

马原松,辛 倩,朱晓琴,等.精胺对盐胁迫下小麦幼苗生理生化指标的影响[J].江苏农业科学,2018,46(3):53-56.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.03.012

# 精胺对盐胁迫下小麦幼苗生理生化指标的影响

马原松,辛 倩,朱晓琴,徐园园,裴冬丽

(商丘师范学院植物与微生物互作重点实验室,河南商丘 476000)

**摘要:**以小麦幼苗为材料,分别用 0.15、0.30、0.45 mol/L 的 NaCl 溶液模拟盐胁迫条件,采用滤纸培养的方法,研究 0.1 mmol/L 精胺(Spm)对不同浓度 NaCl 溶液胁迫下,小麦幼苗叶片部分生理指标的影响。结果表明,随着盐胁迫时间的增加,SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量出现先升后降的趋势,于第 4 天达到峰值;施加 0.1 mmol/L 精胺明显提高了小麦幼苗叶片 SOD、POD、CAT 活性,降低了叶片 MDA 的含量。外源精胺可提高小麦幼苗抵抗盐胁迫能力,缓解盐胁迫的伤害。

**关键词:**小麦;盐胁迫;精胺;保护酶;MDA

**中图分类号:**S512.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)03-0053-03

土壤盐渍化是很多干旱或半干旱地区农作物生长发育、产量和品质下降的主要原因。土壤中过量的盐分会导致土壤物理和化学性质的改变,进而使大部分农作物生长环境退化。在盐胁迫下,由于细胞内  $\text{Na}^+$  大量积累,影响活性氧(reactive oxygen species,ROS)保护酶的活性,破坏了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等对 ROS 产生与清除的动态平衡关系。植物体内 ROS 的大量积累,造成植物体膜蛋白和膜脂的损伤,破坏膜结构,使植物生长缓慢,代谢受到抑制,严重时会出现萎蔫甚至死亡<sup>[1-2]</sup>。因此,增强植物的耐盐能力对于缓解盐胁迫下农作物的生长和提高作物产量具有非常重要的意义。

多胺是一类广泛存在于原核生物和真核生物中的具有较高生物活性的物质,是一类低分子脂肪族含氮碱。在高等植物中不同部位存在的多胺有精胺(Spm)、腐胺(Put)、亚精胺(Spd)等。在生理 pH 值下,多胺为阳离子,它能束缚生物大分子 DNA、蛋白质、果胶多糖等,参与蛋白质磷酸化、转录后修饰,从而影响植物体内 DNA、RNA 和蛋白质生物合成,调节酶活性,保持离子平衡。许多研究认为,多胺具有促进植物生长发育、果蔬成熟、延缓植物衰老、提高植物抗逆能力等生理功能,与植物的生存环境密切相关<sup>[3-5]</sup>。且已有研究表明,精胺处理可有效缓解 NaCl 对番茄种子萌发和生长的抑制作用<sup>[6]</sup>,缓解 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗的生长<sup>[7]</sup>,缓解水分胁迫下小麦幼苗的生长<sup>[8]</sup>。

本试验以郑麦 7698 为材料,先用 1/2 Hoagland 营养液培养小麦至 1 叶期之后,再分别用 0.1 mmol/L Spm 和不同浓度 NaCl 处理,研究外源精胺处理对盐胁迫小麦幼苗中 SOD、

POD、CAT 活性和 MDA 含量的影响,探讨精胺在盐胁迫条件下对小麦幼苗生长的缓解效应及其可能存在的机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试小麦品种郑麦 7698,由河南省农业科学院提供。

