BS－12 对小麦种子萌发与幼苗生长的影响

袁　进[1],孟昭福[1],郭彩虹[1],任鹏娟[2],马云飞[2]
(1.西北农林科技大学理学院,陕西 杨凌 712100;2.西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

摘　要:通过水培和盆栽试验,研究了不同浓度 BS－12 污染对小麦种子萌发与小麦幼苗生长的影响。结果表明,水培中 10 mg/L 的 BS－12 能够促进小麦种子萌发,BS－12 浓度大于 10 mg/L 时,随 BS－12 浓度增大小麦萌发受到的抑制作用增大;土壤中 BS－12 添加比例以 0.5% 为分界点,高于 0.5% 时小麦幼苗受到伤害与抑制作用,低于 0.5% 时小麦幼苗受到促进作用;BS－12 对小麦地下部的伤害大于对地上部的伤害。

关键词:BS－12;小麦;丙二醛;脯氨酸;叶绿素
中图分类号:X503.231;S512.101　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-7601(2011)04-0064-05

在水资源匮乏的干旱半干旱地区,污水灌溉成为旱地农业中常用的一种方法,污水中的有机污染物也成为土壤环境中的污染源之一。由于表面活性剂在工业生产和日常生活中的大量应用,使得表面活性剂也能够通过污灌的途径进入土壤环境中,在土壤中形成污染[1,2]。

国内外学者对于表面活性剂污染对植物生长影响的研究十分关注。黄士忠[3]等研究表明,直链烷基苯磺酸钠(LAS)对小麦等农作物根的表面组织和细胞有损伤作用。马忠明[4]发现较低浓度的十二烷基磺酸钠(DBS)、十二烷基硫酸钠(SDS)能够促进小麦幼苗生长,高浓度的 DBS、SDS 则具有抑制作用。束良佐[5]研究了十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)对玉米幼苗的毒害作用,发现高浓度的 CATB 对玉米的毒害作用并不明显。

目前有关表面活性剂毒性作用的研究主要集中在阴离子、阳离子表面活性剂对植物的影响上,而两性表面活性剂对植物生长的影响研究较少。十二烷基甜菜碱(BS－12)是一种典型的两性表面活性剂,与其他类型表面活性剂比较,其亲水基上同时具有阳离子基团和阴离子基团,具有良好的起泡力、洗涤力,具有对人体皮肤刺激性小、耐硬水的特点,可作为香波起泡剂和染色助剂而被广泛应用[6]。由于两性表面活性剂结构上与阴离子、阳离子表面活性剂不同,因此污染土壤中两性表面活性剂对植物生长影响的研究,对保护旱地土壤生态环境和农业生产具有重要意义。

本试验以不同浓度的 BS－12 为污染物,通过水培与盆栽,研究了不同浓度 BS－12 对小麦种子萌发与小麦幼苗生长的影响,比较了 BS－12 在不同浓度下小麦生物量、丙二醛、脯氨酸、叶绿素含量等各项指标的影响,力图探明 BS－12 对小麦萌发和生长的影响机制,为旱地土壤中表面活性剂的污染防治提供理论依据。

1.材料与方法

1.1　供试材料

小麦品种为西农 979。

为保证试验土壤无农药,选用西北农林科技大学北校区花园塿土,土壤理化性质见表 1。

表 1　供试塿土基本理化性质

Table 1　Basic physical and chemical properties of Lou soil for experiment

pH	速效磷(mg/kg) Available phosphorus	速效钾(mg/kg) Available kalium	全氮(g/kg) Total nitrogen	有机质(g/kg) Organic matter	阳离子交换量 CEC(mmol/kg)
8.64	9.57	191.2	10.83	10.92	183.08

供试两性表面活性剂十二烷基二甲基甜菜碱(Duodalkylbetaine,BS－12),由天津兴光助剂厂提供,AR。

1.2　试验设计

1.2.1　水培试验　选择均匀饱满的小麦种子,

收稿日期:2011-02-01
作者简介:袁　进(1986—),男,陕西旬阳人,硕士研究生,主要研究方向为土壤污染修复。E-mail:yj986320@163.com。
通讯作者:孟昭福,E-mail:zfmeng@126.com。
万方数据

