

## 赤霉素对盐胁迫下甘蓝种子萌发及幼苗生长的影响

杨晓平<sup>1</sup>, 陈修斌<sup>2\*</sup>, 李翊华<sup>2</sup>, 许耀照<sup>2</sup>

(1. 张掖市甘州区梁家墩农业技术推广站, 甘肃张掖 734000; 2. 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃张掖 734000)

**摘要** [目的] 研究赤霉素对盐胁迫下甘蓝种子萌发及幼苗生长的影响。[方法] 以‘中甘11号’为试材, 研究了盐胁迫下不同浓度赤霉素溶液对甘蓝种子萌发、幼苗生长、叶片 POD 和 SOD 活性、MDA 含量的影响。[结果] 100 mg/L 赤霉素处理甘蓝种子的发芽势、发芽率、发芽指数最高, 株高、最大根长和根冠比等形态指标数值最大, 分别为 79%、96%、76.555、16.900 cm、13.788 cm、0.268; 同时幼苗叶片中 POD 活性和 SOD 活性最高, 分别为 122.5 U/(g·min) 和 269.446 U/g, MDA 含量最低, 为 0.289 μmol/g。[结论] 100 mg/L 赤霉素处理可有效缓解盐胁迫, 利于甘蓝种子萌发及幼苗生长。

**关键词** 赤霉素; 盐胁迫; 甘蓝; 种子萌发; 幼苗生长

**中图分类号** S635.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)33-0042-03

### Effects of Gibberellins on Seed Germination and Seedling Growth of *Brassica oleracea* L. under Salt Stress

YANG Xiao-ping<sup>1</sup>, CHEN Xiu-bin<sup>2\*</sup>, LI Yi-hua<sup>2</sup> et al (1. Agricultural Technology Extension Station of Liangjiadun in Ganzhou District of Zhangye City, Zhangye, Gansu 734000; 2. College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000)

**Abstract** [Objective] To research the effects of gibberellins on seed germination and seedling growth of *Brassica oleracea* L. under salt stress. [Method] With Zhonggan 11 as the test material, we researched the effects of different concentrations of gibberellins on seed germination, seedling growth, leaf POD and SOD activities and MDA content of *B. oleracea* under salt stress were studied. [Result] Morphological indexes such as germination rate, germination rate, germination index, plant height, and maximum root length and root-shoot ratio were the highest at 100 mg/L gibberellins treatment, which were 79%, 96%, 76.555, 16.900 cm, 13.788 cm and 0.268 respectively. The activities of POD and SOD were the highest in the leaves of the seedlings, which were 122.5 U/g·min and 269.446 U/g. And malondialdehyde content was the lowest, which was 0.289 μmol/g. [Conclusion] 100 mg/L gibberellins treatment could alleviate salt stress effectively and promote seed germination and seedling growth of *B. oleracea*.

**Key words** Gibberellin; Salt stress; Cabbage; Seed germination; Seedling growth

甘蓝属十字花科芸薹属野甘蓝种, 营养丰富, 含有较多的膳食纤维, 是我国栽培面积仅次于大白菜的叶用蔬菜, 具有产量高、需水肥量大的特点<sup>[1]</sup>。近年来, 随着张掖市农业产业结构的调整, 甘蓝作为高原夏菜的主要种类, 其栽培面积不断扩大。在栽培过程中, 农民为了提高其产量, 往往会盲目大量施肥和灌水。不合理的管理方式导致土壤性状恶化、次生盐渍化<sup>[2]</sup>现象严重, 造成甘蓝出苗率降低、产量和品质下降<sup>[3]</sup>, 严重制约甘蓝实现可持续发展。

赤霉素作为五大植物激素之一, 是一种高效能的广谱植物生长调节剂<sup>[4]</sup>。植物在逆境中生长, 施用赤霉素会表现出更好的效果<sup>[5]</sup>。目前, 有关盐胁迫下赤霉素对种子萌发及幼苗生长的影响研究, 大多集中于黄瓜<sup>[6]</sup>、番茄<sup>[7]</sup>、辣椒<sup>[8]</sup>等作物上, 而在甘蓝上缺少报道。鉴于此, 该试验以“中甘11号”为材料, 从甘蓝的种子萌发及幼苗的营养生长、幼叶中抗性酶活性变化等方面, 研究不同浓度的赤霉素对盐胁迫下甘蓝种子萌发和幼苗生长的影响, 以进一步探明赤霉素处理对提高甘蓝植物耐盐性的机理, 为实现甘蓝高产优质化生产提供理论依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验材料** 供试的甘蓝品种为“中甘11号”, NaCl 由天津市盛奥化学试剂有限公司生产, 赤霉素由上海中秦化学试剂有限公司生产。

