A1)、中度干旱胁迫(A2)和正常供水(A3)3种水分处理下,研究种衣剂包衣(B1)、烯效唑干拌种(B2)、根瘤菌拌种(B3)和种子不处理(B4)4种种子处理方式对大豆农艺性状、产量及品质的影响。结果表明:苗期水分胁迫较正常供水处理大豆的株高降低,第1节间长度缩短,茎粗增加,倒3叶叶面积减小,对产量和品质无显著影响。种子处理较不处理显著提高了大豆的产量和品质,以B2处理的大豆单株籽粒、蛋白质和粗脂肪产量最高,其次为B1。在苗期适度干旱胁迫下烯效唑干拌种显著降低了大豆的株高,缩短第1节间长度,增加茎粗和倒3叶叶面积,提高了大豆产量,改善了大豆品质;在轻度干旱胁迫下,烯效唑干拌种的大豆单株籽粒、蛋白质和粗脂肪产量分别比对照提高34.59%、34.85%和28.70%,在中度干旱胁迫下,则分别提高29.36%、31.93%和24.11%。

**关键词:**大豆;干旱胁迫;种子处理;农艺性状;产量;品质

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)05-0620-05

## Effects of Different Seed Treatments on Agronomic Properties, Yield and Quality of Soybean under Drought Stress at Seedling Stage

YONG Tai-wen, LIU Xiao-ming, XIAO Xiu-xi, LIU Wen-yu, XU Ting, YANG Yang, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Southwest, Ministry of Agriculture, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In order to choose out the appropriate seeds treatment under drought stress conditions at soybean seedling stage, a pot cultivation experiment was conducted to explore the influence upon agronomic properties, yields and qualities of soybean (*Glycine max*(L), cv. Nandou 12) with four seed treatments of seed coating (B1), uniconazole powder for dry seed (B2), seed dressing with rhizobium (B3) and normal seed (B4) under slight drought stress (A1), middle drought stress (A2) and normal irrigation (A3). The results showed that drought stress treatments declined plant height, shortened the first inter-node length, increased stem diameter and decreased area of the third leaf from top, but had no significant effect on yield and quality, compared to normal water supply at seedling stage. Compared with non-seed treatment, seed treatments could significantly increase yield and quality of soybean, the values in B2 were the highest, followed by B1. Uniconazole powder for dry seed could significantly reduce plant height, shorten the first inter-node length, increase stem diameter and area of the third leaf from top, in addition, yield and quality were improved as well, under moderate drought stress. Seed, protein and fat yield in B2 were higher than those of B4 by 34.59%, 34.85% and 28.70% under slight drought stress, while, under medium drought stress were 29.36%, 31.93% and 24.11%, respectively.

**Key words:** Soybean; Drought stress; Seed treatment; Agronomic properties; Yield; Quality

间套种植是我国传统精耕细作农业的精华,它能够充分利用光能、热量、水分以及土地资源,提高肥料利用效率,提高作物产量和品质,对于缓解资源、环境、人口矛盾,保证粮食供需平衡和维持农业可持续发展具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。近年来,玉米-大豆带状复合种植模式在我国西南地区迅速发展,种植面积逐年增加,具有十分明显的经济、社会和生态效益<sup>[3]</sup>。然而,该地区的大豆生产在播种时常遇到季节性干旱,加之苗期荫蔽少光,生长后期又高温多雨,导致植株纤细瘦弱,生长过旺,容易倒伏,使大豆产量和品质下降。研究表明,前期种子处理和喷施烯效唑是解决此问题的有效途径。龚万灼等<sup>[4]</sup>研究发现,3.2 mg·kg<sup>-1</sup>浓度的烯效唑干拌种能够降低大豆株高,增加茎粗,缩