0.1% 的 $HgCl_2$ 浸泡消毒 6 min 后,用去离子水冲洗 3 遍。吸水纸吸干水分后,将种子均匀放在铺有滤纸的培养皿中,每皿 50 粒。配制浓度为 0,5,10,50,100 mg/L 的 BS－12 溶液,分别放入培养皿中,至滤纸饱和。将各处理培养皿放入 HZQ－F160 全自动光照培养箱,恒温为 25℃±1℃。发芽期间每隔 24 h 记录一次种子发芽数,并在称重后补充 BS－12 原溶液,第 7 天统计发芽率,并量芽长、根长。所有处理均重复 3 次。

1.2.2　盆栽试验　供试土壤风干后过 2 mm 筛,按其 CEC 以 0% (0 mg/kg)、0.1% (49 mg/kg)、0.5% (247 mg/kg)、1% (494 mg/kg)和 5% (2 472 mg/kg)的比例经计算后称取 BS－12,并将 BS－12 与土壤搅拌混匀,待其自然风干后研磨过筛。计算方法见下式。

$$W = m \times CEC \times 270.1 \times 10^{-6} \times R$$

式中,W 为修饰剂的质量(g);m 为土壤质量(g);CEC 为供试土壤的阳离子交换量(mmol/kg);R 为修饰比例;270.1 是 BS－12 的摩尔质量(g/mol)。

盆栽试验中,每盆(ϕ1 210 cm)装干土 1.0 kg,种植小麦 100 株,随机排列于温室中,每日定时光照 12 h,并称重后用去离子水浇灌。所有处理重复 3 次。21 d 后收获,将小麦幼苗分为地上部和地下部,测量地上部和地下部脯氨酸和丙二醛含量、地上部叶绿素和总体干重。

1.3　测定方法

叶绿素含量采用 80% 丙酮比色法测定;丙二醛含量采用 2－硫代巴比妥酸比色法;脯氨酸含量采用茚三酮比色法[7]。

1.4　数据处理

萌发指标的计算方法如下:

发芽率(100%)=供试种子的发芽数/供试种子数×100%

$$发芽指数 = \sum Gt/Dt$$

$$活力指数(VI) = GI \times S$$

式中,Gt 为 t 时间内的发芽数,Dt 为相应的发芽天数,GI 为发芽指数,S 为芽的长度＋根的长度[8]。

试验数据统计及方差分析均采用 SPSS 程序。

2　结果与分析

2.1　水培环境中 BS－12 对小麦种子萌发的影响

从表 2 水培试验中小麦萌发指标结果可以看出,除各处理的发芽率与对照组相比无显著差异外($P>0.05$),其余指标均随 BS－12 处理浓度增大而变化。在 5、10、50 mg/L BS－12 处理下,发芽指数的变化趋势与发芽率相同,但 100 mg/L 的 BS－12 处理使发芽指数显著降低($P<0.05$),说明高浓度的 BS－12 减慢种子萌发速度。以 10 mg/L 为分界点,BS－12 浓度低于 10 mg/L 时,芽长、根长和活力指数的变化均呈先降后升趋势;BS－12 浓度高于 10 mg/L 时,芽长、根长和活力指数则随着 BS－12 浓度增大而减小。结果显示,BS－12 的浓度为 10 mg/L 时,芽长、根长和活力指数与对照相比均显著($P<0.05$)增大,且为最大值。表明 10 mg/L BS－12 能够刺激种子萌发后的生长。BS－12 的浓度为 50、100 mg/L 时,芽长、根长和活力指数与对照相比均显著($P<0.05$)降低,并在 100 mg/L 时为最小值。表明 5 个处理中 100 mg/L 时种子萌发后的生长受到的抑制作用最大。100 mg/L 的 BS－12 处理时,芽长和根长显著($P<0.05$)下降约 13% 和 37%,表明 100 mg/L的 BS－12 对根的抑制作用大于芽。