**1.2 试验设计** 试验于2015年9月—2016年1月在河西学院生命科学实验楼内和试验基地温室内进行。采用完全随机设计, 设6个处理<sup>[9]</sup>, 分别为 CK<sub>1</sub>: 蒸馏水(H<sub>2</sub>O); CK<sub>2</sub>: 100 mmol/L NaCl 溶液; A<sub>1</sub>: 50 mg/L GA<sub>3</sub> + 100 mmol/L NaCl 溶液; A<sub>2</sub>: 100 mg/L GA<sub>3</sub> + 100 mmol/L NaCl 溶液; A<sub>3</sub>: 150 mg/L GA<sub>3</sub> + 100 mmol/L NaCl 溶液; A<sub>4</sub>: 200 mg/L GA<sub>3</sub> + 100 mmol/L NaCl 溶液。

选取饱满、均匀一致的甘蓝种子, 用0.1%的高锰酸钾溶液浸种消毒10 min, 然后用蒸馏水冲洗3次。各处理选取50粒种子放在铺有单层滤纸的培养皿中, CK<sub>1</sub> 处理中加入10 mL蒸馏水, 其他处理的每个培养皿中注入10 mL相应的处理液使滤纸湿润, 每个处理重复3次。将培养皿放在(25±1)℃的自动光照培养箱内培养, 光照12 h/d, 相对湿度75%。从处理的第2天开始, 每天定时记录种子的发芽情况, 以种子露白为已发芽的标准, 每天统计发芽数, 计算第5天的发芽势, 10 d 停止发芽, 统计各处理的发芽率、发芽势、发芽指数。然后把不同处理萌发的种子放入50孔穴盘中进行培养, 各处理注入相应浓度的处理液3 L 浸透培养基, 放在温室内培养, 每2~3 d 视穴盘含水量状况适当浇水, 幼苗长到四叶一心时, 各处理随机取6株幼苗测定地上鲜重、地下鲜重、株高、最大根长等形态指标和 MDA 含量、POD 及 SOD 活性等生化指标。

**1.3 测定项目及方法** 发芽率(GP) = (全部发芽种子粒数/供试种子粒数) × 100%; 发芽势(GE) = 4 d 内发芽种子数/供试种子数 × 100%; 发芽指数(GI) =  $\sum Gt/Dt$ , 其中,  $Gt$  为  $t$  时间内的发芽数,  $Dt$  为相应的发芽时间(d)。酶液采用

**基金项目** 甘肃省科技支撑计划—农业类(144NKCA241)。

**作者简介** 杨晓平(1976—), 女, 甘肃临泽人, 农艺师, 从事农作物栽培与生理方面的研究。\* 通讯作者, 教授, 硕士, 从事园艺植物栽培方面的研究。

**收稿日期** 2017-09-22

周录英等<sup>[10]</sup>方法进行提取,过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法<sup>[11]</sup>,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用NBT还原法<sup>[11]</sup>,丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[11]</sup>。

**1.4 数据处理** 各处理3次重复结果计算平均值,然后利用EXCEL(2010版)和DPS(2007版)软件对试验结果进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对甘蓝种子萌发的影响** 由表1可知,处理CK<sub>2</sub>与处理CK<sub>1</sub>相比,种子的发芽势、发芽率、发芽指数明显下降,各处理差异显著性;处理A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>的甘蓝种子,发芽势、发芽率与处理CK<sub>2</sub>相比有差异,发芽势、发芽率、发芽指数均比处理CK<sub>2</sub>的高。说明在盐胁迫下加入赤霉素的各处理,其甘蓝种子的发芽势、发芽率、发芽指数均比盐胁迫下的种子要高,处理A<sub>2</sub>的发芽势、发芽率、发芽指数最高,分别为79%、96%、76.555。