短主茎长,增加叶片和分枝数量,提高叶片叶绿素含量、叶面积指数和干物质积累,达到增加单株有效荚数和提高产量的目的。闫艳红等<sup>[5-6]</sup>研究表明,4 mg·kg<sup>-1</sup>的烯效唑干拌种能够改善套作大豆苗期生长状况,提高耐荫抗逆能力,有利于套作大豆后期的营养生长和生殖生长;分枝期喷施75 mg·kg<sup>-1</sup>的烯效唑最有利于产量形成以及蛋白质和粗脂肪的积累。李宝华<sup>[7]</sup>研究发现,应用种衣剂可以使大豆增产11.9%以上,并增加脂肪和蛋白质总含量。汤复跃等<sup>[8]</sup>研究表明,广西不同试点的大豆品种接种根瘤菌后,其产量均较未接种时增产1.06%~8.74%。闫艳红等<sup>[9]</sup>研究了烯效唑浸种对大豆苗期的抗旱性影响,结果表明适宜浓度的烯效唑浸种可改善套作大豆

收稿日期:2013-04-11

基金项目:现代农业产业技术体系专项(CARS-04-PS19);公益性行业(农业)科研专项(201203096)。

第一作者简介:雍太文(1976-),男,副教授,主要从事间套作大豆高产生理和营养生态方面的研究。E-mail: yongtaiwen@sicau.edu.cn。

苗期生长,提高抗旱能力。但是关于种子处理和干旱胁迫对大豆产量和品质的互作影响还鲜见报道。为此,通过盆栽试验研究苗期不同水分处理下不同种子处理方式对大豆农艺性状、产量及品质的影响,以期选择出苗期适度干旱胁迫条件下适宜的种子处理技术,为西南地区季节性干旱条件下大豆种衣剂的生产应用提供理论基础和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试大豆品种为南豆 12,由南充市农科所提供;烯效唑为江苏建湖农药厂生产的 5% 可湿性粉剂;种衣剂为烯效唑与多菌灵按 1:1 混合而成的复配药剂,由四川农业大学农学院提供;根瘤菌由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所提供。土壤采自四川省雅安市多营镇 0~20 cm 的表层土,含有有机质  $8.96 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮  $1.21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮  $62.35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷  $0.61 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷  $25.34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾  $11.44 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  和速效钾  $65.70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , pH6.55。

### 1.2 试验设计

试验于 2011 年 6~10 月在四川农业大学教学农场干旱棚内进行。盆栽试验采用二因素完全随机设计,A 因素为干旱胁迫程度,A1:轻度干旱胁迫(土壤含水量为田间持水率的 60%~65%),A2:中度干旱胁迫(土壤含水量为田间持水率的 50%~55%),A3:正常供水(土壤含水量为田间持水率的 75%~80%);B 因素为种子处理,B1:种衣剂包衣( $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),B2:烯效唑干拌种( $1.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),B3:根瘤菌拌种,以种子不处理(B4)为对照。每个处理重复 3 次。采用称重法控制土壤含水量,使用感量为 1.0 g 的 DY20K 型电子天平,每天 17:30 称重灌水,使各处理稳定在设计土壤含水量范围内。干旱胁迫从播种开始,于大豆 3 叶期恢复至正常水分供应。试验用盆钵直径 34 cm,高 55 cm,风干土壤过 2 mm 筛后每盆装土 15 kg。施肥量为 N  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$   $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。6 月 5 日,每盆均匀播种大豆 3 穴,出苗后每穴留苗 3 株。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状调查 于 3 叶期、分枝期、初花期和结荚期调查株高、茎粗、倒 3 叶叶面积及第 1 节间长度。叶面积采用长宽系数法<sup>[10]</sup>测定。

