维普资讯 http://www.cqvip.com

第26卷 第6期
1998年12月
西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis
Vol. 26 No. 6
Dec. 1998

砷对小麦种子萌发影响的探讨

肖 玲 梁圈社 王清华
(西北农业大学资源与环境科学系,陕西杨凌 712100)

摘 要 以砷对小麦种子萌发的影响进行了研究,结果表明:砷浓度≤7.5 mg·L^{-1}时,对小麦发芽率、芽长的影响不大;砷浓度>7.5 mg·L^{-1}时,砷浓度与发芽率、芽长呈显著的负相关;砷浓度≥1.0 mg·L^{-1}时,对根长有显著影响,浓度愈大,抑制愈强。砷对根系活力、α-淀粉酶活性有极显著、显著地抑制作用,对呼吸强度亦有抑制趋势。两种价态砷毒性不同,对形态特征的毒性为As(Ⅲ)>As(Ⅴ),对生理生化特性的毒性为As(Ⅴ)>As(Ⅲ).

关键词 砷,小麦,形态特征,生理生化特性
分类号 X—53

砷是生态环境中主要的污染元素,生产中含砷废物大多未经处理就排入环境中,由此而带来的生态环境问题日趋严重[1]。砷对水稻、小麦、玉米、棉花、蚕豆、扁豆、萝卜等作物生长的危害已有一些报道[1~4],但研究多侧重于作物对砷的吸收和积累,而对种子萌发过程中生理生化变化机理的研究较为少见。本试验通过As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对冬小麦种子萌发生长和某些生理生化特性的影响研究,探讨砷对小麦萌发生长影响的机理,为砷化物在环境质量的生物监测和制订环境质量标准等方面提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试品种为西农881小麦。砷标准贮备液的配制,用分析纯的$NaASO_2$和$Na_3ASO_4 \cdot 12H_2O$配制浓度均为100 mg·L^{-1}的As(Ⅲ)和As(Ⅴ)标准贮备液。使用时,再用去离子水稀释成所需的浓度系列。

1.2 试验方法

在直径为10 cm的培养皿中放入与皿底大小相同的滤纸一张,然后分别加入As(Ⅲ)和As(Ⅴ)不同浓度系列标准液20 mL.把精选的小麦种子,用去离子水洗净擦干后,每个培养皿中各种60粒。置于(25±1)℃恒温培养箱中培养,以空白(去离子水)为对照。每个处理重复3次。培养期间,定时添加一定量的去离子水,以保持滤纸湿润。培养5 d后,统计发芽率,测量根长、芽长等形态指标;并用文献[5]的方法测定α-淀粉酶活性,用小筐子法测定呼吸强度[6],用TTC法测定根系活力[6]。

2 结果与讨论

2.1 砷对小麦种子萌发生长的影响

2.1.1 对发芽率的影响 不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子发芽率的影响见表1.

收稿日期 1997-12-23
作者简介 肖玲,女,1941年生,副教授

维普资讯 http://www.cqvip.com

从表1看，两种价态的砷对小麦种子发芽率的影响趋势基本相同，即浓度越大、发芽率越低，但砷浓度≤7.5 mg·L^{-1}时，对发芽率影响不甚明显，当浓度>7.5 mg·L^{-1}后，浓度与发芽率之间呈极显著的负相关，其相关系数As(Ⅲ)处理为-0.963**，As(Ⅴ)处理为-0.952**。从表中还看出As(Ⅲ)和As(Ⅴ)的毒性大小不同。如砷浓度为50 mg·L^{-1}时，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)发芽率分别为34.1%和54.2%。由此可见砷对小麦种子发芽率的影响As(Ⅲ)>As(Ⅴ)。

表1　不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子发芽率的影响　　%

处理浓度/(mg·L^{-1})	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/(mg·L^{-1})	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	100.0 a	100.0 a	10.0	87.8 a	83.7 b
0.1	95.0 a	99.3 a	15.0	63.2 b	78.7 bc
1.0	97.8 a	98.1 a	25.0	56.1 b	66.8 c
5.0	85.5 a	91.1 a	50.0	34.1 c	54.2 c
7.5	86.7 a	86.8 ab			