### 1.2 方法

1.2.1 小麦种子培养 选取完整、大小均一且无病虫害、饱满的小麦种子,先用 75% 乙醇浸泡 30 s,然后用 1% 次氯酸钠表面消毒 15 min,最后用无菌水反复冲洗 3 次,置于室温 25 ℃ 下无菌水浸泡 12 h。将吸胀后的小麦种子腹沟向下,分别整齐摆放在已灭菌的盛放双层滤纸的中号培养皿中,每个培养皿中放 30 粒种子,用 1/2 Hoagland 营养液,昼夜温度分别是  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  和  $(17 \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温培养箱培养,白天 14 h,晚上 10 h。

1.2.2 小麦幼苗处理 小麦在 1/2 Hoagland 营养液培养至第 1 张叶充分展开时,将培养皿中培养液完全倒出,随机分组处理,共设定 8 个处理:蒸馏水(I);蒸馏水 + 0.15 mol/L NaCl(II);蒸馏水 + 0.3 mol/L NaCl(III);蒸馏水 + 0.45 mol/L NaCl(IV);0.1 mmol/L Spm(V);0.1 mmol/L Spm + 0.15 mol/L NaCl(VI);0.1 mmol/L Spm + 0.30 mol/L NaCl(VII);0.1 mmol/L Spm + 0.45 mol/L NaCl(VIII),每个处理均设 3 个重复。对于处理 I 每天加入适量蒸馏水,处理 V 每天加入适量 0.1 mmol/L Spm,处理 II、III、IV 分别隔天加入等量蒸馏水和 NaCl 溶液,处理 VI、VII、VIII 分别隔天加入等量精胺和 NaCl 溶液,培养至试验结束。

1.2.3 各项生理指标测定 在精胺和 NaCl 开始处理后的 0、2、4、6 d 分别从每个处理的 3 个重复中随机称取 1 g 小麦叶片。采用 NBT 光化学还原法测定 SOD 活性,以抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个酶活力单位(U),酶活性以  $\text{U}/(\text{min} \cdot \text{g})$  表示<sup>[9]</sup>。用愈创木酚法测定 POD 活性,以 1 min 内  $D_{470 \text{ nm}}$  变化 0.01 为 1 个过氧化物酶活性单位(U),酶活性以  $\text{U}/(\text{min} \cdot \text{g})$  表示<sup>[9]</sup>。CAT 活性以 1 min 内  $D_{240 \text{ nm}}$  减少 0.1 的酶量为 1 个酶活力单位(U),酶活性以  $\text{U}/(\text{min} \cdot \text{g})$  表示<sup>[10]</sup>。

收稿日期:2016-09-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31571997);河南省科技攻关项目(编号:142102110185);河南省高等学校重点科研项目(编号:15A180019、15A210045、16A210037)。

作者简介:马原松(1970—),男,河南汝南人,副教授,主要从事植物病理学研究。E-mail:mysong987@163.com。

通信作者:裴冬丽,博士,教授,主要从事植物分子遗传学研究。E-mail:peidongli@126.com。

在精胺和 NaCl 开始处理后的 0、2、4、6 d 分别称取 0.5 g 小麦叶片。用硫代巴比妥酸法测定 MDA 含量,单位以  $\mu\text{mol/g}$  表示<sup>[11]</sup>。

1.3 统计方法

用 Excel 2007 对试验数据进行统计分析绘图和 SPSS 20.0 进行显著性分析,用 Duncan's 多重比较法 ( $\alpha = 0.05$ ) 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 Spm 对盐胁迫下小麦幼苗 SOD 活性的影响

小麦幼苗叶片 SOD 活性变化如图 1 所示。小麦幼苗叶

片中 SOD 活性在处理 0 d 大致相同,无显著性差异;小麦幼苗 2、4、6 d 时 SOD 活性随着盐胁迫处理时间的增加,整体呈现出先升后降的趋势,SOD 活性在 4 d 时达到了最大值,6 d 时活性均下降。盐胁迫下 Spm 处理组比未处理组 SOD 活性均升高,根据显著性分析 ( $P < 0.05$ ),2 d 时,0.3 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 SOD 活性显著增强;4 d 时,0.15、0.3 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 SOD 活性显著增强;6 d 时,0.15、0.45 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 SOD 活性显著增强。精胺在一定程度上增加了小麦叶片在盐胁迫下 SOD 活性。