表1 不同处理对甘蓝种子萌发的影响

Table 1 Effects of different treatments on seed germination of *B. oleracea*

处理编号 Treatment code	发芽势 Germination potential // %	发芽率 Germination rate %	发芽指数 Germination index
CK <sub>1</sub>	78 ± 0.010 a	94 ± 0.005 a	74.515 ± 1.095 a
CK <sub>2</sub>	57 ± 0.010 c	83 ± 0.010 c	53.085 ± 0.125 c
A <sub>1</sub>	69 ± 0.010 b	88 ± 0.005 b	60.688 ± 1.813 b
A <sub>2</sub>	79 ± 0.001 a	96 ± 0.000 a	76.555 ± 2.535 a
A <sub>3</sub>	76 ± 0.020 a	89 ± 0.015 b	56.680 ± 0.010 bc
A <sub>4</sub>	66.5 ± 0.005 a	84 ± 0.020 b	54.130 ± 0.370 c

注:同列数值不同字母表示差异达0.05显著水平

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

**2.2 不同处理对盐胁迫下甘蓝幼苗生长的影响** 由表2可知,处理A<sub>2</sub>的幼苗表现较强的生长能力。其甘蓝幼苗的株高、最大根长和根冠比分别为16.900 cm、13.788 cm、0.268,与CK<sub>2</sub>相比分别增加了5.722 cm、6.554 cm、0.216;与处理CK<sub>1</sub>相比分别增加了3.18 cm、3.133 cm、0.058。说明在盐胁迫下,采用100 mg/L赤霉素的处理幼苗表现出较强的盐胁迫缓解能力,浓度过低或过高其缓解作用均呈现下降的趋势。

表2 不同对盐胁迫下甘蓝幼苗生长的影响

Table 2 Effects of different treatments on the growth of *B. oleracea* under salt stress

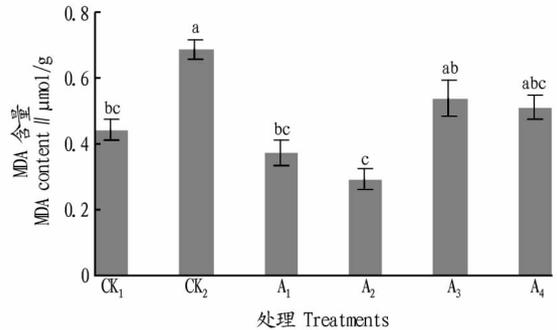
处理 Treatment code	株高 Plant height cm	最大根长 Maximum root length // cm	根冠比 Root-shoot ratio
CK <sub>1</sub>	13.720 ± 0.475 bc	10.655 ± 1.080 b	0.210 ± 0.021 ab
CK <sub>2</sub>	11.178 ± 0.607 c	7.234 ± 0.099 c	0.052 ± 0.008 c
A <sub>1</sub>	14.968 ± 0.777 ab	8.100 ± 0.410 c	0.103 ± 0.012 bc
A <sub>2</sub>	16.900 ± 0.451 a	13.788 ± 0.384 a	0.268 ± 0.084 a
A <sub>3</sub>	13.361 ± 1.156 bc	10.043 ± 0.478 b	0.148 ± 0.014 abc
A <sub>4</sub>	12.683 ± 0.572 bc	6.447 ± 0.694 c	0.071 ± 0.015 c

注:同列数值不同字母表示差异达0.05显著水平

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

**2.3 不同处理对甘蓝幼苗叶片中MDA含量的影响** 植物

遭受逆境伤害时往往发生膜质过氧化作用,而丙二醛是膜质过氧化的最终产物,其含量大小可以反映植物遭受逆境伤害的程度,含量越高表明受伤害程度越大<sup>[12]</sup>。由图1可知,处理A<sub>2</sub>的甘蓝幼苗丙二醛含量最低,为0.289 μmol/g,与处理CK<sub>2</sub>相比降低了58%。说明处理A<sub>2</sub>的缓解作用最大,幼苗的细胞膜脂过氧化程度低,受伤害小,抗逆性强。



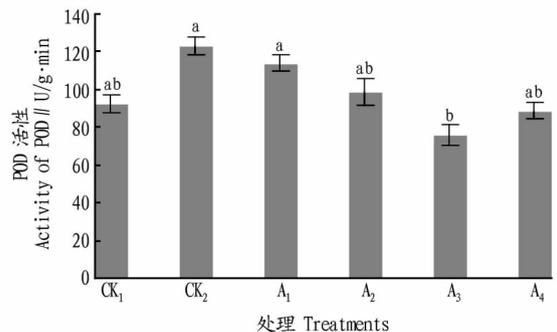
注:不同小写字母表示差异达0.05显著水平

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图1 不同处理对甘蓝叶片中MDA含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on MDA content in leaves of *B. oleracea*

