



葛欣,任慧林,陈训琦,等. BR 与 DA-6 复配  $S_{3307}$  拌种对苗期干旱胁迫下大豆生长和产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(12):38-43, 48.

# BR 与 DA-6 复配 $S_{3307}$ 拌种对苗期干旱胁迫下大豆生长和产量的影响

葛欣,任慧林,陈训琦,林楠,吴天一,金喜军

(黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆163319)

**摘要:**为了减少干旱胁迫对大豆生产造成的损失,为大豆抗旱生产提供参考,本研究选用黑河43为供试品种,在玻璃防雨棚内通过称重法模拟干旱胁迫,研究了BR与DA-6复配 $S_{3307}$ 拌种对苗期干旱胁迫下大豆幼苗形态、抗氧化酶活性、光合作用以及收获期产量的影响。结果表明,与干旱胁迫相比,不同浓度BR与DA-6复配 $S_{3307}$ 处理均可在一定程度上改善大豆幼苗生长,其中T3( $0.28\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的BR复配 $2.50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $S_{3307}$ )和T7( $30.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的DA-6复配 $2.50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $S_{3307}$ )处理在提高大豆幼苗生物量等方面效果显著;各复配处理均可提高控水后第10天和第20天大豆幼苗抗氧化酶活性,并且T3和T7处理的促进效果最显著;T3和T7处理可显著提高控水后第10天大豆幼苗 $Pn$ 和 $G_s$ ,提高幅度分别为26.04%和14.59%,以及11.96%和14.71%,其他复配处理的改善作用均未达到显著水平;T5( $30.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的DA-6)、T3和T7处理产量显著高于对照,增产率分别为14.87%、18.55%和27.70%;各处理对蛋白质和脂肪含量的影响不显著,甚至个别处理显著降低了脂肪含量。综合分析认为,T3和T7处理可显著提高干旱胁迫下达到幼苗抗旱能力、改善光合作用、促进幼苗生长,并可显著提高大豆产量,可在实际生产中进一步验证其减灾增产效果。

**关键词:**BR与DA-6; $S_{3307}$ ;大豆;干旱胁迫

黑龙江省作为我国大豆主产区,为满足我国优质食用油和蛋白需求做出了重要贡献。干旱胁迫是限制全球作物产量最主要的非生物胁迫之一,温室效应将进一步加剧干旱胁迫对粮食生产的不利影响。在此背景下,作为典型雨养农业的黑龙江省,在灌溉设施缺乏、其他灌溉方式如喷灌等大规模应用成本高、可持续利用水源有限的情况下,采用经济、简便、有效的激素处理方式提高大豆自身抗旱能力,可在一定程度上减轻干旱胁迫的不利影响,达到稳产、高产目的。

作物产量的形成由基因型和生长环境两因素共同决定,大豆产量潜力需在较为适宜的条件下才能发挥出来,只有采取一系列栽培措施为大豆生长发育提供良好的土壤、温、湿、肥等条件,才能避免或减少病虫害的不利影响。然而,在传统栽培手段无法解决外部水分供应缺乏问题时,可通过化控手段在一定程度上增强作物内在抗旱能力。事实上,自

20世纪30年代乙烯被用于诱导菠萝开花和果实形成开始<sup>[1]</sup>,化学调控技术已经成为农业生产不可或缺的技术之一,其在提高作物抗逆能力方面也较传统技术更简单易行、见效快、成本低。研究表明,外源施用 $S_{3307}$ 、DA-6和BR均可促进大豆提高抗逆能力,从而提高产量。喷施 $S_{3307}$ 可提高夏大豆植株抗倒伏能力,促进分枝数量增加和产量提高<sup>[2]</sup>;  $S_{3307}$ 浸种可促进大豆幼苗根系发育,进而提高大豆幼苗抗旱能力<sup>[3]</sup>;叶面喷施 $S_{3307}$ 同样可以提高大豆抗旱能力,促进干物质积累<sup>[4]</sup>。DA-6可通过上调编码转化酶基因的表达,促进种子中内含物向糖的转化,进而促进老化大豆种子萌发<sup>[5]</sup>;叶面喷施DA-6可通过提高叶绿素含量、改善光合速率和气孔导度增强大豆光合能力<sup>[6]</sup>;DA-6浸种也可提高干旱胁迫下大豆抗氧化酶活性,降低MDA含量。外源BR同样对大豆生长和产量起促进作用,喷施BR可促进夏大豆营养生长、提高光合能力和产量<sup>[7]</sup>,并提高根瘤数量、生物量和固氮能力<sup>[8]</sup>;BR浸种可促进大豆侧根数量的增加<sup>[9]</sup>,对于培育壮苗有积极作用。