1.3.2 产量及其构成因素测定 于成熟期收获大豆,测定单株荚数、每荚粒数、百粒重及单株产量。

1.3.3 品质测定 采用凯氏定氮法测定籽粒的总氮含量<sup>[11]</sup>,并计算籽粒蛋白质产量,蛋白质产量 = 蛋白质含量  $\times$  单株产量<sup>[12]</sup>;采用残重法测定籽粒中粗脂肪含量,并计算籽粒粗脂肪产量,粗脂肪产量 = 粗脂肪含量  $\times$  单株产量<sup>[13]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS7.05 进行数据处理和统计分析,并用 LSD 法进行差异显著性测验,显著性水平设定为  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状

2.1.1 株高 由表 1 可知,干旱胁迫和种子处理对大豆的株高有显著影响。轻度和中度干旱胁迫下大豆的平均株高均低于正常供水处理。在不同水分处理下,各时期大豆株高在各种子处理之间的变化趋势一致,均表现为  $B2 < B1 < B3 < B4$ ;其中,B3 与 B4 之间差异不显著,B1、B2 显著低于 B4。以 B2 处理对分枝期的效应最好,A1、A2 和 A3 处理下,B2 的大豆株高分别比 B4 降低 59.57%、61.45% 和 62.02%。

2.1.2 茎粗 干旱胁迫和种子处理影响了大豆的茎粗(表 2)。轻度和中度干旱胁迫下大豆的平均茎粗均高于正常供水处理,但差异未达到显著水平。在不同水分处理下,各时期大豆的茎粗在各种子处理之间的变化趋势一致,表现为  $B2 > B1 > B3 > B4$ 。其中,B3 与 B4 之间差异不显著,B1、B2 显著高于 B4。以 B2 处理对分枝期的增粗作用最为显著,A1、A2 和 A3 处理下,B2 的大豆茎粗分别比 B4 增加 39.74%、40.32% 和 40.70%。

表 1 水分胁迫和种子处理对大豆株高的影响

Table 1 Effect of water stress and seed treatment on plant height of soybean(cm)

处理 Treatments	3 叶期 Three leaf stage				分枝期 Branching stage				初花期 Flowering stage				结荚期 Podding stage			
	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean
B1	8.99 b	8.91 b	9.35 b	9.08 b	20.83 b	19.93 b	23.47 b	21.41 b	31.73 b	31.23 b	33.77 b	32.24 b	42.77 b	43.67 b	45.93 b	44.12 b
B2	8.39 b	8.36 b	8.99 b	8.58 c	15.97 c	15.53 c	15.37 c	15.62 c	28.37 b	28.30 b	28.57 c	28.41 c	37.77 b	37.20 c	40.00 c	38.32 c
B3	14.45 a	14.17 a	15.40 a	14.67 a	37.17 a	38.70 a	40.83 a	38.90 a	47.10 a	46.40 a	49.30 a	47.60 a	56.87 a	56.27 a	57.03 a	56.72 a
B4	14.61 a	14.38 a	15.75 a	14.91 a	39.50 a	39.87 a	41.13 a	40.17 a	49.73 a	48.93 a	50.30 a	49.66 a	58.53 a	56.00 a	59.27 a	57.93 a
平均 Mean	11.61 b	11.46 b	12.37 a	-	28.37 b	28.51 b	30.20 a	-	39.23 a	38.72 a	40.48 a	-	48.98 a	48.28 a	50.56 a	

表中数据为 3 次重复的平均值;同一列中标以不同字母的数值差异达 5% 显著水平。下同。

Data are the averages of three replicates. Values followed by a different letter within each column are significantly different at 0.05 probability level. The same below.