表 2　水培试验中小麦萌发指标

Table 2　The germination index of wheat in water culture

指标 Index	BS－12 质量浓度 BS－12 concentration(mg/L)				
	0	5	10	50	100
发芽率 Germination rate(%)	93.7±4.5a	93.0±4.6a	94.0±4.0a	95.3±2.3a	94.7±1.2a
发芽指数 Germination index(%)	22.3±0.6a	22.0±1.0a	21.2±0.3ab	21.7±0.6ab	20.7±0.6b
活力指数 Vitality index	287.7±0.5b	253.1±11.6c	292.6±13.7a	247.4±10.3b	198.7±2.3d
芽长 Stem length(cm)	4.7±0.2b	4.3±0.1c	5.0±0.2a	4.6±0.1bc	4.1±0.1d
根长 Root length(cm)	8.2±0.2b	7.2±0.3c	8.8±0.3a	6.8±0.2d	5.5±0.1e

注:同行数字后面具有相同字母表示在 0.05 显著性水平上差异不显著。

Note: Figures affixed with the same letter in the same row express insignificant difference at 5% level.

2.2　盆栽试验中 BS－12 对小麦幼苗株高、根长和干重的影响

由表 3 盆栽试验生物量指标可以看出,土壤中 BS－12 的添加比例低于 0.5% 时,小麦幼苗的株高、根长和干重随着 BS－12 的增大而增大,且在 0.5% 时各指标为最大值。表明此时小麦生长受到促进作

万方数据

用。土壤中 BS－12 的添加比例高于 0.5% 时，小麦幼苗的株高、根长和干重均随着 BS－12 的增大而降低，并且在 BS－12 添加比例为 5% 时各指标为最小值。表明此时小麦生长受到抑制作用。结果同时显示，对于小麦幼苗的生长，0.5% 的 BS－12 添加比例为抑制和促进的分界点。

表 3 盆栽试验小麦生物量指标(第 21 天)

Table 3 The biomass indices of wheat in the pot experiment (On 21th day)

指标 Index	BS－12 比例 BS－12 ratio				
	0%	0.1%	0.5%	1%	5%
株高 Stem length (cm)	15.07±0.87b	16.54±0.13ab	17.11±0.19a	15.13±0.24b	13.11±0.10c
根长 Root length (cm)	17.97±0.70c	20.10±0.16b	22.79±0.23a	18.39±0.29c	15.93±0.12d
干重 Dry weight (mg/plant)	42.22±0.72b	42.84±0.31b	45.94±0.90a	41.75±0.54b	36.60±0.42c

注：同行数字后面具有相同字母表示在 0.05 显著性水平上差异不显著。

Note: Figures affixed with the same letter in the same row express insignificant difference at 5% level.

2.3 盆栽试验 BS－12 对小麦幼苗生理指标的影响

第 21 天小麦幼苗叶绿素含量见图 1。叶绿素含量的变化与表 2 中株高、根长和干重的变化呈良好的一致性，均呈先扬后抑趋势。0.5% 的 BS－12 添加比例为分界点，BS－12 的添加比例低于 0.5% 时，叶绿素含量随 BS－12 比例增大而增大；BS－12 的添加比例高于 0.5% 时，叶绿素含量随 BS－12 比例增大而降低。

