

三种铁素对小麦幼芽的生长及生理生化特征的影响

陈增明, 王 谦, 王彬彬, 聂俊华

(山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271000)

摘要: 不同形态铁素具有不同的生物活性, 对植物产生不同的影响。通过测定小麦幼芽根芽叶的生长指标和其中丙二醛的含量, 探究了 FeSO_4 、 EDTA-Fe 、 AA-Fe 对小麦幼芽生长及生理生化特征的影响。结果表明, 三种铁盐在低浓度时促进了小麦幼芽根和芽的伸长, 而高浓度铁盐则抑制根和芽的伸长及生物量。同浓度时三种铁盐的根伸长抑制率为 $\text{AA-Fe} > \text{FeSO}_4 > \text{EDTA-Fe}$ 。小麦幼芽根与芽叶组织中丙二醛浓度随着外源铁盐浓度的提高而提高, FeSO_4 与 EDTA-Fe 处理高浓度时略有降低。丙二醛浓度在根的变化幅度均大于芽叶, 根质膜系统对铁盐的响应度高于芽叶。

关键词: 铁; 小麦幼芽; 抑制率; 丙二醛

中图分类号: S512.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2009)增刊-0159-04

Effect of Three Kinds of Iron on the Growth and Physiological and Biochemical Characteristics of Wheat Bud

CHEN Zengming WANG Qian WANG Binbin NIE Junhua

(Resources and Environment College, Shandong Agricultural University, Taian 271000, China)

Abstract: Different kinds of iron have different biological activity and generate effects on plants differently. The effect of three kinds of iron, FeSO_4 , EDTA-Fe , AA-Fe on the growth and physiological and biochemical characteristics of wheat bud was studied by measuring the growth index and malondialdehyde concentration in bud and root of wheat. The results showed that the elongation of wheat bud and root could be promoted by ferric salt at relatively low concentration, while inhibited at high concentration. At the same concentration, inhibition rate of ferric salt on the elongation of wheat root was $\text{AA-Fe} > \text{FeSO}_4 > \text{EDTA-Fe}$. With the concentration of ferric salt increasing, the concentration of malondialdehyde in wheat root and bud increased, but it dropped in FeSO_4 and EDTA-Fe treatment when the concentration was very high. The change bound of malondialdehyde concentration in root was wider than in shoot, which indicated that the response degree to ferric salt of root membrane system was greater than that of bud membrane system.

Key words: Iron; Wheat bud; Inhibition rate; Malondialdehyde

铁素是植物生长发育的必需微量元素, 参与植物叶绿素合成、细胞内的氧化还原反应和电子传递过程以及植物的呼吸作用^[1], 由于土壤中铁的有效性较差, 植物缺铁现象普遍存在^[2]。铁在人体中也扮演重要角色, 但目前人群缺铁问题也很严重, 以发展中国家的妇女和儿童尤甚^[3-4]。目前有关不同价态铁对小麦生长发育影响的研究较多^[5], 但对于不同形态铁素对小麦幼芽生长的研究较少。小麦幼芽对外源物质的响应尤为敏感, 最为直观的就是其芽叶与根的生物量和伸长度。植物在不利的环境诱

导下, 细胞内会产生丙二醛(MDA), 其浓度的升高通常代表植物生理胁迫的程度^[6-7]。本研究通过测定小麦幼芽的根芽叶的生长指标以及根与芽叶中MDA的含量, 探究了 FeSO_4 、 EDTA-Fe 、 AA-Fe (氨基酸螯合态)对小麦幼芽生长及生理生化特征的影响。

1 材料和方法

1.1 材料

选取冬小麦山农 15 作为供试材料。将小麦种

收稿日期: 2009-12-01

作者简介: 陈增明(1988-)男, 山东青州人, 主要从事土壤生物物质资源开发的研究。

通讯作者: 聂俊华(1952-)女, 山东禹城人, 教授, 硕士生导师, 主要从事土壤生态环境的研究。

放入烧杯中用蒸馏水洗去杂物,先用 50℃蒸馏水烫种 30 min 再将小麦浸泡于 30℃蒸馏水中 3 h 捞出,放入 2 层纱布中催芽 24 h 左右,保持湿度,直到种子露白,芽长达 1 cm。

氨基酸螯合铁(AA-Fe)采用硫酸亚铁和蚯蚓复合氨基酸液螯合制备而成^[8],经过无水乙醇纯化,干燥器中干燥。FeSO₄、EDTA-Fe 均为分析纯。

1.2 方法

设置 3 个因素,即 FeSO₄、EDTA-Fe、AA-Fe 4 个水平(化合物浓度)分别为 10、50、100、250 mg/L—空白对照(蒸馏水),共 13 个处理,空白 5 个重复,其他处理 3 个重复。