表2 干旱胁迫和种子处理对大豆茎粗的影响

Table 2 Effect of drought stress and seed treatment on stem diameter of soybean (mm)

处理 Treatments	分枝期 Branching stage				初花期 Flowering stage				结荚期 Podding stage			
	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean
B1	4.69 b	4.59 b	4.51 b	4.60 b	8.04 ab	8.03 ab	8.01 ab	8.03 b	9.83 ab	10.07 a	9.80 ab	9.90 b
B2	5.31 a	5.29 a	5.22 a	5.27 a	8.66 a	8.52 a	8.49 a	8.56 a	10.26 a	10.28 a	10.22 a	10.25 a
B3	3.82 c	3.78 c	3.73 c	3.78 c	7.71 b	7.59 b	7.55 b	7.62 c	9.40 b	9.38 b	9.37 b	9.38 bc
B4	3.80 c	3.77 c	3.71 c	3.75 c	7.76 b	7.53 b	7.49 b	7.59 c	9.36 b	9.30 b	9.29 b	9.32 c
平均 Mean	4.41 a	4.36 a	4.29 a	-	8.04 a	7.92 a	7.89 a	-	9.71 a	9.76 a	9.67 a	-

2.1.3 第1节间长度 由表3可知,轻度和中度干旱胁迫下大豆的第1节间平均长度均低于正常供水处理,但差异不显著。在不同水分处理下,大豆的第1节间长度在各种子处理之间的变化规律相似,均表现为B3与B4之间差异不显著,B1、B2显著低

于B4。从处理的不同时期效果来看,以B2处理分枝期的第1节间长度缩短效果较好,A1、A2和A3处理下,B2处理的大豆第1节间长度分别比B4降低40.03%、39.86%和40.27%。

表3 干旱胁迫和种子处理对大豆第1节间长度的影响

Table 3 Effect of drought stress and seed treatment on the first inter-node length of soybean (cm)

处理 Treatments	分枝期 Branching stage				初花期 Flowering stage				结荚期 Podding stage			
	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean
B1	5.17 b	5.15 b	5.23 b	5.18 b	5.57 b	5.50 b	5.77 b	5.61 b	5.76 b	5.72 b	5.77 b	5.75 b
B2	4.27 c	4.24 c	4.36 c	4.29 c	5.00 b	4.88 b	5.04 b	4.97 c	5.36 b	5.34 b	5.31 b	5.34 c
B3	7.01 a	6.95 a	7.20 a	7.05 a	7.90 a	7.88 a	7.97 a	7.92 a	8.12 a	8.03 a	8.31 a	8.15 a
B4	7.12 a	7.05 a	7.30 a	7.16 a	7.96 a	7.98 a	8.20 a	8.05 a	8.50 a	8.34 a	8.57 a	8.47 a
平均 Mean	5.89 a	5.85 a	6.02 a	-	6.61 a	6.56 a	6.75 a	-	6.93 a	6.86 a	6.99 a	-

2.1.4 倒3叶叶面积 轻度和中度干旱胁迫下大豆的倒3叶平均叶面积均低于正常供水处理(表4),其中轻度和中度干旱胁迫分枝期叶面积显著低于正常供水处理,分别低12.07%和15.36%。在不同水分处理下,大豆的倒3叶叶面积在各种子处理

之间的变化规律相似,表现为B3与B4之间差异不显著,B2高于B1,显著高于B4。以B2处理对结荚期的作用效果最佳,A1、A2和A3处理下,B2处理的大豆倒3叶叶面积较B4分别增加43.08%、40.86%和42.15%。

表4 干旱胁迫和种子处理对大豆倒3叶叶面积的影响

Table 4 Effect of drought stress and seed treatment on area of the third leaf from top of soybean (cm<sup>2</sup>)

处理 Treatments	分枝期 Branching stage				初花期 Flowering stage				结荚期 Podding stage			
	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean	A1	A2	A3	平均 Mean
B1	129.47 a	127.08 a	145.11 ab	133.88 a	171.49 b	175.93 b	177.74 b	175.05 b	179.39 b	183.55 b	184.06 b	182.33 b
B2	131.07 a	130.72 a	148.66 a	136.82 a	208.85 a	203.05 a	212.02 a	207.97 a	228.00 a	227.75 a	231.17 a	228.97 a
B3	115.75 b	109.03 b	132.33 c	119.04 b	155.08 b	156.55 bc	159.17 bc	156.94 c	162.43 b	166.60 b	164.61 b	164.55 c
B4	116.04 b	107.08 b	133.81 bc	118.98 b	158.42 b	155.51 c	157.43 c	157.12 c	159.35 b	161.69 b	162.62 b	161.22 c
平均 Mean	123.08 b	118.48 b	139.98 a	-	173.46 a	172.76 a	176.59 a	-	182.29 a	184.90 a	185.62 a	-