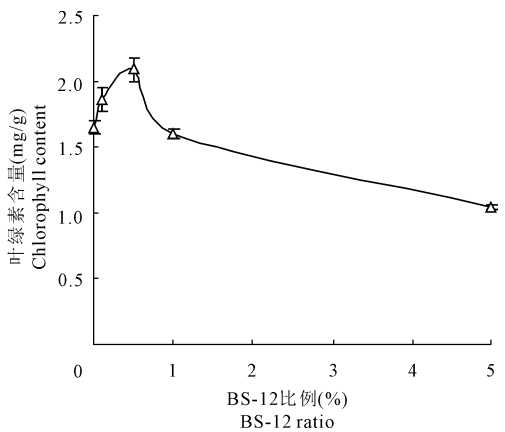

图 1 盆栽试验中第 21 天小麦叶绿素含量

Fig.1 The content of wheat chlorophyll in the pot experiment

第 21 天小麦幼苗丙二醛、脯氨酸含量见图 2。可以看出，以 0.5% 的 BS－12 添加比例为界，地上部和地下部丙二醛、脯氨酸含量随 BS－12 浓度变化而变化的趋势不同。当 BS－12 添加比例低于0.5% 时，随 BS－12 浓度增大，地上部和地下部丙二醛、脯氨酸含量与对照比较无显著差异（$P>0.05$）；当 BS－12 添加比例高于 0.5% 时，小麦地上部和地下部的丙二醛含量、脯氨酸含量开始随 BS－12 添加比例的增大而显著升高（$P<0.05$）。在 BS－12 的最大添加比例 5% 时，小麦地上部和地下部的丙二醛含量达到最大，与对照相比分别增加约 22%、90%；小麦地上部和地下部的脯氨酸含量与对照比分别增加约 27%、106%。此外，图 2 同时显示，小麦地上部与地下部之间的丙二醛含量差值、脯氨酸含量差值均随 BS－12 添加比例增大而增大。这说明小麦地下部受到 BS－12 的伤害作用大于地上部，这与水培试验中 BS－12 对根的抑制作用大于芽相呼应，具有较好的一致性。

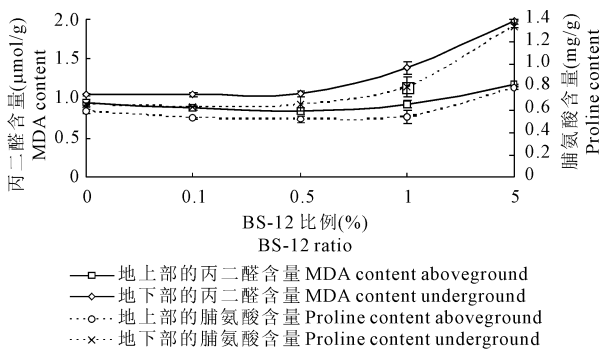

图 2 盆栽试验小麦丙二醛含量与脯氨酸含量(第 21 天)

Fig.2 The content of proline and MDA in the pot experiment (On 21th day)

3 讨 论

盆栽试验中 0.1%、0.5%、1%、5% 的 BS－12 添加比例，经换算后 BS－12 在土壤中的浓度分别为 49、247、494、2 472 mg/kg。盆栽试验中 247 mg/kg 的 BS－12(相当于 0.5% BS－12 添加比例)能促进小麦幼苗的生长，而水培试验中 100 mg/L 的 BS－12 已经严重抑制了小麦种子的萌发。说明 BS－12 对植物产生毒害作用，在土壤环境中需要比水培下更高的浓度。这主要是因为土壤表面带有负电荷，能够与 BS－12 上带正电荷亲水基(氨基)通过静电引力结合[9,10]，降低了 BS－12 的生物有效性，因此土壤中的污染物只有在比水培下更高的浓度才能表现出其的毒害效应。此外，土壤环境存在的大量微生物，

万方数据

在一定程度上对 BS－12 也具有降解作用[11]。

由图 1、图 2 和表 3 可见。盆栽试验中,BS－12 添加比例为 0.5% 时,BS－12 促进小麦幼苗的生长。BS－12 添加比例为 5% 时,小麦幼苗受到的毒害作用最大。可见,0.5% 的 BS－12 土壤添加比例是 BS－12 对植物生长产生影响的临界点,低于 0.5% 添加比例,BS－12 对小麦无毒害作用,而高于 0.5% 添加比例,BS－12 对小麦幼苗生长开始具有毒害作用且抑制其生长。

对试验中不同小麦生长指标及生理生化指标之间进行相关分析,所得相关系数结果见表 4。结果显示,随着土壤中 BS－12 添加比例增大,叶绿素含量与干重、株高和根长之间均呈极显著正相关,说明叶绿素、干重、株高和根长对于 BS－12 显示出一致的响应,叶绿素能够表现出小麦幼苗的生长情况。脯氨酸和丙二醛含量分别与株高、根长、干重呈显著负相关,证实了丙二醛与脯氨酸能够较为准确地反映出植物受伤害程度,因此可以做小麦表征 BS－12 危害的特征性指标。

表 4　盆栽试验小麦生理生化指标与生物量指标的相关关系

Table 4　Relationship between biomass and biochemical index of wheat in the pot experiment