$S_{3307}$ 属于植物生长延缓剂,其在提高作物抗逆能力方面表现较为突出,但其种子处理效果与浓度和温度存在密切关系<sup>[10]</sup>,在实际生产中存在一定风险。作为生长促进剂的DA-6和 $S_{3307}$ 应用效果较稳定,安全性好。前期预备试验表明BR和DA-6的浸

收稿日期:2022-08-13

基金项目:黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目(2021ZXJ05B011);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系”(CARS-04-PS18);农业农村部大豆机械化生产重点实验室资助项目。

第一作者:葛欣(1994—),男,硕士研究生,从事大豆化学调控方向研究。E-mail:3130683600@qq.com。

通信作者:金喜军(1979—),男,博士,副教授,硕导,从事大豆栽培技术研究。E-mail:shaoxiag1979@163.com。

种浓度分别为0.28 mg·L<sup>-1</sup>和 30.00 mg·L<sup>-1</sup>拌种可显著促进大豆幼苗生长,在此基础上,本研究将固定浓度的 BR 和 DA-6 与不同浓度 S<sub>3307</sub> 复配后拌种,研究不同复配方案对苗期大豆抗旱能力和光合作用的影响,以期筛选出最佳复配方案,为进一步用于实际生产提高大豆产量提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

所选供试品种为黑河 43,由黑龙江省农业科学院黑河分院提供。

24-表芸苔素内酯(BR)有效成分 0.01%,水剂,购自浙江世佳科技股份有限公司;腰鲜脂(DA-6)有效成分 5.00%,水剂,购自河南广农农药厂;烯效唑(S<sub>3307</sub>)有效成分 5.00%,可湿性粉剂,购自湖北博蓝化工有限公司;成膜剂用量 2.00%购自南京杉湖化学有限公司。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验于 2019 年在国家杂粮工程技术研究中心玻璃防雨棚内进行,采用盆栽方式培养大豆材料。盆栽所用塑料桶高 0.28 m,直径 0.25 m,桶底钻 6 个直径 1 cm 小孔防止积水,并在桶底铺 3 层纱网防止根系长出桶外。为了在一定程度上减小上、下层培养基质的水分含量差异,本研究将黑钙土、珍珠岩和蛭石按照体积比 12:1:3 将三者均匀混合,基质 pH7.20,基础肥力为有机质 19.63 g·kg<sup>-1</sup>,

全氮 0.65 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷 52.6 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 182 mg·kg<sup>-1</sup>。每盆装混合基质均为 16.5 kg,并于播种前 1 d 用自来水将盆内基质浇透。注意淋浇过程中保持盆内土壤表面平整,避免出现坑洼凹陷。大豆种子经氯气消毒(按照次氯:浓盐酸为 96:4 的比例将二者混合,在密闭容器内消毒 10 h)后,按照不同处理将种子与混有成膜剂的相应药剂混拌(药种比为 1:40),完成药剂拌种过程。每盆播种 9 粒,均匀排在桶内土壤表面,再覆盖 1.5 kg 干土。真叶期定苗,每盆保苗 4 株。

自播种开始至 V2 期,采用称重法维持土壤含水量为田间持水量的 80%。自 V2 期开始记为第 0 天,所有盆栽材料均开始停止供水,直至土壤含水量达到田间持水量的 45%,而后一直维持此含水量至第 25 天恢复供水,直至收获。

本研究选择不同浓度 S<sub>3307</sub> 分别与一定浓度的 BR 和 DA-6 复配拌种大豆种子,以期充分利用上述化控剂可促进作物抗旱能力提高的作用,同时促进大豆生长,并避免高浓度 S<sub>3307</sub> 可能对大豆萌发和幼苗生长的负面效应。

试验选用 S<sub>3307</sub> 和 BR 和 DA-6 复配,设置不同复配药剂的 8 个处理,具体药剂处理浓度见表 1,其中对照拌种药剂溶液中仅含等浓度成膜剂,无其他成分。

表 1 药剂复混浓度									单位:mg·L <sup>-1</sup>
药剂	CK	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
BR	0	0.28	0.28	0.28	0.28	0	0	0	0
DA-6	0	0	0	0	0	30.00	30.00	30.00	30.00
S <sub>3307</sub>	0	0	0.50	2.50	5.00	0	0.50	2.50	5.00