注：①表中数据系3个重复之均值；②a、b、c间达5%的差异显著性水平(L.S.D)；③以下表格情况类同。

2.1.2　对芽长的影响　不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发芽长的影响见表2。表2表明，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)不同浓度与芽长之间有极显著、显著的负相关性，其相关系数分别为-0.889**和-0.751*。方差分析(表2)表明，当砷浓度≤7.5 mg·L^{-1}时，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对芽长还有显著的刺激作用；当As(Ⅲ)浓度≥25 mg·L^{-1}时，抑制作用达5%的显著水平，而As(Ⅴ)浓度≥50 mg·L^{-1}时，芽长才受到显著抑制。由此可知，砷在较高浓度下对芽长的抑制作用也是As(Ⅲ)>As(Ⅴ)。

表2　不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发芽长的影响　　cm

处理浓度/(mg·L^{-1})	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/(mg·L^{-1})	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	7.70 b	7.70 b	10.0	8.46 ab	7.53 b
0.1	9.11 a	9.30 a	15.0	7.07 bc	7.35 b
1.0	8.56 a	9.11 a	25.0	6.70 c	7.07 bc
5.0	8.65 a	8.74 a	50.0	5.39 d	6.79 c
7.5	9.02 a	8.84 a			

2.1.3　对萌发期根长的影响　不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发期根长的影响见表3。由表3看，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)不同浓度与根长之间有极显著的负相关性，相关系数分别为-0.858**和-0.926**。As(Ⅲ)浓度≥1.0 mg·L^{-1}时，根生长受到明显抑制，而As(Ⅴ)浓度≥5.0 mg·L^{-1}时，根生长才表现出明显的受抑制现象。可见砷对根生长的抑制作用还是As(Ⅲ)>As(Ⅴ)。这是因为砷的毒性与溶液的pH值有很大关系，pH值越高，砷对植物的毒性越大。随着As(Ⅲ)和As(Ⅴ)浓度的增大，其溶液的pH值亦升高，由于相同浓度的As(Ⅲ)溶液的pH值高于As(Ⅴ)溶液的pH值，故导致As(Ⅲ)的毒性大于As(Ⅴ)的毒性[2]。

在试验中还观察到，随着砷浓度的升高，根系变得短粗而且弯曲，侧根丛生，呈明显的抑制畸形，这是因为主根生长点细胞容易受毒物伤害，细胞分裂增殖被抑制，生长点附近的细胞分裂加快，生出许多次生根，因而导致根系侧根丛生，呈毛刷状[2]。

维普资讯 http://www.cqvip.com

此外，由表2及表3还看出，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发期根的影响大于对芽的影响。如As(Ⅲ)和As(Ⅴ)浓度均为50 mg·L⁻¹时，芽长比对照分别减少了30.0%和11.82%，而相应的根长比对照减少了59.7%和72.25%。

表3 不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发根长的影响 cm

处理浓度/(mg·L⁻¹)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/(mg·L⁻¹)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	11.75 a	11.75 a	10.0	7.71 d	7.81 c
0.1	11.86 a	11.27 a	15.0	7.03 d	6.26 d
1.0	10.12 b	11.40 a	25.0	4.11 e	5.32 de
5.0	9.24 c	9.04 bc	50.0	1.75 e	3.26 e
7.5	9.35 c	9.71 b			

2.2 砷对小麦种子萌发生理生化特性的影响

α-淀粉酶是淀粉水解的主要催化剂，为种子萌发提供能源和营养，用以形成小麦幼苗新的组织和器官，如根和芽等。琥珀酸脱氢酶是三羧酸循环(TCA)过程中，生物有氧呼吸供能方式的关键性脱氢酶，其活性大小直接影响着新的组织和器官的形成和生长，此酶主要存在于根系中，其活性大小可以表示根系活力的大小。种子萌发是一个需能的过程，而能量主要是由呼吸作用供给的，呼吸作用加强，产生大量的ATP和呼吸中间产物，为种子萌发、新组织和器官的形成提供能量和物质基础。通过测定α-淀粉酶活性、根系活力以及呼吸强度，可进一步了解小麦种子受砷污染协迫下的萌发机理和内在动力。