将小麦种芽,用蒸馏水漂洗一遍,稍干,放在垫有两层定性中性滤纸培养皿中,每皿放 15 粒种芽,每次加 20 mL 供试液,试验共 100 h 每 24 h 补充供试液 20 mL。试验安排在生化培养箱中,光照强度 2 000 lx 光照时间为 12 h 黑暗 12 h。培养 5 d 后测定芽叶长、根长(最长根)、根数、总重、根重、芽重、叶绿素 a 与叶绿素 b、叶绿素 a+b、类胡萝卜素、芽叶的丙二醛、根丙二醛、芽长抑制率、根长抑制率、总质量抑制率、根质量抑制率、芽叶质量抑制率。

1.3 测定方法

小麦的芽和根长(最长根)采用游标卡尺测定,

芽叶重(除去种皮)、根重采用万分之一天平称重。叶绿素 a 和 b 类胡萝卜素测定采用乙醇提取比色法测定,根与芽叶丙二醛(MDA)测定采用三氯乙酸提取比色法^[9]。

根伸长抑制率(%)=[(对照种子平均根长—处理种子平均根长)/对照种子平均根长]×100
芽叶伸长抑制率(%)=[(对照种子平均芽叶长—处理种子平均芽叶长)/对照种子平均芽叶长]×100
根质量抑制率(%)=[(对照种子根平均质量—处理种子根平均质量)/对照种子平均质量]×100
芽叶质量抑制率(%)=[(对照种子芽叶平均质量—处理种子芽叶平均质量)/对照种子平均质量]×100^[10]。

2 结果与分析

2.1 铁盐对小麦幼芽生长指标的影响

如表 1,在浓度为 10 mg/L 时,三种铁盐促进根与芽叶的伸长,方差分析表明,根的促进不显著(P>0.05),FeSO₄与 EDTA-Fe 促进芽伸长效果显著(P<0.05);对于鲜质量的影响来看,三种铁盐均抑制了根生物量的提高;对于芽鲜重的影响,EDTA-Fe 和 AA-Fe 促进了其生物量的提高,FeSO₄产生抑制作用,说明根在形态与质量上响应度高于芽。

表 1 三种铁盐对小麦根与芽的伸长及其质量的抑制率
Tab 1 Effect of different concentration of ferric salt on inhibition rate of length and weight of root and shoot of wheat seeds

浓度/(mg/L) Concentration	品种 Type	根伸长抑制率/% Length inhibition of root	芽叶伸长抑制率/% Length inhibition of shoot	根质量抑制率/% Weight inhibition of root	芽质量抑制率/% Weight inhibition of shoot
0	CK	0 deD	0 eBCDEF	0 eDE	0 deCD
10	FeSO ₄	-0.51 deD	-9.92 ghEF	9.70 33 cdeCDE	0.37 deCD
10	EDTA-Fe	-12.01 3 eD	-17.16 6 7 hF	14.59 bcdCDE	-5.77 6 7 dD
10	AA-Fe	-7.44 deD	-19.18 3 hF	11.24 3 3 bcdeCDE	-4.30 6 7 dD
50	FeSO ₄	5.16 dD	6.51 3 3 cdeBCDE	7.41 6 7 deCDE	5.40 6 7 cdEBCD
50	EDTA-Fe	-12.72 6 7 dD	-6.57 3 3 ghDEF	-29.64 gF	-4.16 dD
50	AA-Fe	4.39 deD	-1.05 3 3 eBCDEF	-9.19 6 7 gEF	1.92 deBCD
100	FeSO ₄	52.3 bBC	12.96 6 7 bcdEABCD	27.45 6 7 bcdBCD	22.56 6 7 abAB
100	EDTA-Fe	33.70 cC	14.77 6 7 deBCDE	27.97 6 7 bcdBCD	29.08 6 aA
100	AA-Fe	68.41 3 abAB	28.43 6 7 ahA	31.59 bBC	29.44 6 7 aA
250	FeSO ₄	78.58 6 7 aA	21.63 3 3 abcAB	53.51 aAB	19.34 3 3 abcABC
250	EDTA-Fe	33.66 cC	16.87 6 bcdABC	30.45 6 bCBC	12.92 bcdABCD
250	AA-Fe	79.38 aA	34.31 3 3 aA	65.59 6 7 aA	33.13 3 3 aA

当铁盐浓度为 50 mg/L 时,EDTA-Fe 促进了根与芽的伸长,差异不显著(P>0.05),其他两种铁盐表现出抑制效果,其中 FeSO₄ 的抑制显著(P<0.05),对根和芽的抑制率分别为 5.16% 和 6.51%。对于鲜质量的影响,EDTA-Fe 促进根与芽鲜质量的提高,其中对根重的提高程度显著(P<0.05)达 29.6%,其他两种铁盐均抑制了芽叶