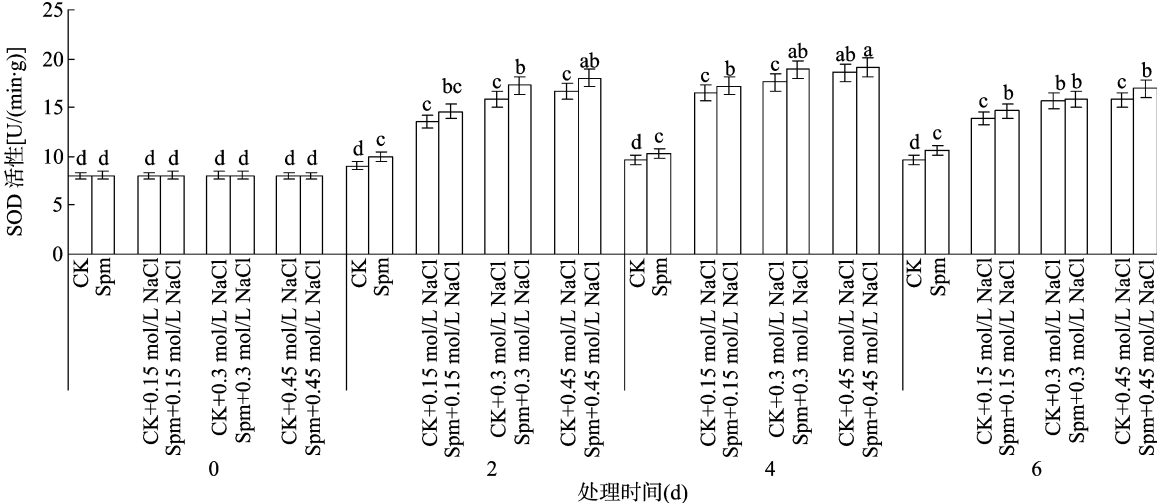


图1 盐胁迫下精胺对小麦幼苗叶片 SOD 酶活性的影响

2.2 Spm 对盐胁迫下小麦幼苗 POD 活性的影响

由图 2 可知,小麦幼苗叶片中 POD 活性在处理 0 d 大致相同,无显著性差异;2、4、6 d 时随着盐胁迫处理时间的增加,小麦幼苗叶片中 POD 活性整体呈现明显的先上升后下降趋

势。POD 活性在处理 4 d 时达到了最大值,6 d 时活性下降。盐胁迫下 Spm 处理组比未处理组 POD 活性均升高,但随着处理时间的不同,在不同浓度 NaCl 胁迫下,Spm 处理组相比未处理组而言,小麦叶片 POD 活性未发生显著性变化。