2.2.1 对萌发期呼吸作用的影响 不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发呼吸作用的影响见表4. 从表4看，As(Ⅲ)和As(Ⅴ)在低浓度水平时，对小麦种子萌发期的呼吸有刺激作用，如As(Ⅲ)浓度为7.5 mg·L⁻¹时，种子萌发的呼吸强度最大，为对照的1.7倍多，当As(Ⅲ)浓度为25 mg·L⁻¹时，才表现出明显地抑制作用。As(Ⅴ)在浓度为0.1 mg·L⁻¹时呼吸强度最大，当浓度≥7.5 mg·L⁻¹时，对小麦种子萌发的呼吸作用有显著抑制，且随浓度的增大而增强。由此可见，As(Ⅴ)对小麦种子萌发呼吸强度的抑制作用明显大于As(Ⅲ)。

表4 不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦种子萌发呼吸强度的影响 mg·粒⁻¹·h⁻¹

处理浓度/(mg·L⁻¹)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/(mg·L⁻¹)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	0.244 b	0.237 b	7.5	0.418 a	0.150 c
0.1	0.281 b	0.406 a	15.0	0.249 b	0.131 c
1.0	0.377 a	0.212 b	25.0	0.101 c	0.100 c

注：呼吸强度以每小时测定的30粒萌发种子CO_2的毫克数。表中数据为每粒种子的平均值。

2.2.2 对萌发期α-淀粉酶活性的影响 不同浓度As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对小麦萌发期α-淀粉酶活性的影响(表5)，经相关分析，均呈显著的负相关性，相关系数分别为−0.671*和−0.666*，当两者的浓度为7.5 mg·L⁻¹时，α-淀粉酶活性最大，随着浓度的升高和降低，酶活性都呈下降趋势。不同的是，在相同的浓度下，As(Ⅲ)处理的α-淀粉酶活性都大于As(Ⅴ)。可见，As(Ⅴ)对小麦种子萌发期α-淀粉酶活性的抑制作用大于As(Ⅲ)。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表5　不同浓度 As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)对小麦种子萌发期 α-淀粉酶活性的影响

$mg \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$

处理浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	15.62	15.62	10.0	15.52	12.90
0.1	14.90	9.86	15.0	14.40	10.70
1.0	13.46	11.78	25.0	12.94	9.20
5.0	14.28	12.50	50.0	12.20	8.36
7.5	16.82	14.48			

注：α-淀粉酶活性以每5 min 测定的每克种子萌发期麦芽糖的毫克数表示，表中数据为每分钟的平均值。

2.2.3　对萌发期根系活力的影响　不同浓度 As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)对小麦种子萌发期根系活力的影响见表6. 经相关分析，As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)不同浓度与根系活力之间有极显著的负相关性，相关系数分别为-0.924^{**}和-0.886^{**}. 随着砷浓度的升高，根系活力逐渐降低。不同的是 As(Ⅲ)在低浓度0.1 $mg \cdot L^{-1}$时，对根系活力有刺激作用，而 As(Ⅴ)没有这一现象。此外，在相同浓度 As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)处理下，小麦种子萌发期根系活力的大小为 As(Ⅴ)<As(Ⅲ)，所以对小麦种子萌发期根系活力的抑制作用为 As(Ⅴ)>As(Ⅲ)。

表6　不同浓度 As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)对小麦种子萌发期根系活力的影响　　$mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$

处理浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)	处理浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	As(Ⅲ)	As(Ⅴ)
0.0	0.526	0.526	7.5	0.383	0.316
0.1	0.553	0.458	10.0	0.382	0.296
1.0	0.489	0.384	15.0	0.370	0.264
5.0	0.467	0.345			