鲜质量。

浓度提高到 100 mg/L 时,三种铁盐对根与芽叶的伸长,鲜质量均产生不同程度的抑制,其中以 AA-Fe 的抑制程度最高,相对与空白差异极显著(P<0.01),4 个生长指标的抑制率分别为 68.4%、28.4%、31.6%、29.4%;芽叶伸长抑制率上 AA-Fe 与 EDTA-Fe 差异显著;在三种重量抑制率指标上三

种铁盐间差异并不显著 ($P>0.05$)。在对根伸长的影响上, FeSO_4 抑制程度大于 EDTA-Fe ,但在包括芽叶伸长,根与芽鲜质量的抑制程度上, EDTA-Fe 大于 FeSO_4 ,然而两种铁盐在抑制性间的差异并不显著 ($P>0.05$)。这说明小麦幼芽对外源铁盐的伸长抑制率指标灵敏度高于质量抑制率指标。

高浓度 250 mg/L下,根伸长抑制率、芽叶伸长抑制率与根质量抑制率均随着铁盐浓度提高而增加,AA-Fe抑制效果得到进一步提高,抑制程度最高。三种铁盐根伸长抑制率相比,AA-Fe> FeSO_4 > EDTA-Fe ;AA-Fe与 EDTA-Fe 差异显著,与 FeSO_4 差异不显著,这与 100 mg/L时不同铁盐相互间的差异性一致。

2.3 铁盐对小麦幼芽芽叶组织和根系组织中丙二醛浓度的影响

随着外源铁盐浓度的增大,小麦幼芽芽叶和根的 MDA浓度随铁盐品种不同而有变化,如图 1, FeSO_4 与 EDTA-Fe 处理的芽叶和根中 MDA的浓度随铁盐浓度的增大先上升,后下降,芽叶变化幅度分别为 -41.32% ~ 72%和 24.31% ~ 148.96%,根中变化幅度分别为 75% ~ 571%和 90.78% ~

285.82%。AA-Fe处理的芽叶和根中 MDA的浓度随铁盐浓度而提高,变化范围分别为 26.04% ~ 103.82%和 21% ~ 652.48%,芽叶变化幅度小于根。

芽叶 MDA对铁盐的响应可以看出,除 10 mg/L FeSO_4 处理小于对照外,其他各浓度处理均使 MDA浓度上升。浓度低于 50 mg/L时, FeSO_4 处理芽叶 MDA含量低于其他 2个铁盐处理,这之后有一个显著提高;尤其在 100 mg/L时,MDA上升到 $7.85 \mu\text{mol/g}$ 之后明显降低。AA-Fe和 EDTA-Fe 处理为平缓的上升曲线,后者的 MDA浓度高于前者。MDA浓度随着外源铁盐浓度的提高变化显著 ($P<0.05$),在高浓度 250 mg/L下,差异不显著。

根对铁盐的响应可以看出,各处理均使 MDA浓度上升。其中 FeSO_4 处理根中丙二醛在 0 ~ 100 mg/L浓度最高,最大值相对于空白提高了 581%,随后出现下降,这种类似下降趋势在 FeSO_4 对芽叶的影响中也有出现。 EDTA-Fe 处理根中丙二醛浓度一直低于其他 2个铁盐处理。AA-Fe处理在 0 ~ 100 mg/L时,根中丙二醛浓度间于其他两种铁盐。

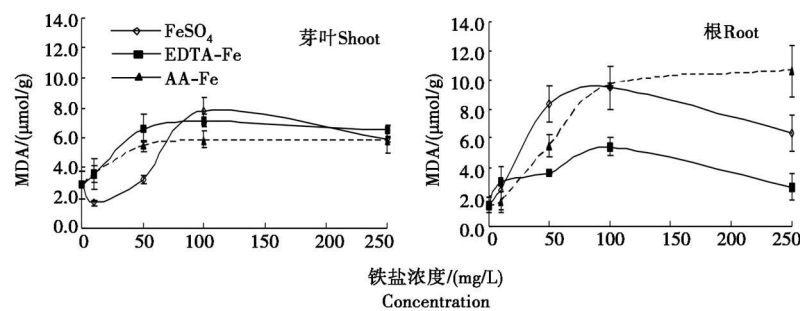


图 1 铁盐对小麦幼芽芽和根中丙二醛的影响

Fig 1 Effect of different concentration on malondialdehyde in shoot and root

3 讨论与结论

由于小麦根伸长完全受生长基质影响,小麦根伸长抑制率是一个较为敏感的指标^[11],李威等^[12]研究发现,小麦根伸长抑制率和聚合氯化铁、聚合硫酸铁、三氯化铁的浓度呈显著正相关关系,对小麦根伸长抑制率从高到低为聚合硫酸铁>三氯化铁>聚合氯化铁。从本试验可以看出, FeSO_4 、 EDTA-Fe 、AA-Fe三种铁盐,在低浓度时促进了小麦幼芽根和芽的伸长,总重的提高。而高浓度铁盐则抑制根和芽的伸长及总重,三种铁盐对小麦幼芽根伸长抑制率相比,AA-Fe> FeSO_4 > EDTA-Fe 。