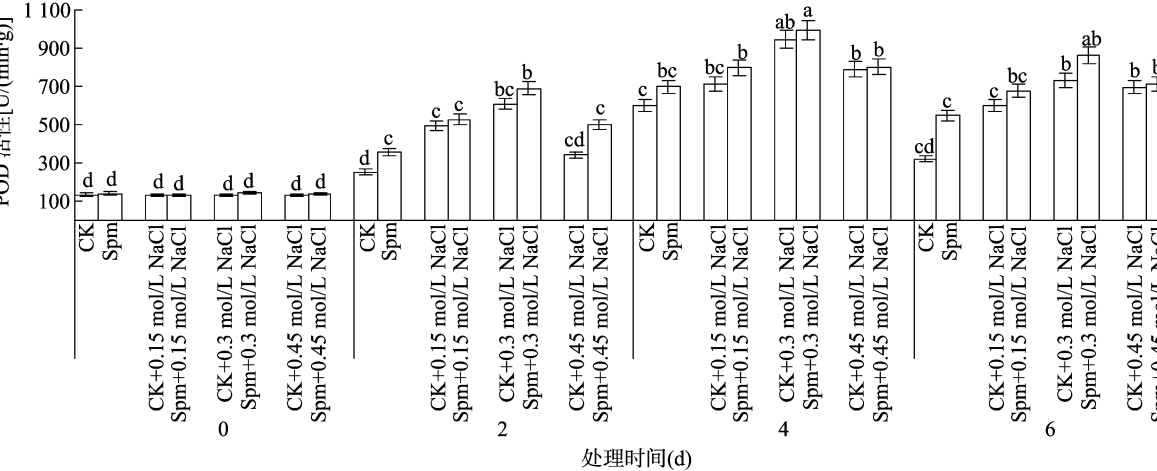


图2 盐胁迫下精胺对小麦幼苗叶片 POD 酶活性的影响

2.3 Spm 对盐胁迫下小麦幼苗 CAT 活性的影响

由图 3 可知,小麦幼苗叶片中 CAT 活性在处理 0 d 大致相同,无显著性差异;CAT 活性随着盐胁迫处理时间的增加,呈现明显的先升后降趋势,在处理 4 d 时 CAT 活性达到最大值。盐胁迫下 Spm 处理组比未处理组 CAT 活性均升高,2 d

时,0.15、0.3 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 CAT 活性显著增强;4 d 时,0.45 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 CAT 活性显著增强;6 d 时,0.3、0.45 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 CAT 活性显著增强。精胺在一定程度上增加了小麦叶片在盐胁迫下 CAT 活性。

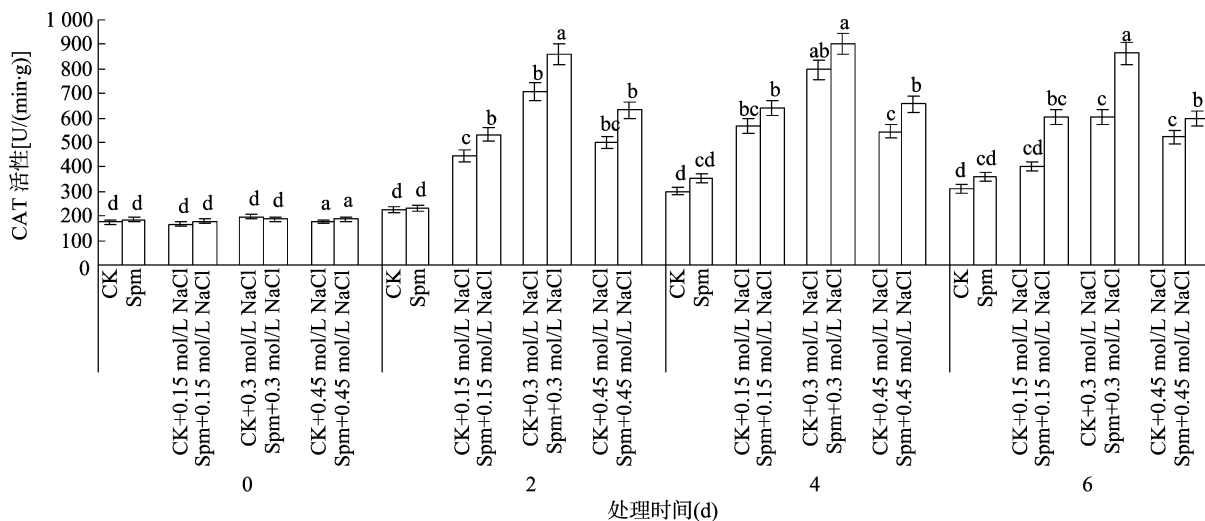


图3 盐胁迫下精胺对小麦幼苗叶片 CAT 酶活性的影响

## 2.4 Spm 对盐胁迫下小麦幼苗 MDA 含量的影响

小麦幼苗叶片 MDA 含量变化如图 4 所示,在试验处理过程中,由于盐浓度的增加小麦幼苗叶片中 MDA 含量明显上升,小麦幼苗叶片中 MDA 含量在处理 0 d 大致相同,无显著性差异,MDA 含量随着盐胁迫处理时间的增加(2、4、6 d),小麦幼苗叶片中 MDA 含量整体呈现先升后降的趋势,在处理

