

# 干旱胁迫下多效唑浸种对多年生黑麦草种子萌发的影响

刘芳芳, 高洋, 赵春旭, 赵韦, 柴琦, 刘照辉

(草地农业系统国家重点实验室 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**以多年生黑麦草(*Lolium perenne*)的7个品种为供试材料,用不同质量浓度(0、50、100、200、300和400 mg/L)的多效唑溶液浸泡处理种子,采用纸上发芽法(TP)测定在PEG-6000模拟干旱胁迫条件下多效唑浸种对7个黑麦草品种萌发和生长的影响,旨在寻找出提高黑麦草萌发期抗旱性的最佳浸种浓度,同时为提高草坪质量提供理论依据和参考。结果表明,在干旱胁迫条件下,50~400 mg/L多效唑处理对黑麦草种子萌发、苗质量、根长和根质量表现为促进作用,且促进作用随着多效唑质量浓度升高先加强后减弱,但对胚芽的生长有显著的抑制作用( $P < 0.05$ ),且抑制作用随着多效唑质量浓度升高而加强。综上所述,以100 mg/L的多效唑增强黑麦草种子萌发阶段抗旱性的效果最佳。

**关键词:**黑麦草;干旱胁迫;多效唑浸种;种子萌发

**中图分类号:**S543+.604;Q945.78

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-0629(2011)12-2143-07

\*<sup>1</sup> 当今城市建设中,用草坪来绿化环境,美化城市,建植运动和休闲娱乐场地已成为必不可少的重要内容之一,但草坪的建植与养护需要耗费大量的水资源。然而我国地域辽阔,气候多样,干旱和半干旱地区的面积约占国土面积的一半,水资源的匮乏已是一个普遍性的问题<sup>[1]</sup>。目前干旱胁迫是影响草坪草生长最主要的环境因子之一<sup>[2]</sup>。种子作为植物最重要的繁殖材料,种子的发芽状况也是判断种子质量、确定播种的一项重要指标<sup>[3]</sup>,而水分的匮乏严重影响草种萌发、抑制草坪草的生长发育,进而影响草坪的成坪速度及成坪质量<sup>[4]</sup>。因此,如何提高草坪草种子萌发期的耐旱性在生态环境和城市绿化建设中具有十分重要的意义。

多效唑又叫氯丁唑(PP<sub>333</sub>),是一种新型的广谱高效植物生长抑制剂<sup>[5]</sup>,具有高效、低毒的特点,多效唑还能引起植物体内一系列的代谢和结构变化,增强植物的抗逆性<sup>[6-9]</sup>。近年来,有关多效唑提高植物抗旱性的试验很多<sup>[10-13]</sup>。但是,有关多效唑浸种对草坪草在干旱胁迫条件下萌发影响的报道鲜见。多年生黑麦草(*Lolium perenne*)是一种重要的禾本科牧草和草坪草。目前,在我国已建植了大面积的黑麦草草坪,广泛运用于各种场所。它作为草坪草具有抗寒,抗霜冻,耐湿,耐践踏,覆盖能力、抗病虫害能力和分蘖能力强等特性<sup>[14]</sup>,该草还能抗二氧化

硫等有害气体,故多用于工矿区,特别是冶炼场地建造绿地的材料<sup>[15]</sup>。它是我国北方重要的草坪草种。但干旱引起的水分亏缺限制了多年生黑麦草的应用范围和建坪效果。因此,本试验通过研究不同质量浓度多效唑浸种处理对多年生黑麦草种子在模拟干旱胁迫条件下萌发的影响,以寻找出提高多年生黑麦草萌发时期抗旱性的最佳多效唑质量浓度,为提高草坪建坪质量提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 试验采用的7个多年生黑麦草品种(新速二号、首相、劳瑞特、热销、名仕、绿宝石和爱神特)由兰州绿景源草坪绿化工程有限公司提供。聚乙二醇(PEG-6000)由天津光复精细化工研究所生产,多效唑为江苏省农药厂生产的15%可湿性粉剂。