**2.4 不同处理对甘蓝幼苗叶片POD活性的影响** POD是细胞膜系统的保护酶,是保护植物细胞免受自由基伤害的第3道防线,在植物受到盐胁迫时,对保持体内代谢平衡起着重要的作用<sup>[13]</sup>。从图2可以看出,在盐胁迫下,随着赤霉素浓度的增加,过氧化物酶活性呈先上升后下降的趋势,处理A<sub>2</sub>的POD活性最高,为122.5 U/(g·min)。说明以采用100 mg/L赤霉素的处理A<sub>2</sub>,甘蓝幼苗叶片POD酶活性最强,显著降低了活性氧对细胞的伤害,保持体内代谢平衡。



注:不同小写字母表示差异达0.05显著水平

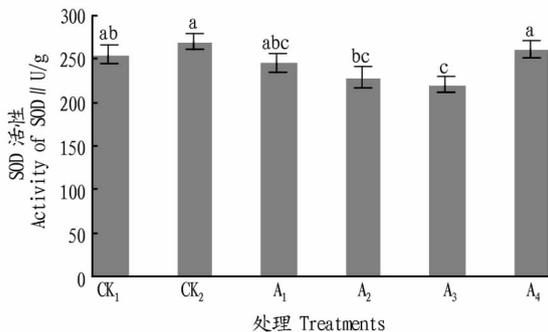
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图2 不同处理对甘蓝叶片中POD活性的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on POD activity in leaves of *B. oleracea*

**2.5 不同处理对甘蓝幼苗叶片SOD活性的影响** 超氧化物歧化酶(SOD)能清除活性氧自由基,保护细胞膜系统,因此其活性大小可以反映细胞对盐害逆境的适应能力<sup>[14]</sup>。从图3可以看出,加入赤霉素的各处理,其甘蓝幼苗叶片中SOD活性呈先升高后降低的趋势。其中,A<sub>2</sub>处理的幼苗叶片中SOD酶活性最高,达到269.446 U/g,说明以浓度为

100 mg/L的赤霉素处理对缓解幼苗叶片的盐害作用最为明显。



注:不同小写字母表示差异达0.05显著水平

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图3 不同处理对甘蓝叶片SOD活性的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on SOD activity in leaves of *B. oleracea*

### 3 结论与讨论

该试验研究了不同浓度的赤霉素对盐胁迫下甘蓝种子萌发及幼苗生长的影响,在赤霉素浓度为100 mg/L的盐胁迫条件下,甘蓝种子的发芽势、发芽率、发芽指数最高,分别为79%、96%、76.555;同时幼苗的株高、最大根长和根冠比分别为16.900 cm、13.788 cm、0.268。

有研究表明,丙二醛含量的高低能在一定程度上反映植物耐盐胁迫的能力,可作为植物耐盐性的鉴定指标。该试验中100 mg/L赤霉素处理叶片中的丙二醛含量最低,为0.289  $\mu\text{mol/g}$ ,缓解作用最为明显。POD、SOD作为保护酶,是机体内清除活性氧,保持体内代谢平衡的酶,对活性氧的清除避免了自由基对机体的伤害<sup>[15]</sup>。在赤霉素浓度为

100 mg/L时,甘蓝幼苗叶片内POD和SOD活性最高,分别为122.5 U/(g·min)和269.446 U/g。说明适宜浓度的赤霉素处理,通过提高细胞内保护酶活性来缓解盐胁迫对幼苗的伤害,促进幼苗的生长。幼苗体内的POD、SOD活性提高,抑制膜脂过氧化产物丙二醛的积累,缓解盐害,提高甘蓝的抗盐性。该研究为探讨甘蓝的耐盐机理以及实现甘蓝高产优质化生产提供理论依据和技术支撑。