4 d 时达到最大值。盐胁迫下 Spm 处理组比未处理组 MDA 含量均降低,2 d 时,0.45 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 MDA 含量显著降低;4 d 时,0.3 mol/L NaCl 胁迫下 Spm 处理组比未处理组 MDA 含量显著降低。施加 Spm 降低了 MDA 的积累,从而缓解了盐胁迫对小麦幼苗的破坏。

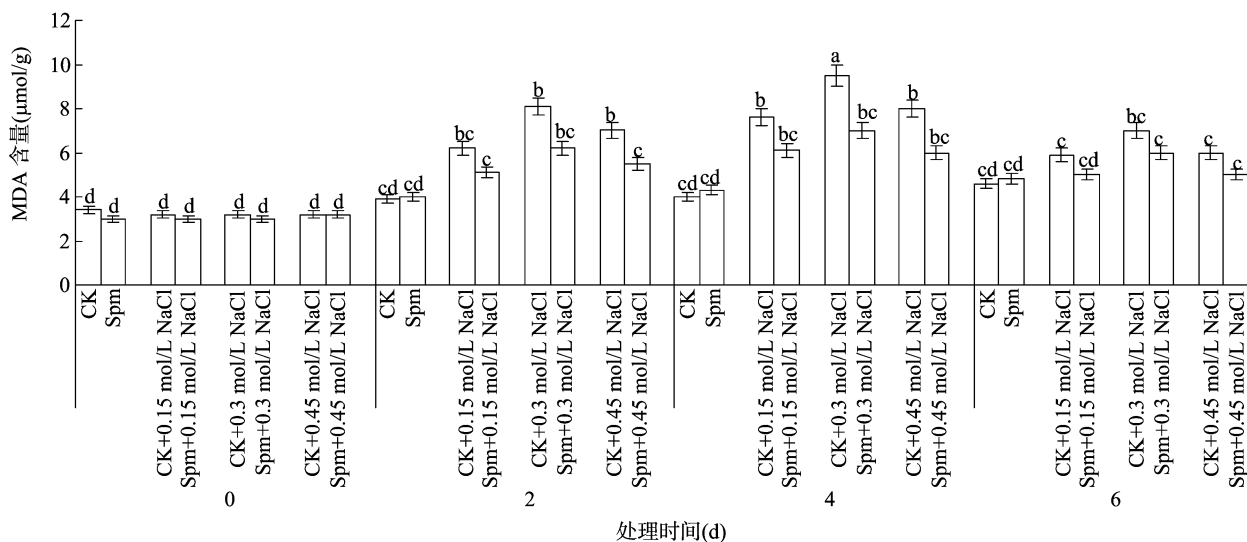


图4 盐胁迫下精胺对小麦幼苗 MDA 含量的影响

## 3 讨论

在正常生理条件下,植物细胞内活性氧的产生与清除处于动态平衡之中,当植物受到冷害、干旱、盐碱等胁迫时,这种动态平衡将遭到破坏,使 ROS 大量积累,代谢发生紊乱。ROS 的增加启动了植物防御系统,活性氧清除系统 SOD、POD、CAT 等保护酶系,在植物体内协同作用消除积累的 ROS。研究表明,多胺能影响植物 DNA、RNA 以及蛋白质的合成,参与植物的各种生理生化反应,最终清除体内积累的 ROS,提高植物在逆境环境下的抵抗能力<sup>[12-14]</sup>。该试验研究表明,随着盐胁迫时间的延长,小麦幼苗叶片中 SOD、POD、CAT 酶活性呈先升后降的趋势。施加 0.1 nmol/L Spm 的不同浓度盐胁迫处理,小麦叶片中 SOD、POD、CAT 的活性明显