指标 Index	干重 Dry weight	株高 Stem length	根长 Root length
叶绿素 Chlorophyll	0.938 * *	0.962 * *	0.940 * *
地上部丙二醛 MDA above ground	－0.640 *	－0.702 * *	－0.690 * *
地下部丙二醛 MDA underground	－0.705 * *	－0.729 * *	－0.647 * *
地上部脯氨酸 Proline above ground	－0.665 * *	－0.710 * *	－0.660 * *
地下部脯氨酸 Proline underground	－0.719 * *	－0.738 * *	－0.644 * *

注:临界相关系数,$n=15$,$r_{0.05}=0.441$,$r_{0.01}=0.641$。

Note: the critical correlation coefficient, $n=15$, $r_{0.05}=0.441$, $r_{0.01}=0.641$。

BS－12 分子上有疏水性长碳氢链和分别带正、负电荷的 2 个亲水基团,BS－12 分子中的疏水性长碳氢链能够插入细胞膜的磷脂双分子层,引起膜结构的损伤,同时使膜的透性改变,并进入细胞内部。大量 BS－12 进入小麦细胞内后,BS－12 分子的亲水基团——氨基和羧基,容易与膜上的蛋白质结合,改变蛋白质的分子构象或引起蛋白质的变性,从而导致小麦细胞丧失部分生理功能。由于大量 BS－12 破坏细胞膜后能刺激活性氧生成,增加了活性氧与膜中不饱和脂肪酸的反应几率,进而刺激细胞产生大量丙二醛[12]。同时由于细胞膜结构损伤后,细胞物质外流,导致渗透压不平衡,因此小麦细胞会分泌大量的脯氨酸来进行渗透调节[12,13]。综上所述,无论水培还是盆栽,高浓度和高比例的 BS－12 均能够明显对小麦产生伤害并引起大量脯氨酸与丙二醛的产生。这与刘红玉等利用投射电镜研究阴离子型表面活性剂(LAS)对水生植物水浮莲的损伤作用类似[14]。

试验结果同时显示,水培中 10 mg/L 与土壤中 0.5% 比例的 BS－12 能够促进小麦生长,这可能是由于低浓度 BS－12 被小麦吸收。有研究表明[15],外来有机污染物能通过诱导小麦细胞产生新结构蛋白质(逆境蛋白),这种新蛋白质能够与污染物结合并不被其破坏结构功能。BS－12 被逆境蛋白[16]钝化后受到降解,降解物可能作为小麦吸收利用的碳源和氮源,在一定程度上刺激了小麦的生长。但目前关于低浓度表面活性剂刺激植物生长方面的研究较少,有待进一步探索。

此外,在水培试验与盆栽试验中,小麦地下部受到 BS－12 的伤害均大于地上部受到的伤害。这与小麦通过地下部吸收 BS－12,并将其部分运输到地上部有关。由于小麦地下部的 BS－12 浓度高于地下部,因此其对地下部伤害作用大于地上部。

4　结　论

水培试验中,10 mg/L BS－12 能够刺激小麦萌发后的生长;BS－12 浓度高于 10 mg/L 时,小麦种子受到的抑制作用随着 BS－12 浓度增大而增大。盆栽试验中,土壤 BS－12 添加比例小于或等于 0.5% 时,BS－12 能促进小麦幼苗的生长;添加比例大于 0.5% 时,小麦幼苗受到的抑制作用随着 BS－12 浓度增大而增大。小麦地下部受到 BS－12 的伤害作用大于地上部。

参 考 文 献:

[1] 禾治宇,冯彩英.阴离子主表面活性剂的生态学及毒性评估[J].日用化学工业,2000,30(4):22—24.

[2] 刘红玉,廖柏寒,鲁双庆,等.LAS 和 AE 对水生植物损伤的显微和亚显微结构观察[J].中国环境科学,2001,(6):527—530.

[3] 黄士忠,陈国光,王德荣,等.合成洗涤剂(LAS)对农作物影响的研究[J].农业环境保护,1994,13(2):58—62.

[4] 马忠明.十二烷基苯磺酸钠对小麦幼苗生长的影响[J].临沂师范学院学报,2001,23(4):74—75.

[5] 束良佐,朱育晓.Al^{3+} 和阳离子型表面活性剂复合污染对玉米幼苗的影响[J].农村生态环境,2001,17(2):50—52.