### 参考文献

- [1] 刘晓东,牟金贵,闫凤歧,等.滴灌条件下配方施肥对冀北甘蓝生产的影响[J].中国农学通报,2016,32(19):39-45.
- [2] 元沛沛,冉圣宏,张凯.不同灌溉方式和作物类型对西北干旱区耕地土壤盐渍化的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(4):780-785.
- [3] 华军,张文斌,王勤礼,等.甘肃张掖市甘蓝品种比较试验初报[J].中国园艺文摘,2016,32(1):28-29,62.
- [4] LI P, HUA C, ZHOU Q C, et al. Effects of exogenous GA<sub>3</sub> on seed germination and seedling growth of *Salicornia europaea* L. under salt stress[J]. Agricultural science & technology, 2011, 12(2): 217-221.
- [5] 张金平.赤霉素:植物体内的天然激素[J].农药市场信息,2016(29/30):69-70.
- [6] 李翔华,陈修斌,王燕慧,等.盐胁迫下赤霉素对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J].西北农业学报,2014,23(9):207-210.
- [7] 刘拴成,曹兴明,穆俊祥,等.外源激素对盐胁迫下番茄种子萌发及幼苗生长的影响[J].种子,2016,35(12):94-98.
- [8] 凌娜,侯江涛.赤霉素浸种处理对盐胁迫下辣椒种子萌发的影响[J].商丘职业技术学院学报,2017,16(2):106-108.
- [9] 薛志忠,吴新海.赤霉素对盐胁迫下番茄种子萌发特性的影响[J].北方园艺,2011(15):59-61.
- [10] 郝再彬.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:115-116.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:67-85.
- [12] 王耀晶,王厚鑫,刘鸣达.盐胁迫下硅对草地早熟禾生理特性的影响[J].中国草地学报,2012,34(6):13-17.
- [13] 郑飞雪,魏民,牟同水. NaCl胁迫对羽衣甘蓝生理生化指标的影响[J].北方园艺,2010(17):42-44.
- [14] 顾华杰,叶亚新,金斌,等. La<sup>3+</sup>对低温胁迫冬小麦幼苗抗氧化酶活性的影响[J].安徽农业科学,2009,37(21):9914-9916,9960.
- [15] 陈碧华,罗庆熙,张百俊.热激处理对甘蓝幼苗叶片保护酶活性和膜透性的影响[J].华北农学报,2006,21(5):6-8.

(上接第33页)

增加量大于根系部分;与CK相比,地上地下干物质比由抽穗期的差异显著变成差异不显著,表明追施叶面肥对冬小麦生物质量积累有促进作用,且随着浓度的增大,促进作用越显著。

**2.2.3 籽粒产量。**冬小麦穗粒数为34.27~35.15,千粒重为23.59~25.39 g,产量为5 177.4~6 206.8 kg/hm<sup>2</sup>。除了0.5%处理千粒重有明显差异,增加率为7.6%外,喷施海藻叶面肥其他处理的冬小麦穗粒数和千粒重与CK没有明显差异;喷施海藻叶面肥处理的冬小麦籽粒产量与CK都有显著差异,0.5%处理和0.75%处理差异更大,增产率达18.48%~19.88%。由此可见,较高浓度的叶面肥对冬小麦增产的效果十分显著。

### 4 小结

通过在冬小麦的拔节期、抽穗期和灌浆期喷施海藻叶面肥对冬小麦生长和生产指标分析结果如下:

(1)喷施海藻叶面肥处理能增加冬小麦群体数、株高、叶面积、叶绿素含量和养分运输能力、抗倒伏、抗盐碱及其后续生长能力,其中喷施0.50%和0.75%叶面肥处理的效果达极

显著水平。

(2)在生产能力方面,喷施海藻叶面肥处理能增加冬小麦生物产量和籽粒产量,喷施0.50%和0.75%叶面肥处理的效果极显著。

综合分析来看,冬小麦在拔节期、抽穗期和灌浆期追施“宝世宝”海藻叶面肥可以有效的促进冬小麦的生长发育和其最终的产量,但其喷施浓度不能过低,中高量(0.50%和0.75%)喷施海藻叶面肥的效果较好。

### 参考文献

- [1] 彭琳,黄凯.旱地油菜施用硼、钼和稀土肥的肥效试验[J].中国土壤与肥料,1979(6):40-41.
- [2] 陶龙红,王友好,房传胜.新型海藻叶面肥在作物上的应用效果[J].安徽农业科学,2006,34(15):3755-3756.
- [3] 张精英.小麦中后期叶面施肥[J].现代农业科技,2006(7):35.
- [4] 劳红磊.小麦喷施水溶性肥料的肥效试验研究[J].安徽农学通报,2012,18(2):58,73.
- [5] 白红波,吕平安,吕元丰,等.小麦花后叶面喷肥对籽粒灌浆和产量的影响[J].农业科技通讯,2012(3):41-43.
- [6] 李修平,朱涛,朱丽萍.叶面肥与农药配合喷施对冬小麦产量和产量构成的影响[J].中国农学通报,2014,30(21):169-172.
- [7] 闫军营,裴瑞杰.喷施叶面肥对灌溉区小麦光合特性和产量的影响[J].安徽农业科学,2014,42(10):2872-2873,2876.