## 1.2 方法

**1.2.1 浸种处理** 2010年4月,精选饱满、一致且无病虫害的种子,以1%次氯酸钠溶液消毒,蒸馏水冲洗数次后,吸干水分。将种子分装于盛有不同质

\* 收稿日期:2010-12-22 接受日期:2011-01-20  
基金项目:兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金(lzu-jbky-2011-1)  
作者简介:刘芳芳(1981-),女,甘肃通渭人,在读硕士生,主要从事草坪养护管理及草坪抗旱的研究。  
E-mail:liuff08@lzu.cn  
通信作者:刘照辉 E-mail:joeleo333@126.com

量浓度(50、100、200、300 和 400 mg/L)多效唑溶液的烧杯中浸种,以蒸馏水浸种为对照(CK),25 ℃下浸种 24 h。浸种后,用蒸馏水冲洗 3 次备用。

**1.2.2 种子萌发试验** 采用培养皿滤纸法<sup>[16]</sup>进行种子萌发试验。具体方法为:取不同质量浓度浸种的种子 100 粒,置于直径为 9 cm、底部铺有 3 层滤纸的培养皿中,种子间保持一定的距离。采用 PEG-6000 溶液质量分数为 25%,其相对应的胁迫强度为-0.9 MPa<sup>[17]</sup>的模拟干旱胁迫剂。PEG 溶液的配制按照 Michel 和 Kaufmann<sup>[18]</sup>的方法配制。用配置好的等量 PEG-6000 溶液浸透 3 层滤纸,每处理重复 3 次,将培养皿放于植物培养箱中[光通量密度 100 μmol/(m<sup>2</sup>·s),光周期 14 h,25 ℃,湿度 80%;暗期 10 h,20 ℃,湿度 60%]进行纸上发芽试验<sup>[18]</sup>。定时加入等量渗透溶液,以防水分变动,4 d 换一次滤纸<sup>[17]</sup>。参照国家标准 GB/T 2930.4-2001,第 5 天统计发芽势,第 14 天统计发芽率,以胚芽的长度是种子长度的 1/2 时为发芽标准。第 14 天从每个重复中随机选取 20 株幼苗测其胚芽长、胚根长、苗质量和根质量。

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{5 \text{ d 内供试种子的发芽数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%;$$

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{供试种子的发芽数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%。$$

**1.3 数据分析** 所有数据均用 Microsoft Excel 录入。采用 SPSS 17.0 for Windows 统计分析软件进行差异显著性分析。其中发芽势和发芽率数据经过反正弦转换之后进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫下多效唑对种子发芽势的影响

不同质量浓度的多效唑浸种处理对多年生黑麦草 7 个品种在 PEG-6000 模拟干旱胁迫下种子萌发随着质量浓度的递增呈先促进后抑制的趋势(表 1)。50 mg/L 多效唑处理与对照相比,显著提高了劳瑞特、热销、爱神特种子的发芽势( $P < 0.05$ ),7 个品种发芽势比对照高 41.1%~66.3%;100 mg/L 多效唑处理效果最好,与对照相比显著提高了种子的发芽势,发芽势比对照高 100.0%~189.4%;200 mg/L 多效唑处理与对照相比也提高了或显著提高了种子的发芽势,发芽势比对照高 42.9%~78.8%,但其效果除名仕外显著低于 100 mg/L 处理;除新速二号外,300 mg/L 多效唑处理与对照相比差异不显著( $P > 0.05$ ),但其效果只有首相、劳瑞特显著低于 200 mg/L 处理;400 mg/L 多效唑处理与对照相比差异不显著( $P > 0.05$ ),但有抑制作用,抑制了种子的萌发,其效果只有新速二号显著低于 300 mg/L 处理。