高于不加 Spm 的盐胁迫处理中小麦叶片的 SOD、POD、CAT 的活性,说明施加精胺使得植物清除活性氧的能力更强,以减轻不良生长环境的伤害,这与前人研究的结果<sup>[14]</sup>相似。

植物的细胞膜是植物内外物质能量交换的屏障,具有选择通透性,外界环境对植物的伤害导致膜透性增大,使植物代谢紊乱。因此,在盐胁迫下,植物的细胞膜受到环境的伤害,使膜的通透性增大,膜内的物质向膜外渗漏,最终使植物细胞死亡。MDA 是植物膜系统稳定与否的重要指标,而膜系统稳定性的与植物的抗逆能力密切相关,其含量与植物的抗逆性呈负相关<sup>[15]</sup>。试验结果表明,施加 0.1 mmol/L Spm 的不同浓度 NaCl 胁迫时小麦幼苗中 MDA 含量比不加精胺的 NaCl 胁迫处理中小麦叶片 MDA 含量明显降低,MDA 积累减少,缓解盐胁迫环境给小麦幼苗造成的伤害,从而提高了小麦

毛祥敏, 钟雯雯, 王兴亚, 等. 种植方式与施氮量对小麦光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 56–60.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.03.013

# 种植方式与施氮量对小麦光合特性及产量的影响

毛祥敏<sup>1</sup>, 钟雯雯<sup>2</sup>, 王兴亚<sup>2</sup>, 陈雨海<sup>2</sup>, 周勋波<sup>1</sup>

(1. 广西大学农学院, 广西南宁 530004; 2. 山东农业大学农学院, 山东泰安 271018)

**摘要:**小麦产量提高的同时, 氮肥用量也不断增加, 农业生态环境受到影响。探讨通过结合种植方式和优化氮肥用量以稳定产量, 同时减少氮肥使用。以济麦 22 为供试材料, 于 2013—2014 年在山东农业大学泰安农学试验站以 20 cm + 40 cm 沟播和 30 cm 等行距平作种植方式为主处理, 3 种施氮量为副处理 (纯氮量分别为  $N_0: 0$ ;  $N_1: 112.5 \text{ kg/hm}^2$ ;  $N_2: 225.0 \text{ kg/hm}^2$ )。采用完全随机区组设计, 重复 3 次。相同氮量处理下, 20 cm + 40 cm 沟播较 30 cm 等行距平作能显著提高冬小麦叶面积指数 (LAI) 和旗叶光合速率 ( $P_n$ )。沟播提高了气孔导度 ( $G_s$ ) 和蒸腾速率 ( $T_r$ )。沟播光能截获率比等行距平作高 23.65% ( $N_0$ )、27.18% ( $N_1$ )、31.26% ( $N_2$ ), 产量比等行距平作高 6.32% ( $N_0$ )、14.37% ( $N_1$ )、2.38% ( $N_2$ )。在  $112.5 \text{ kg/hm}^2$  ( $N_1$ ) 下, 沟播产量优势显著。在本试验条件下, 冬小麦施氮  $112.5 \text{ kg/hm}^2$  结合 20 cm + 40 cm 沟播能优化群体结构、减氮稳产、改善生态环境。

**关键词:** 冬小麦; 种植方式; 施氮量; 光合性能; 籽粒产量

**中图分类号:** S512.1<sup>+</sup>10.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)03-0056-05

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 是我国三大粮食作物之一, 产量及种植面积仅次于玉米和水稻。小麦种植地区主要集中在

收稿日期: 2016-09-30

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31760354); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) (编号: 2013AA102903)。