注：根系活力以每克鲜重根中的 TTC 还原量的毫克数表示。

2.3　小麦种子萌发期生理生化特性的变化与生长形态之间的关系

经相关分析，砷对小麦种子萌发期生理生化特性的影响变化规律与形态的影响变化规律基本一致。如在 As(Ⅲ)处理下，小麦种子萌发期 α-淀粉酶的活性与发芽率，根系活力与根长之间分别有显著和极显著的正相关性，相关系数为0.688^{*}和0.927^{**}、在 As(Ⅴ)处理下，小麦种子萌发期的根系活力与发芽率、根长之间有极显著、显著的正相关性，相关系数分别为0.889^{**}，0.867^{*}、As(Ⅲ)和 As(Ⅴ)处理下的呼吸强度与发芽率、芽长、根长之间有正相关趋势，但大多数未达到显著水平，其相关系数分别为0.641和0.766；0.851^{*}和0.668；0.606和0.713. 这些结果表明，砷对小麦种子萌发形态特征的影响机理主要是砷对其生理生化特性的影响，即对酶系统活性和呼吸强度的抑制所致。

3　结　论

1)砷对小麦种子萌发期发芽率、芽长、根长和根系活力、α-淀粉酶活性等指标均有显著和极显著的影响，浓度愈大抑制作用愈强。对呼吸强度的影响亦呈负相关趋势。

2)砷对小麦萌发期形态特征的影响机理主要是对酶系统活性和呼吸强度的抑制作用所致。

3)两种价态砷污染对小麦种子萌发期形态变化和生理生化变化影响的毒性不同；对发芽率、芽长、根长的毒性是 As(Ⅲ)>As(Ⅴ)；对呼吸强度、α-淀粉酶、根系活力的毒性是

维普资讯 http://www.cqvip.com

As(Ⅴ)>As(Ⅲ)。

参 考 文 献

1 王华东. 环境中的砷. 北京:中国环境科学出版社,1992

2 胡家恕,郜爱萍,叶兆杰. 砷化镓和其它砷化物对大豆种子萌发和异柠檬酸裂解酶(ICL)及超氧物歧化酶(SOD)活性的影响. 农业环境保护,1994,13(5):194~198

3 杨志敏. 锌污染对小麦萌发期生长和某些生理生化特性的影响. 农业环境保护,1994,13(3):121~123

4 胡勤海. GaAs,As(Ⅲ)和As(Ⅴ)对蔬菜种子萌发生理影响研究. 农业环境保护,1996,15(2):53~57

5 西北农业大学主编. 淀粉酶活性测定. 基础生物化学实验指导. 西安:陕西科学技术出版社,1985

6 西北农业大学植物生理生化教研组编. 植物生理学实验指导. 西安:陕西科学技术出版社,1987

Investigation on the Effect of Arsenic on Wheat Seed Germination

Xiao Ling Liang Quanshe Wang Qinghua

(Department of Resources and Environmental Science, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Through studying arsenic effect on winter wheat germination, the results obtained are as follows: with a concentration $\leqslant 7.5$ mg·L^{-1}, arsenic has little influence on germination percentage and bud length, but with arsenic concentration >7.5 mg·L^{-1}, a significant negative correlation occurs between the arsenic concentration and the germination percentage and bud length; with arsenic concentration $\geqslant 1.0$ mg·L^{-1}, the effect of arsenic on root length has significant influence, and its inhibition will be stronger when the concentration increases. The inhibition of arsenic on root activity and α-amylase activity is very significant or significant, and arsenic also has significant inhibition to respiratory intensity. But the toxic actions of contamination of the two different valence's arsenic are different: the toxic action of As(Ⅲ) with morphogical peculiarity is larger than that of As(Ⅴ). On the contrary, the toxic action of As(Ⅴ) with physiological-biochemical characters is larger than that of As(Ⅲ).

Key words arsenic, winter wheat, morphological peculiarity, physiological-biochemical characteristic