表 1 干旱胁迫下多效唑浸种对种子发芽势、发芽率的影响

类项	多效唑质量浓度(mg/L)	新速二号	首相	劳瑞特	热销	名仕	绿宝石	爱神特
发芽势 (%)	CK	14.6cd	18.6cd	16.0d	16.0c	7.0bc	24.6bc	22.6c
	50	20.6bc	26.6bc	26.6bc	24.6b	10.0ab	37.3b	34.0b
	100	35.3a	41.3a	46.3a	36.0a	14.0a	62.6a	50.6a
	200	24.6b	30.6b	28.6b	25.3b	10.0ab	36.0b	36.6b
	300	22.0b	17.6cd	18.6cd	18.3bc	5.3bc	24.0bc	28.0bc
	400	10.0d	10.0d	14.3d	12.6c	3.3c	12.0c	21.3c
发芽率 (%)	CK	40.0d	45.3d	43.3d	44.6e	28.0d	54.0d	51.3e
	50	60.0b	71.3b	68.6b	66.0bc	42.6b	74.6bc	72.6b
	100	70.0a	81.3a	78.0a	81.3a	48.0a	92.6a	84.0a
	200	57.3b	71.3b	64.6b	72.0b	38.0bc	84.6ab	69.3bc
	300	50.0c	63.3b	54.0c	59.3cd	38.0bc	72.0c	62.0cd
	400	49.3c	54.6c	50.6cd	55.3d	34.0c	64.6c	60.0d

注:同列不同字母表示不同质量浓度间差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

本试验质量浓度下,50和100 mg/L多效唑浸种7个黑麦草品种随着质量浓度的递增发芽势提高,高质量浓度(200~400 mg/L)多效唑处理随质量浓度的递增发芽势逐渐减弱,其中,400 mg/L多效唑处理对种子的萌发有抑制作用。因此,在模拟干旱胁迫条件下,以100 mg/L多效唑处理促进种子萌发的效果最好。

## 2.2 干旱胁迫下多效唑对种子发芽率的影响

不同质量浓度的多效唑浸种处理对多年生黑麦草7个品种在PEG-6000模拟干旱胁迫下种子萌发都有促进作用(表1)。50 mg/L多效唑处理与对照相比显著提高了种子的发芽率( $P < 0.05$ ),发芽率比对照高38.1%~58.4%,但其效果显著低于100 mg/L处理;以100 mg/L多效唑处理效果最好,发芽率比对照高63.7%~82.2%;200~400 mg/L多效唑处理与对照相比随着质量浓度的递增,对种子的萌发促进作用逐渐减弱,其中,200 mg/L多效唑处理与对照相比显著提高了种子的发芽率,发芽率比对照高35.0%~61.4%,但其效果除绿宝石外显著低于100 mg/L处理;300 mg/L多效唑处理与对照相比也显著提高了种子的发芽率,发芽率比对照高20.8%~39.7%,但其效果除首相、名仕、爱神特外显著低于200 mg/L处理;400 mg/L多效唑处理与对照相比同样显著提高了种子的发芽率,发芽率比对照高16.9%~21.4%,但其效果只有首相显著

低于300 mg/L。因此,以100 mg/L多效唑处理效果最好,能显著促进黑麦草在模拟干旱胁迫条件下种子的萌发。

## 2.3 干旱胁迫下多效唑对种子胚芽生长的影响

不同质量浓度的多效唑浸种处理对多年生黑麦草7个品种在PEG-6000模拟干旱胁迫下种子胚芽的生长都有抑制作用(表2)。随着质量浓度的递增其抑制效果越明显。其中,50 mg/L多效唑处理与对照相比显著抑制了种子胚芽的生长( $P < 0.05$ );100 mg/L多效唑处理与对照相比也显著抑制了胚芽的生长( $P < 0.05$ ),但与50 mg/L处理相比除新速二号、热销外抑制作用明显增强;200 mg/L多效唑处理与对照相比显著抑制了胚芽的生长( $P < 0.05$ ),但与100 mg/L处理相比除新速二号、名仕外抑制作用明显增强;300 mg/L多效唑处理与对照相比也显著抑制了胚芽的生长( $P < 0.05$ ),但与200 mg/L处理相比除爱神特外抑制作用明显增强;400 mg/L多效唑处理与对照相比同样显著抑制了胚芽的生长( $P < 0.05$ ),但与300 mg/L处理相比抑制作用明显增强。因此,在模拟干旱胁迫下,多效唑处理抑制了胚芽的生长,高质量浓度多效唑处理对胚芽的生长抑制作用显著。