[6] 方　云.两性表面活性剂的开发和应用[C]//化工部工业表面活性剂信息中心.工业表面活性技术技术经济文集(2).大连:

万方数据

大连出版社,1996:99—106.
[7] 沈伟其.测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法[J].植物生理通讯,1998,127:62—67.
[8] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1995.
[9] 姜 霞,高学晟,应佩峰.表面活性剂的增溶作用及在土壤中的行为[J].应用生态学报,2003,14(11):2072—2076.
[10] Meng Zhaofu,Zhang Yiping, Wang Guodong. Sorption of heavy metals and organic pollutants on modified soil[J]. Pedosphere, 2007,17(2):235—245.
[11] 王正武,李干佐,张笑一,等.表面活性剂降解研究进展[J].日用化学工业,2001,(5):32—36.
[12] 罗立新,孙铁衍.Cd 和表面活性剂复合污染对小麦叶片若干生理性状的影响[J].应用生态学报,1998,9(1):95—100.
[13] Huang Shizhong, Chen Guoquang, Wang Derong, et al. Study of the effect of the synthetic detergent (LAS) on crops[J]. Agricultural Environmental Protection, 1994,13(2):58—62.
[14] 刘红玉,周朴华,杨仁斌,等.阴离子型表面活性剂(LAS)对水生植物生理生化特性的影响[J].农业环境保护,2001,(5):341—344.
[15] Kile D E, Chiou C T. Water solubility enhancements of DDT and trichlorobenzene by some surfactantsbelow and above the criticalmicelleconcentration[J]. Enviran SciTechno, 1989,23(7):832—838.
[16] Wang Qiang, Wang Bangjun. Effect of surfactant PPJ on the absorption of nutrient elements in wheat leaves[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2001,23(2):113—116.

Effect of BS—12 stress on seed germination and seedling growth of wheat

YUAN Jin[1], MENG Zhao-fu[1], GUO Cai-hong[1], REN Peng-juan[2], MA Yun-fei[2]
(1. *College of Science*, *Northwest A & F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*;
2. *College of Resources and Environment*, *Northwest A & F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: The effects of different concentrations of aphoteric surfactants BS—12 on seed germination and seedling growth of wheat were studied with water culture and pot experiments. The results showed: The BS—12(10 mg/L) can promote wheat seed germination in water culture, while the BS—12(>10 mg/L)can inhibit it; the BS—12(≤0.5%) can promote the wheat seedling growth in the pot experiments, while the BS—12(>0.5%)can inhibit it; the damage of BS—12 on underground part of wheat was greater than on the above ground part.

Keywords: BS—12; wheat; MDA; Proline; chlorophyll

(上接第 63 页)

Study on the fruit shape of Fuji apple in Weibei area

XUE Zhi-xia, ZHAO Zheng-yang, ZHANG Wen, XU Ji-hua, WANG Yan-li
(*College of Horticulture*, *Northwest A & F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: With the purpose of resolving the lopsided fruits of Fuji apple, the experiment was conducted on 16～17 year old Fuji apple trees(*Malus domestica Borkh*, cv Fuji), and mainly studied the effects of the pollination and fertilization, the type of fruits on the fruit shape of Fuji apple at the Baishui Apple Station of Northwest A & F University in 2009～2010. The results showed that in addition to Pink Lady, the Qinguan, Gala and Starkrimson pollination could reduce the unsymmetrical index and improve the fruit shape. the number of stigmas had significant effect on the fruit shape of Fuji apple, removed 3～4 stigmas could obviously reduce the seeds and lead to develop into the deformed fruit. The seed numbers and the seed distribution in the ventvicles of determined the fruit shape, almost every ventricle had seed distribution in the symmetrical fruit, but at least one ventricle of seed was abortion in the unsymmetrical fruit and two ventricles of the seed were abortion in the deformed fruit. In three fruit branches, the fruit shape index of the long fruit branch was significantly greater than the medium fruit branch and the short fruit branch, the fruit unsymmetrical index was smaller than the other fruit branches, but the difference was not significant. In the different fruit ways, the drooping fruits were symmetrical and less deformed fruits, and the obvious difference in the fruit shape arcsine with the lateral fruit.

Keywords: Fuji apple; fruit shape; unsymmetrical index; affecting factor

万方数据