1.2.2 测定项目及方法 形态指标的测定:于控水后 25 d 进行形态指标测定,株高和根长采用直尺测量;茎粗采用游标卡尺测量;节数通过数数法;叶面积采用 Yanyu-1241 叶面积仪测量。

生物量积累的测定:控水后 25 d,将大豆幼苗在子叶痕处剪断,全株分解为根、茎、叶用于测定形态指标,并在 105 ℃下杀青 0.5 h 后将烘箱温度调至 80 ℃继续烘干至恒重,分解的样品在烘干前先用天平称量鲜重。

光合参数和抗氧化酶的测定:分别于控水后 10 和 20 d 测定光合参数,同时取成熟叶片放入离心管中,并放入液氮中冷冻后转入超低温保存用

于后续酶活性测定。

光合作用相关指标:净光合速率(*Pn*)、叶片气孔导度(*Gs*)、蒸腾速率(*Tr*)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(*Ci*)的测定采用 Li-6400 (LiCor, Huntington Beach, CA, USA)光合仪测定。

抗氧化酶:SOD、POD、CAT 和 APX 活性采用比色法测定。

产量和品质测定:成熟期测每盆产量,并采用近红外谷物分析仪(德国 Bruins, AgriCheck)测定蛋白质和脂肪含量。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析,Excel 2010 进行数据处理和作图。

2 结果与分析

2.1 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对干旱胁迫下大豆幼苗生长的影响

2.1.1 形态指标 如表 2 所示,不同复配拌种处理均不同程度地改善了大豆形态指标和生物量积累。T3 处理对大豆幼苗株高促进作用显著,较对照提高 29.95%;T2 和 T7 处理对大豆幼苗茎粗

促进作用显著,分别较对照提高 19.09%和 22.31%;T2、T6 和 T7 处理对大豆幼苗节数促进作用显著,分别较对照提高 17.83%、16.86%和 17.51%;T1 和 T7 处理对大豆幼苗根长促进作用显著,分别较对照提高 19.76%和 14.48%;T4、T5 和 T7 处理对大豆幼苗叶面积的促进作用显著,提高幅度分别达到 23.67%、19.40%和 14.34%。

表 2 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对干旱胁迫下大豆幼苗形态的影响

处理	株高/mm	茎粗/mm	节数	根长/cm	叶面积/mm <sup>2</sup>
CK	106.08±11.89 a	3.72±0.30 a	6.11±0.13 a	37.35±1.80 a	1876±86 a
T1	126.53±16.56 ab	4.12±0.35 ab	6.73±0.44 ab	44.73±2.86 c	1987±130 ab
T2	121.99±18.77 ab	4.43±0.41 b	7.20±0.59 b	42.35±3.73 abc	2035±100 ab
T3	137.85±25.06 b	4.11±0.10 ab	6.69±1.18 ab	40.56±1.89 abc	2072±135 ab
T4	112.47±11.52 a	4.12±0.54 ab	6.44±0.36 ab	38.37±4.43 ab	2320±167 c
T5	121.11±11.52 ab	4.05±0.58 ab	6.75±0.54 ab	40.81±3.78 abc	2240±185 c
T6	120.40±20.04 ab	4.09±0.46 ab	7.14±0.71 b	39.43±3.25 ab	2063±95 ab
T7	132.43±14.36 ab	4.55±0.40 b	7.18±0.38 b	42.76±5.00 bc	2145±113 bc
T8	122.59±22.13 ab	4.40±0.23 ab	6.95±0.49 ab	40.39±1.64 abc	2103±139 ab

注:不同小写字母表示处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.1.2 生物量积累 如表 3 所示,不同复配拌种处理同样可在一定程度上促进干旱胁迫下大豆幼苗生物量的积累,其中 T3 和 T7 处理可显著促进叶鲜重的增加,分别较对照增加 18.46%和 16.12%;T7 处理显著促进根鲜重的增加,较对照增加 24.95%;各处理虽均可促进柄鲜重和茎鲜

重的增加,但均未达到显著水平。各处理对大豆幼苗各器官干重的调控效应与鲜重基本相同,其中 T3 处理对叶干重和根干重的促进作用均达到显著水平,T3 和 T7 处理也显著促进了叶干物质积累的增加,并且 T7 处理还显著促进了根干重的增加。

表 3 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对干旱胁迫下大豆幼苗单株生物量的影响 单位: g