## 2.2 产量及构成因素

2.2.1 单株产量 由表5可知,3种水分处理之间大豆的平均单株产量无显著差异。在不同水分处理下,大豆的单株产量在不同种子处理之间变化规律一致,均表现为B2>B1>B3>B4,其中B3与B4之间差异不显著,B1、B2显著高于B4。A1、A2和A3处理下,B2大豆单株产量分别比B4增加34.59%、29.36%和33.96%。

2.2.2 单株荚数 大豆单株荚数的变化规律与单株产量一致(表5)。3种水分处理之间大豆的平均单株荚数差异不显著。不同水分处理下,大豆的单株荚数在各种子处理之间的变化规律均表现为B2>B1>B3

>B4,其中B3与B4之间差异不显著,B1、B2显著高于B4。A1、A2和A3处理下,B2的大豆单株荚数分别比B4增加35.03%、26.08%和32.18%。

2.2.3 每荚粒数 由表5可知,轻度和中度干旱胁迫大豆的平均每荚粒数均高于正常水分处理,其中中度干旱胁迫显著高于正常水分处理。在不同水分处理下,种子处理的大豆每荚粒数均低于种子不处理,其中A1处理下,B2处理的大豆每荚粒数较B4显著降低4.23%。

2.2.4 百粒重 百粒重的变化规律与每荚粒数相反(表5)。轻度和中度干旱胁迫的平均百粒重差异不显著,且均显著低于正常供水处理。在不同水分

处理下,种子处理后的大豆百粒重均高于种子不处理,其中,A1、A2和A3处理下,B2处理的大豆百粒重分别较B4显著提高4.20%、5.96%和5.53%。

表5 水分胁迫和种子处理对大豆产量及构成因素的影响

Table 5 Effect of water stress and seed treatment on yield and its components of soybean

处理 Treatments	单株产量 Yield per plant/g				单株荚数 Pods per plant				每荚粒数 Seeds per pod				百粒重 100-seed weight/g			
	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean
B1	6.78 a	6.55 a	6.60 a	6.64 a	25.28 a	24.20 a	24.58 a	24.69 a	1.37 ab	1.39 a	1.36 a	1.37 bc	19.53 ab	19.45 bc	19.77 b	19.58 b
B2	7.16 a	6.83 a	7.10 a	7.03 a	26.52 a	24.61 a	25.88 a	25.67 a	1.36 b	1.38 a	1.34 a	1.36 c	19.85 a	20.09 a	20.42 a	20.12 a
B3	5.44 b	5.42 b	5.53 b	5.47 b	20.30 b	19.70 b	20.10 b	20.03 b	1.40 ab	1.41 a	1.39 a	1.40 ab	19.10 b	19.50 b	19.84 b	19.48 b
B4	5.32 b	5.28 b	5.30 b	5.30 b	19.64 b	19.52 b	19.58 b	19.58 b	1.42 a	1.43 a	1.40 a	1.41 a	19.05 b	18.96 c	19.35 b	19.12 c
平均Mean	6.18 a	6.02 a	6.13 a	-	22.93 a	22.01 a	22.54 a	-	1.39 ab	1.40 a	1.37 b	-	19.38 b	19.50 b	19.84 a	-