作者简介: 毛祥敏 (1994—), 女, 四川攀枝花人, 硕士研究生, 主要从事农田生态与水肥资源高效利用研究。E-mail: 971400401@qq.com。共同第一作者: 钟雯雯 (1990—), 女, 山东潍坊人, 硕士, 主要从事农田生态研究。

通信作者: 周勋波, 副教授, 硕士生导师, 主要从事农田生态与水肥资源高效利用研究。E-mail: xunbozhou@163.com。

幼苗的抗盐性。

综上所述, 施加外源精胺处理, 可以增加小麦幼苗叶片 POD、SOD、CAT 保护酶活性, 降低 MDA 含量, 从而可缓解小麦幼苗的盐胁迫效应。

## 参考文献:

- [1] 殷奎德, 马连菊, 刘世强. 逆境条件下植物活性氧 (ROS) 的研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2003, 34(2): 147–149.
- [2] 徐鲜钧, 沈宝川, 祁建民, 等. 植物耐盐性及其生理指标的研究进展[J]. 亚热带农业研究, 2007, 3(4): 275–280.
- [3] Martin T, Tangguy J. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches)[J]. Plant Growth Regulation, 2001, 34(1): 135–148.
- [4] 段辉国, 袁 澍, 刘文娟, 等. 多胺与植物逆境胁迫的关系[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(4): 531–536.
- [5] Akihiro I, Takashi M, Yoshie H, et al. Spermidine synthase genes are essential for survival of *Arabidopsis*[J]. Plant Physiology, 2004, 135(9): 1565–1573.
- [6] 胡晓辉, 邹志荣, 杨振超. Spd 诱导 NaCl 胁迫下番茄种子萌发和幼苗耐盐性效应研究[J]. 北方园艺, 2009(10): 5–8.

华北平原与黄淮海平原, 氮素是蛋白质的组成元素, 籽粒的重要组成成分, 与作物的生命活动有密切关系, 是农业生产中必不可缺的养分限制因子。因此过去几十年中为提高小麦产量, 农业生产中不断大量施用氮肥。但有研究表明, 在高施氮量下, 叶片光合速率下降, 并且随着农业生产中大量施用氮肥, 直接导致化肥损失大、土壤等污染严重, 农业生态环境进入恶性循环<sup>[1]</sup>。近年来, 小麦增产机理研究越来越深入, 小麦产量逐年提高, 除了小麦品种自身的改良外, 生产上栽培措施对小麦产量提高也具有显著作用。种植方式是作物与作物之间在时间、空间和平面上的组合方式, 能够影响作物群体内个体发展及其资源分布状况。沟播、扩大行距等多种种植方

- [7] 李 斌, 郭世荣, 孙 锦, 等. 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗生长和活性氧代谢的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(1): 152–157.
- [8] Duan H G, Yuan S, Liu W J, et al. Effects of exogenous spermidine on photosystem II of wheat seedlings under water stress[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006, 48(8): 920–927.
- [9] 李合生, 孙 群, 赵世杰. 植物生理实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 邹 琦, 赵世杰. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 赫再彬, 苍 晶, 徐 仲. 植物生理学实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [12] 段九菊, 郭世荣, 康云艳, 等. 外源亚精胺对盐胁迫下黄瓜幼苗活性氧水平和抗氧化酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(3): 634–639.
- [13] 李 俊, 李建明, 胡晓辉, 等. 亚精胺浸种对番茄幼苗抗盐碱的生理特性研究[J]. 西北植物学报, 2012, 32(9): 1788–1795.
- [14] Hu X Y, Wang S P, Qu B. Effect of spermidine on seed germination and seedling antioxidant system of tomato under NaCl stress[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(2): 446–450.
- [15] 张国珍, 周 睿, 马俊莹, 等. 精胺对离体小麦叶片膜脂过氧化的影响[J]. 山东农业大学学报, 1992, 23(2): 176–179.