处理	叶鲜重	柄鲜重	茎鲜重	根鲜重	叶干重	柄干重	茎干重	根干重
CK	4.28±0.22 a	1.36±0.18 a	2.42±0.33 a	4.77±0.44 a	1.04±0.12 a	0.27±0.02 a	0.64±0.03 a	1.08±0.10 a
T1	4.48±0.58 ab	1.59±0.31 a	2.99±0.90 a	5.16±0.63 ab	1.13±0.13 abc	0.28±0.01 a	0.72±0.07 ab	1.22±0.13 ab
T2	4.49±0.57 ab	1.50±0.14 a	2.83±0.65 a	5.42±0.47 ab	1.17±0.13 abcd	0.29±0.02 a	0.76±0.09 ab	1.26±0.08 ab
T3	5.07±0.27 b	1.62±0.27 a	3.11±0.52 a	5.64±0.71 ab	1.31±0.11 d	0.30±0.04 a	0.82±0.12 b	1.31±0.16 ab
T4	4.45±0.39 ab	1.42±0.21 a	2.59±0.29 a	5.60±0.82 ab	1.21±0.06 ab	0.29±0.02 a	0.76±0.07 ab	1.30±0.15 ab
T5	4.52±0.08 ab	1.52±0.25 a	2.72±0.69 a	5.64±0.81 ab	1.11±0.08 ab	0.28±0.03 a	0.74±0.11 ab	1.26±0.20 ab
T6	4.52±0.50 ab	1.52±0.21 a	2.95±0.79 a	5.45±0.85 ab	1.08±0.06 ab	0.28±0.03 a	0.72±0.13 ab	1.29±0.20 ab
T7	4.97±0.16 b	1.63±0.20 a	3.04±0.57 a	5.96±0.55 b	1.28±0.06 cd	0.31±0.02 a	0.80±0.14 ab	1.39±0.12 b
T8	4.57±0.46 ab	1.53±0.26 a	2.74±0.77 a	5.63±0.91 ab	1.16±0.08 abcd	0.27±0.03 a	0.74±0.07 ab	1.29±0.20 ab

2.2 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对干旱胁迫下大豆幼苗抗氧化酶活性的影响

如表 4 所示,不同复配拌种处理均在不同程度提高了控水后 10 和 20 d 大豆幼苗抗氧化酶活性。与干旱胁迫相比,控水后 10 d T3 和 T7 处理显著提高了 SOD 和 POD 酶活性,T2、T3、T4、

T6、T7 和 T8 处理显著提高了 CAT 酶活性,而 T3、T4 和 T7 显著提高了 APX 酶活性,其他处理对上述指标也表现出促进作用,但未达到显著差异水平。至控水后 20 d,各复配拌种处理对上述指标同样起促进作用,并且大多数处理达到显著差异水平。

表 4 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 对控水后 10 和 20 d 大豆幼苗抗氧化酶活性的影响 单位:U·g<sup>-1</sup>

控水后天数/d	处理	SOD	POD	CAT	APX
10	CK	677.12±44.06 a	4096±2456 a	397.84±18.56 a	261.31±20.00 a
	T1	680.59±76.57 a	4099±31 a	446.47±31.54 bc	300.47±72.52 ab
	T2	736.75±82.27 ab	4048±299 a	486.32±4.78 c	279.80±27.24 a
	T3	849.71±21.83 c	4681±123 b	468.07±26.39 bc	337.64±13.58 b
	T4	741.10±17.24 ab	4492±311 ab	487.42±33.86 c	304.16±15.10 b
	T5	732.64±37.89 ab	4125±68 a	426.76±10.2 ab	285.28±20.02 ab
	T6	706.49±94.16 a	4506±374 ab	468.87±38.49 bc	277.16±18.35 a
	T7	830.98±36.10 bc	4896±287 b	491.81±22.52 c	316.89±8.57 b
20	T8	762.70±79.80 ab	4349±205 ab	473.46±33.34 bc	296.18±16.95 ab
	CK	533.16±21.50 a	3613±98 a	440.93±17.82 a	441.43±23.03 a
	T1	603.83±22.57 b	4018±116 b	514.79±23.35 b	448.96±9.99 a
	T2	691.67±30.03 c	4331±176 bc	514.07±24.90 b	717.83±91.06 d
	T3	689.86±18.44 c	4141±132 bc	514.71±15.18 b	547.38±25.15 c
	T4	690.82±55.75 c	4555±524 bc	489.11±32.21 b	514.82±33.70 bc
	T5	630.65±34.89 bc	4247±363 bc	485.25±21.65 ab	514.82±33.70 bc
	T6	658.24±37.03 bc	4201±119 bc	533.72±37.35 b	474.85±13.24 abc
	T7	659.50±34.14 bc	4605±270 c	513.77±19.92 b	542.28±43.52 bc
	T8	653.47±36.92 bc	4565±382 c	533.62±34.97 b	467.45±25.33 ab