### 2.3 籽粒品质

2.3.1 蛋白质含量与产量 由表6可知,3种水分处理之间大豆的平均籽粒蛋白质含量和平均单株籽粒蛋白质产量均无显著差异。在不同水分处理下,种子处理后籽粒蛋白质含量高于种子不处理,其中A2处理下,B1较B4显著提高2.77%。单株籽粒蛋白质产量与单株籽粒产量变化规律一致。在不同水分处理下,各种子处理之间的变化规律均表现为B2 > B1 > B3 > B4,其中B3与B4之间差异不显著,B1、B2显著高于B4。A1、A2和A3处理下,B2的大豆单株籽粒蛋白质产量比B4分别增加34.85%、31.93%和34.73%。

2.3.2 粗脂肪含量与产量 3种水分处理之间大豆的平均籽粒粗脂肪含量和平均单株籽粒粗脂肪产量均无显著差异(表6)。对于籽粒粗脂肪含量,在不同水分处理下,种子处理均低于不处理,其中A1和A2处理下,B1的籽粒粗脂肪含量分别较B4显著降低7.16%和7.59%。单株籽粒粗脂肪产量与单株籽粒产量变化规律相似。在不同水分处理下,各种子处理之间的变化规律均表现为B2 > B1 > B3 > B4,其中B3与B4之间差异不显著,B1、B2显著高于B4。A1、A2和A3处理下,B2的大豆单株籽粒粗脂肪产量比B4分别增加28.70%、24.11%和30.97%。

表6 干旱胁迫和种子处理对大豆籽粒品质的影响

Table 6 Effect of drought stress and seed treatment on seed quality of soybean

处理 Treatments	蛋白质含量 Protein content/%				蛋白质产量 Protein yield/g·plant <sup>-1</sup>				粗脂肪含量 Fat content/%				粗脂肪产量 Fat yield/g·plant <sup>-1</sup>			
	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean	A1	A2	A3	平均Mean
B1	45.83 a	46.35 a	45.73 a	45.97 a	3.11 a	3.04 a	3.02 a	3.05 a	20.10 b	19.60 b	20.85 a	20.18 b	1.36 a	1.28 ab	1.38 a	1.34 b
B2	45.48 a	45.98 ab	45.31 a	45.59 ab	3.25 a	3.14 a	3.22 a	3.20 a	20.72 ab	20.36 ab	20.78 a	20.62 b	1.48 a	1.39 a	1.48 a	1.45 a
B3	45.60 a	45.92 ab	45.67 a	45.73 ab	2.48 b	2.49 b	2.53 b	2.50 b	21.60 a	21.18 a	21.27 a	21.35 a	1.18 b	1.15 bc	1.18 b	1.17 c
B4	45.33 a	45.10 b	45.17 a	45.20 b	2.41 b	2.38 b	2.39 b	2.40 b	21.65 a	21.21 a	21.30 a	21.39 a	1.15 b	1.12 c	1.13 b	1.13 c
平均Mean	45.56 a	45.84 a	45.47 a	-	2.81 a	2.76 a	2.79 a	-	21.02 a	20.59 a	21.05 a	-	1.29 a	1.24 a	1.29 a	-

## 3 结论与讨论

苗期健壮生长是大豆生殖生长和产量品质形成的基础。苗期一定程度的干旱胁迫,有利于大豆构建合理的器官平衡和株型形态,对于保证产量及提高品质具有重要作用。白伟等<sup>[14]</sup>研究表明,苗期中度干旱胁迫下,大豆的叶片、叶柄、茎秆、荚皮的干物质重比例减小,而籽粒的干物质重比例增大,通过调节植株形态改善源-库关系,提高了大豆的经济系数及经济产量,但就籽粒产量而言,正常供水与中度干旱胁迫差异并不显著。本研究中,与正常供水处理比较,苗期轻度和中度干旱胁迫处理改善了大豆植株农艺性状,表现为株高降低、茎粗增加、第1节间长度缩短以及倒3叶叶面积减小,以致大豆荚粒数提高,百粒重降低,确保了器官平衡。