关于作物在逆境胁迫下抗逆性能的大小,除了要测定其生长形态指标外,还要测定其一定的生理生化指标,如叶绿素含量、根系活力、丙二醛含量

等^[13-15]。丙二醛是膜脂过氧化作用的产物之一,其含量的高低是膜脂过氧化程度的重要标志^[16]。商闯等^[17]研究发现,经低浓度玉米小斑病菌 C毒素培养滤液预处理的玉米叶片中的 MDA含量的下降幅度明显。本试验结果表明, FeSO_4 与 EDTA-Fe 处理的芽叶和根中 MDA的浓度随铁盐浓度的增大先上升,后下降;AA-Fe处理的芽叶和根中 MDA的浓度随铁盐浓度而提高。三种铁盐处理后,MDA浓度在根的变化幅度均大于芽叶,说明根中 MDA浓度对铁盐处理的敏感程度大于芽。

此外,从上述研究可以看出,同浓度时 AA-Fe的根伸长抑制率大于 FeSO_4 和 EDTA-Fe ;而且 AA-Fe处理在 0 ~ 100 mg/L时,根中丙二醛浓度间于其他 2种铁盐。研究发现,氨基酸螯合剂可被作物直接吸收^[18],且能增加微量元素的有效性^[1],由此可

推断,在本试验条件下,小麦幼芽吸收的 AA-Fe态铁素较其他两种盐更多,从而增大了对幼芽根伸长的抑制程度和膜脂的过氧化程度,关于其影响机理有待进一步研究。

参考文献:

[1] 陆景陵. 植物营养学 (上册) [M]. 第 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003 77—80 157.

[2] 汪李平. 植物的铁素营养及缺铁症的防治 (综述) [J]. 安徽农业大学学报, 1995 22(1): 17—22

[3] Welch R M, Graham R D. A new Paradigm for world agriculture meeting human needs productive sustainable nutritious [J]. Field Crops Research, 1999 60 1—10

[4] Lonnerdal B, Liu X, Theil E. Iron absorption from soybean ferritin in nonanemic woman [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2006 83 103—107.

[5] 蒿宝珍, 李万昌, 姜丽娜, 等. Fe²⁺对小麦籽粒萌发及幼芽铁积累和分配的影响 [J]. 江苏农业科学, 2008 3 19—22

[6] Chen S Y. Risk of membrane fat per oxidation to plant cell [J]. Chinese Bull Plant Physiol, 1991 27(2): 82—90

[7] Chen Y X, He Y F, Luo Y M, et al. Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium [J]. Chemosphere, 2003(50): 789—793

[8] 王彬彬, 聂俊华, 李志强, 等. 外源蛋白酶对蚯蚓蛋白酶解的影响 [J]. 中国农学通报 2009 25(01): 224—

228

[9] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002 55—142

[10] 徐钰. 波尔多液营养保护剂在土壤中生化行为及作物效应研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2008

[11] An Y J. Soil ecotoxicity assessment using cadmium sensitive plants [J]. Environ Pollut, 2004 127: 21—26

[12] 李威, 周启星, 华涛. 铁盐絮凝剂与金属镉对小麦种子发芽与根伸长的毒性效应 [J]. 农业环境科学学报, 2008 27(2): 420—424

[13] 陆晓民, 朱世东. 水分胁迫下几种药剂对早熟毛豆幼苗生长及抗性生理的影响 [J]. 水土保持学报, 2005 19(2): 195—198

[14] 梁慧敏, 夏阳, 王太明. 植物抗寒冻、抗旱、耐盐基因工程研究进展 [J]. 草业学报, 2003 12(3): 1—7

[15] 卢少云, 陈斯曼, 陈斯平, 等. ABA 多效唑和烯效唑提高狗牙根抗旱性的效应 [J]. 草业学报, 2003 12(6): 100—104

[16] 郭洪雪, 宋希云, 燕增文, 等. 高温胁迫对小麦幼苗几个生理生化指标的影响 [J]. 华北农学报, 2007 22 (增刊): 71—74

[17] 商闯, 马春红, 翟彩霞, 等. 丙二醛 (MDA)含量在玉米诱导抗病过程中的变化 [J]. 华北农学报, 2007 22 (增刊): 29—32

[18] 邵建华, 陆腾甲. 氨基酸微肥的生产和应用进展 [J]. 磷肥与复肥, 2000 15(4): 48—51