2.3 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对干旱胁迫下大豆幼苗光合作用的影响

如表 5 所示,不同复配拌种处理均不同程度地改善了干旱胁迫下光合速率和气体交换参数。与干旱胁迫相比,控水后 10 d T3 和 T7 处理可显著提高 *Pn* 和 *Gs*, 提高幅度分别为 26.04% 和

14.59%, 及 11.96% 和 14.71%。*Tr* 以 T3 处理最高,显著高于对照和其他处理。而各处理虽促进了 *Ci* 的提高,但均未达到显著差异水平。至控水后 20 d,虽各处理对光合速率和气体交换参数仍起促进作用,但仅 T3 处理 *Gs* 显著高于对照,其他处理均未达到显著水平。

表 5 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种对控水后 10 和 20 d 大豆幼苗光合作用的影响

控水后天数/d	处理	<i>Pn</i> /( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	<i>Tr</i> /( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	<i>Gs</i> /( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	<i>Ci</i> /( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
10	CK	14.13±0.23 a	4.60±0.35 a	83.82±2.07 a	215.04±18.12 a
	T1	14.61±1.02 ab	4.74±0.48 a	87.79±6.59 ab	221.07±24.44 a
	T2	14.70±0.50 ab	4.93±0.37 ab	88.27±2.89 ab	224.55±23.23 a
	T3	17.81±0.57 c	5.73±0.49 c	96.05±1.42 c	232.13±17.42 a
	T4	15.20±1.04 ab	4.97±0.72 ab	86.02±0.96 ab	238.78±32.85 a
	T5	15.31±0.27 ab	4.69±0.29 a	86.04±1.70 ab	225.52±28.25 a
	T6	14.41±0.42 a	4.83±0.46 a	91.68±6.46 abc	225.51±28.18 a
	T7	15.82±0.63 b	5.38±0.49 ab	96.15±5.35 c	243.47±15.95 a
20	T8	15.17±0.67 ab	4.77±0.35 a	89.97±2.67 bc	231.66±23.12 a
	CK	10.76±1.87 a	2.88±0.14 a	30.00±1.93 a	80.05±6.30 a
	T1	11.51±2.29 a	2.90±0.17 a	31.42±2.75 ab	81.91±11.49 a
	T2	11.73±2.04 a	3.01±0.05 a	29.90±1.75 a	82.74±7.55 a
	T3	11.55±2.25 a	3.02±0.28 a	35.60±2.61 b	91.06±9.99 a
	T4	11.86±0.91 a	3.00±0.32 a	31.61±0.16 ab	85.44±7.87 a
	T5	11.07±1.45 a	2.95±0.22 a	31.41±2.14 ab	82.16±11.27 a
	T6	11.53±1.71 a	3.18±0.19 a	31.53±3.08 ab	87.59±3.51 a
	T7	12.33±1.74 a	3.22±0.27 a	32.83±0.41 ab	89.51±9.67 a
	T8	11.27±2.00 a	3.11±0.13 a	31.61±2.11 ab	87.55±7.43 a



## 2.4 BR与DA-6复配S<sub>3307</sub>拌种对干旱胁迫下大豆产量的影响

如图1所示,与干旱胁迫相比,各复配拌种处理大豆产量均高于对照,其中T7处理产量最高,达到104.95 g·盆<sup>-1</sup>,其次为T3,97.42 g·盆<sup>-1</sup>,其他处理大豆产量为83.59~94.41 g·盆<sup>-1</sup>。

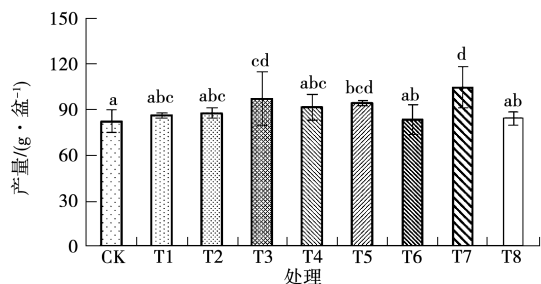


图1 BR与DA-6复配S<sub>3307</sub>拌种对干旱胁迫下大豆产量的影响

注:不同小写字母表示处理间差异显著。下同。

## 2.5 BR与DA-6复配S<sub>3307</sub>拌种对干旱胁迫下大豆品质的影响

如图2A所示,T5处理蛋白质含量最低为39.90%,对照、T4和T6处理略高于T5处理,但未达到显著差异水平,其他处理显著高于T5处理,但与对照未达到显著差异水平,T1处理最高,为40.85%。