烯效唑是近几年发展起来的一种新型植物生长调节剂,具有高效、低毒、生态等特点。它能够抑制植株纵向生长,促进横向生长,延缓地上部生长,促进地下部生长,因此被广泛研究和应用于小麦<sup>[15]</sup>、玉米<sup>[16]</sup>、水稻<sup>[17]</sup>、油菜<sup>[18]</sup>等主要农作物生产上。如烯效唑干拌种能够增加小麦有效穗数、穗粒数以及千粒重,提高不同品种、播期、密度和施氮量下小麦的产量<sup>[15]</sup>。对于大豆,众多学者研究<sup>[4,5,9,19-20]</sup>均表明,利用烯效唑处理大豆种子能够延缓大豆苗期地上部生长,提高苗期的耐荫抗旱能力,而对其生长后期又有一定的补偿效应,最终促进了大豆产量的提高。本研究表明,无论干旱胁迫与否,与种子不处理比较,烯效唑干拌种和种衣剂包衣处理均能显著提高大豆的单株籽粒产量,尤其是烯效唑干拌种处理的增产效应更加显著。说明在干旱条件下对大豆进行烯效唑干拌种不仅是一

项抗旱措施,也是一种比较好的增产技术。进一步分析烯效唑干拌种处理的增产原因发现,一方面,烯效唑干拌种改善了大豆的农艺性状,适度干旱胁迫下,与种子不处理比较,烯效唑干拌种处理显著降低了大豆株高,增加了茎粗,缩短了第一节间长度,构建了稳健的株型形态,平衡了营养生长与生殖生长,起到了控旺防倒伏的作用,而叶面积的增加又为光合产物的积累创造了条件,这些性状的变化为大豆产量提高奠定了良好基础;另一方面,烯效唑干拌种改变了大豆的产量构成因素,适度干旱胁迫下,与种子不处理比较,烯效唑干拌种处理的荚粒数虽略有降低,但单株荚数和百粒重显著提高,为单株籽粒产量的提高发挥了直接作用。

本研究中,相对于种子不处理,种衣剂包衣、烯效唑干拌种和根瘤菌拌种处理的大豆籽粒蛋白质含量呈增加趋势,而籽粒粗脂肪含量则呈降低趋势,与蛋白质和油分含量在形成过程中呈负相关关系表现一致<sup>[21]</sup>。在适度干旱胁迫下,由于烯效唑干拌种处理显著提高了大豆单株籽粒产量,使其大豆单株籽粒蛋白质产量和粗脂肪产量也显著提高。

## 参考文献

- [1] Spiertz J H J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security: a review[J]. *Sustainable Agriculture*, 2009, 6: 635-651.
- [2] Ngwiraa A R, Aunea J B, Mkwindab S. On farm evaluation of yield and economic benefit farm of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi[J]. *Field Crops Research*, 2012, 132: 149-157.
- [3] 杨文钰, 雍太文, 任万军, 等. 发展套作大豆, 振兴大豆产业[J]. *大豆科学*, 2008, 27(1): 1-7. (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Develop relay-sowing soybean, revitalize soybean industry[J]. *Soybean Science*, 2008, 27(1): 1-7.)
- [4] 龚万灼, 张正翼, 杨文钰, 等. 烯效唑干拌种对大豆形态特征和产量的影响[J]. *大豆科学*, 2007, 26(3): 369-376. (Gong W Z, Zhang Z Y, Yang W Y, et al. Effect of uniconazole for dry seed treatment on morphological characteristics and yield of soybean[J]. *Soybean Science*, 2007, 26(3): 369-376.)
- [5] 闫艳红, 杨文钰, 张新全, 等. 套作遮荫条件下烯效唑对大豆壮苗机理的研究[J]. *中国油料作物学报*, 2011, 33(3): 259-264. (Yan Y H, Yang W Y, Zhang X Q, et al. Improve soybean seedling growth by uniconazole under shading by corn in relay strip intercropping system[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2011, 33(3): 259-264.)
- [6] 闫艳红, 杨文钰, 张静, 等. 叶面喷施烯效唑对大豆产量及品质的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(4): 251-254. (Yan Y H, Yang W Y, Zhang J, et al. Effect of spraying uniconazole on soybean yield and quality[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(4): 251-254.)
- [7] 李宝华. 种衣剂对大豆产量及品质的影响[J]. *大豆科学*, 2003, 22(3): 234-235. (Li B H. Effect on seed coating to soybean yield and quality[J]. *Soybean Science*, 2003, 22(3): 234-235.)
- [8] 汤复跃, 梁江, 曾维英, 等. 大豆接种根瘤菌种植效果研究[J]. *南方农业学报*, 2011, 42(10): 1199-1201. (Tang F Y, Liang J, Zeng W Y, et al. Effect of rhizobium inoculation on the growth and yield of soybean varieties[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2011, 42(10): 1199-1201.)
- [9] 闫艳红, 李波, 杨文钰. 烯效唑浸种对大豆苗期抗旱性的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2009, 31(4): 480-485. (Yan Y H, Li B, Yang W Y. Effects of uniconazole soaking on drought tolerance of soybean seedling[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2009, 31(4): 480-485.)
- [10] 郁进元, 何岩, 赵忠福, 等. 长宽法测定作物叶面积的校正系数研究[J]. *江苏农业科学*, 2007(2): 37-39. (Yu J Y, He Y, Zhao Z F, et al. Correcting coefficient of leaf area by menstruation of the leaf length and width[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2007(2): 37-39.)
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987: 191-203. (Bao S D. Analysis methods for soil and agrochemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1987: 191-203.)
- [12] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 55. (He Z F. Cereals, oils and grain quality and its analysis technique[M]. Beijing: Agriculture Press, 1985: 55.)
- [13] 熊庆娥. 植物生理实验教程[M]. 成都: 四川科技出版社, 2003: 86-87. (Xiong Q E. Plant physiology experiment tutorial[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2003: 86-87.)
- [14] 白伟, 孙占祥, 刘晓晨, 等. 苗期水分胁迫对大豆器官平衡和产量的影响[J]. *大豆科学*, 2009, 28(1): 59-62. (Bai W, Sun Z X, Liu X C, et al. Effect of water stress at seedling on organ equilibrium and yield of soybean[J]. *Soybean Science*, 2009, 28(1): 59-62.)
- [15] 杨文钰, 于振文, 余松烈, 等. 烯效唑干拌种对小麦的增产作用[J]. *作物学报*, 2004, 30(5): 502-506. (Yang W Y, Yu Z W, Yu S L, et al. Effects of uniconazole waterless dressing seed on yield of wheat[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(5): 502-506.)
- [16] Abdel-Gawad M H, El-Batal M A. Response of maize productivity to growth retardant "uniconazole" under high nitrogen fertilization and plant density[J]. *Annals of Agricultural Science Moshtohor*, 1996, 34(2): 429-440.
- [17] Sawada H, Shim I S, Usui K. Induction of benzoic acid 2-hydroxylase and salicylic acid biosynthesis - modulation by salt stress in rice seedlings[J]. *Plant Science*, 2006, 171(2): 263-270.
- [18] Qiu J, Wang R M, Yan J Z, et al. Seed film coating with uniconazole improves rape seedling growth in relation to physiological changes under waterlogging stress[J]. *Plant Growth Regulation*, 2005, 47(1): 75-81.
- [19] Zhang M C, Duan L S, Tian X L, et al. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2007, 164(6): 709-717.
- [20] Yan Y H, Gong W Z, Yang W Y, et al. Seed treatment with uniconazole powder improves soybean seedling growth under shading by corn in relay strip intercropping system[J]. *Plant Production Science*, 2010, 13(4): 367-374.
- [21] 杨文钰, 屠乃美. 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 241. (Yang W Y, Tu N M. The theory of crop cultivation[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 24.)