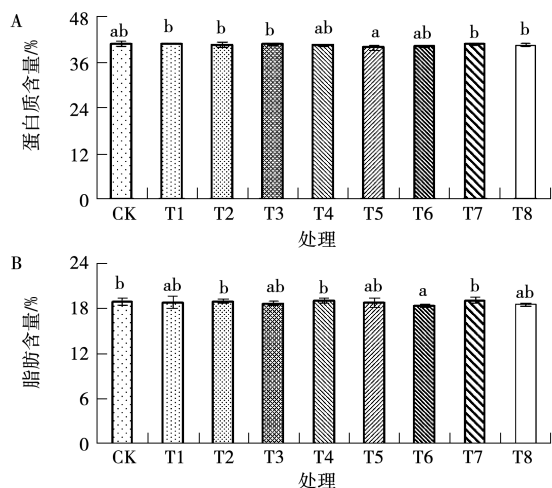


图2 BR与DA-6复配处理S<sub>3307</sub>拌种对干旱胁迫下大豆品质的影响

如图2B所示,T6处理脂肪含量最低,为18.32%,T1、T3、T5和T8处理略高于T6处理,但未达到显著差异水平,CK、T2、T4和T7处理

显著高于T6处理,除T6外其他处理均与对照处理之间差异不显著,T4和T7处理最高,均为19.05%。

## 3 讨论

干旱胁迫导致大豆植株矮小、叶面积减少<sup>[11]</sup>,持续干旱造成活性氧积累<sup>[12]</sup>,细胞结构遭到破坏<sup>[13]</sup>,光合作用受阻<sup>[14]</sup>,包括根系在内的各器官生物量降低。大豆苗期发生严重干旱,必然造成营养体过小,导致生殖生长期大豆植株光合同化能力不足、营养器官可转移到荚果中的碳水化合物数量减少,进而造成产量降低。黑龙江省受大陆性季风气候控制,常年降雨量偏少,且不同区域降雨分布不均,对缺少灌溉条件的大豆生产造成了较大影响。因此,有必要采取措施应对干旱的不利影响,尤其应对春旱对大豆幼苗生长的抑制,为高产打下良好基础。

植物生长调节剂能够显著提高作物抗旱能力,相较于叶面喷施,种子处理具有操作简便、对环境影响小、成本低,且处理效果显著等特点。众多研究表明,S<sub>3307</sub>可缓解包括干旱在内的多种非生物胁迫对作物生长和产量的不利影响<sup>[15-17]</sup>,并证实了S<sub>3307</sub>拌种能提高干旱胁迫下大豆产量<sup>[18]</sup>。BR在水稻<sup>[19]</sup>和羊草<sup>[20]</sup>抗旱过程中均可起到积极作用,并且BR与氮、磷、钾配合施用效果好于单独施用。外源DA-6可以改善盐胁迫下椰枣种子萌发<sup>[21]</sup>,以及干旱胁迫下花生的生长<sup>[22]</sup>,并且DA-6浸种同样可以提高大豆幼苗的抗旱能力<sup>[23]</sup>。前期预备试验也证实了不同浓度BR和DA-6浸种能够促进大豆幼苗生长,对大豆抗旱能力也有一定提高效果。基于前人研究和预备试验结果,推测将S<sub>3307</sub>与BR和DA-6复配能够发挥不同植物生长调节剂的优点,同时也会限制可能的不利影响。本研究显示,BR和DA-6拌种均可在一定程度上改善苗期大豆形态,促进生物量积累,并提高产量,但二者与不同浓度S<sub>3307</sub>复配后的促进效果更显著。究其原因,可能是复配处理通过提高大豆幼苗抗氧化关键酶活性,减少活性氧积累,进而减轻活性氧对细胞器的破坏,保护了光合系统,

提高了光合速率和相关气体交换参数,其中 0.28 mg·L<sup>-1</sup> 的 BR、30.00 mg·L<sup>-1</sup> 的 DA-6 分别与 2.50 mg·L<sup>-1</sup> 的 S<sub>3307</sub> 复配处理效果最突出。推测,BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种处理有可能既存在提高抗旱能力的重叠效应,也可能在促进生长方面存在互补效应。另外,各复配处理对大豆蛋白含量和脂肪含量也存在一定调控效应,其相应机理需进一步深入研究。本研究结果为黑龙江省大豆抗旱生产提供了更多的解决思路和参考,即通过复配方式进一步挖掘不同植物生长调节剂提高大豆抗旱能力的潜力,同时能够切实解决春旱对大豆的不利影响,对于黑龙江省大豆生长整体水平和产能的提升将产生深远影响。

## 4 结论

适宜浓度的 BR 与 DA-6 复配 S<sub>3307</sub> 拌种处理可提高干旱胁迫下大豆幼苗抗氧化酶活性、光合速率和气体交换参数,进而改善大豆幼苗生长,并最终提高大豆产量,其中 T3(0.28 mg·L<sup>-1</sup> BR + 2.50 mg·L<sup>-1</sup> S<sub>3307</sub>) 和 T7(30.00 mg·L<sup>-1</sup> DA-6 + 2.50 mg·L<sup>-1</sup> S<sub>3307</sub>) 处理的促进效果最显著。

## 参考文献:

- [1] BARTHOLOMEW D P. History and perspectives on the role of ethylene in pineapple flowering[J]. *Acta Horticulturae*, 2014, 1042: 269-284.
- [2] 闫艳红, 杨文钰, 张静, 等. 叶面喷施 S<sub>3307</sub> 对大豆产量及品质的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(4): 251-254.
- [3] 梁晓艳. S<sub>3307</sub> 对干旱胁迫下苗期大豆根系的调控[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2019.
- [4] FENG N, LIU C, ZHENG D, et al. Effect of uniconazole treatment on the drought tolerance of soybean seedlings[J]. *Pakistan Journal of Botany*, 2020, 52(5): 1515-1523.
- [5] BELLINENY-RABELO D, DE OLIVEIRA E A G, DASILVA RIBEIRO E, et al. Transcriptome analysis uncovers key regulatory and metabolic aspects of soybean embryonic axes during germination[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6(1): 1-12.
- [6] 郝青南, 汪媛媛, 龙泽福, 等. DA-6 对南方大豆品种性状、产量和品质的影响[J]. *大豆科学*, 2021, 40(6): 799-804.
- [7] 梁芳芝, 任宏志. 夏大豆不同生育时期应用表油菜素内酯(BR)的效果[J]. *河南农业科学*, 1991(6): 1-3.

- [8] 张明才, 何钟佩, 田晓莉, 等. 植物生长调节剂 BR 和 SHK-6 对大豆生物产量和根瘤固氮活性的激素调控研究[J]. *大豆科学*, 2004(2): 96-100.
- [9] 杜秀达, 朱丽娟. 表油菜素内酯及其类似物 Y-6 对大豆生长的影响[J]. *上海师范大学学报(自然科学版)*, 1995(2): 82-86.
- [10] 李宇, 赵松义, 聂明建, 等. 不同温度下 S<sub>3307</sub> 对烟草成苗素质的影响[J]. *作物研究*, 2014, 28(3): 280-283.
- [11] 刘文夫. 干旱胁迫对大豆养分吸收及碳水化合物形成影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [12] 郑清岭, 杨忠仁, 张凤兰, 等. 沙芥属植物活性氧清除系统对干旱胁迫的响应[J]. *西北植物学报*, 2018, 38(9): 1674-1682.
- [13] SHARMA P, JHAA B. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions[J]. *Journal Botany*, 2012, 25: 1-26.
- [14] 周欢, 王承南, 谷战英, 等. 对水分胁迫下一品红幼苗叶绿素荧光参数影响[J]. *林业科技开发*, 2000, 23(1): 78-80.
- [15] 姜颖. S<sub>3307</sub> 缓解工业大麻苗期干旱损伤效应与机制[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [16] 王诗雅, 郑殿峰, 项洪涛, 等. 初花期淹水胁迫对大豆叶片 AsA-GSH 循环的损伤及 S<sub>3307</sub> 的缓解效应[J]. *中国农业科学*, 2021, 54(2): 271-285.
- [17] 单莹. S<sub>3307</sub> 缓解绿豆始花期低温胁迫的效应和机制[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [18] 雍太文, 刘小明, 肖秀喜, 等. 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[J]. *大豆科学*, 2013, 32(5): 620-624.
- [19] 杨喆, 唐才宝, 钱婧雅, 等. 外源 6-BA 和 BR 对干旱胁迫下水稻分蘖期光合色素含量及抗氧化系统的影响[J]. *分子植物育种*, 2021, 19(8): 2733-2739.
- [20] 宋吉轩, 吕俊, 宗学风, 等. 干旱胁迫下 BR 与 N、P、K 配合对羊草生长及抗旱性的影响[J]. *草业学报*, 2018, 27(11): 171-178.
- [21] 李东霞, 徐中亮, 符海泉, 等. NaCl 对椰枣种子发芽的胁迫以及 DA-6 对盐胁迫的缓解作用[J]. *中国南方果树*, 2020, 49(1): 42-46.
- [22] 于俊红, 彭智平, 杨少海, 等. DA-6 对干旱胁迫下花生生理及生长指标的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(1): 168-172.
- [23] 施晓明, 李淑芹, 许景钢, 等. 干旱胁迫下 DA-6 浸种对大豆苗期叶片保护酶活性的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2009, 40(9): 48-51.

(下转第 48 页)

## Effects of Field Control and Safety on Potato Late Blight by Four Biological Fungicides

YAN Jia-qi, JIN Shan, WU Jing-ji, LANG Xian-bo, XU Zhen-yu, KANG Zhe-xiu

(Yanbian Korean Autonomous Prefecture Academy of Agricultural Sciences (Yanbian Specialty Products Research INstitute), Longjing 133400, China)

**Abstract:** In order to reduce the dosage and frequency of chemical pesticide spraying in the prevention and control of potato late blight, and reduce the potential threat to potato quality and environment, four biological agents were selected to conduct field trials of potato late blight in two regions. In this experiment, four biological fungicides were selected to field trials of potato late blight in two areas. The results showed that 100 billion spores $\cdot$ g $^{-1}$  of *Bacillus subtilis* WP, eugenol 0.3% SL, carvacrol 5% AS and matrine 0.5% AS were safety to potato and had effective control to potato late blight. The control effect of potato late blight were 35.86%-71.41%, and the commodity rate increased by 0.9-5.1 percentage points, the yield increased by 2.6%-7.6%, the output value increased by 34.3-2 656.5 yuan $\cdot$ ha $^{-1}$ , and the effect increased by 0.1%-6.3%.

**Keywords:** biological fungicides; potato late blight; control effect; safety

(上接第 43 页)

## Effects of BR and DA-6 Compounded with S<sub>3307</sub> Seed Dressing on Growth and Yield of Soybean Under Drought Stress at Seedling Stage

GE Xin, REN Hui-lin, CHEN Xun-qi, LIN Nan, WU Tian-yi, JIN Xi-jun

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to reduce the loss of soybean production caused by drought stress and provide reference for soybean drought resistance production, Heihe 43 was selected as the test variety. And the effects of seed dressing with S<sub>3307</sub> combined with BR and DA-6 on soybean seedling morphology, antioxidant enzyme activities, photosynthesis and yield at harvest stage under drought stress were studied in a glass rain shelter by weighing method. The results showed that compared with drought stress, treatments of BR and DA-6 combined with S<sub>3307</sub> at different concentrations could improve soybean seedling growth to a certain extent, and T3 (0.28 mg $\cdot$ L $^{-1}$  BR combined with 2.50 mg $\cdot$ L $^{-1}$  S<sub>3307</sub>) and T7 (30.00 mg $\cdot$ L $^{-1}$  DA-6 combined with 2.50 mg $\cdot$ L $^{-1}$  S<sub>3307</sub>) had significant effects on improving soybean seedling biomass. The antioxidant enzyme activities of soybean seedlings could be increased by each complex treatment on the 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> day after water control, and the effect of T3 and T7 treatments were the most significant. T3 and T7 treatments could significantly increase the *Pn* and *Gs* of soybean seedlings on the 10<sup>th</sup> day after water control, with the increase ranges of 26.04% and 14.59%, 11.96% and 14.71%, respectively, and the improvement effects of other complex treatments were not significant. The yield of T5 (30.00 mg $\cdot$ L $^{-1}$  DA-6), T3 and T7 treatments were significantly higher than that of the control, and increase rate were 14.87%, 18.55% and 27.70% respectively. The effect of each treatment on protein and fat content was not significant, and even individual treatment significantly reduced fat content. Comprehensive analysis showed that T3 and T7 treatments could significantly improve the drought resistance of seedlings improve photosynthesis, promote seedling growth under drought stress, and significantly increase soybean yield, which could further verify the effect of disaster reduction and yield increase in actual production.

**Keywords:** BR and DA-6; S<sub>3307</sub>; soybean; drought stress