在模拟干旱胁迫条件下,不同质量浓度的多效唑浸种处理提高了黑麦草的苗质量(表2)。随着质量浓度的递增呈先增强后减弱的趋势。除绿宝石

表2 干旱胁迫下多效唑浸种对种子胚芽生长、苗质量的影响

类项	多效唑质量浓度(mg/L)	新速二号	首相	劳瑞特	热销	名仕	绿宝石	爱神特
胚芽长 (cm)	CK	7.38a	6.79a	6.92a	6.84a	6.51a	7.06a	6.60a
	50	6.55b	5.85b	6.29b	5.64b	5.79b	6.34b	5.89b
	100	6.42bc	5.69c	5.80c	5.48b	5.40c	6.08c	5.56c
	200	6.24c	5.41d	5.44d	5.19c	5.31c	5.89d	4.90d
	300	5.78d	5.19e	5.20e	4.84d	4.91d	5.74e	4.82d
	400	5.10e	4.83f	4.77f	4.52e	4.42e	5.17f	4.35e
苗质量 (mg)	CK	0.55b	0.40c	0.45c	0.41c	0.50d	0.49c	0.46d
	50	0.87a	0.51b	0.66a	0.58a	0.59ab	0.53bc	0.57bc
	100	0.94a	0.57a	0.63ab	0.53ab	0.61a	0.61a	0.67a
	200	0.78ab	0.51b	0.58b	0.50b	0.56bc	0.63a	0.62ab
	300	0.68ab	0.49b	0.51c	0.49b	0.54cd	0.56b	0.52cd
	400	0.66ab	0.46bc	0.45c	0.46bc	0.52cd	0.51bc	0.49d

外,50 mg/L 多效唑处理与对照相比显著促进了黑麦草的苗质量( $P < 0.05$ ),但其效果除新速二号、劳瑞特、热销、名仕外显著低于 100 mg/L 处理;100 mg/L 多效唑处理除劳瑞特、热销、绿宝石外效果最好,劳瑞特、热销、绿宝石的最佳质量浓度分别为 50、50、200 mg/L,均与 100 mg/L 差异不显著( $P > 0.05$ );200 mg/L 多效唑处理除新速二号外与对照相比显著促进了黑麦草的苗质量( $P < 0.05$ ),但其效果除新速二号、热销、绿宝石、爱神特外显著低于 100 mg/L 处理;300 mg/L 多效唑处理与对照相比提高或显著提高了种子的苗质量,但其效果只有劳瑞特、绿宝石、爱神特显著低于 200 mg/L 处理;400 mg/L 多效唑处理与对照相比提高了种子的苗质量,但差异不显著,其效果不如 300 mg/L 处理,差异也不显著。因此,在模拟干旱胁迫下,多效唑处理抑制胚芽生长,但显著提高了苗质量,增强了抗旱性。

#### 2.4 干旱胁迫下多效唑对种子胚根长的影响

不同质量浓度的多效唑浸种处理对多年生黑麦草 7 个品种在 PEG-6000 模拟干旱胁迫下种子胚根的生长都有促进作用(表 3)。50 mg/L 多效唑处理与对照相比显著促进了胚根的生长( $P < 0.05$ ),但其效果显著低于 100 mg/L 处理;100 mg/L 多效唑处理效果最好,显著促进了胚根的生长,胚根长度显著高于对照( $P < 0.05$ );200 mg/L 多效唑处理与对照相比也显著促进了胚根的生长( $P < 0.05$ ),但其

效果除绿宝石外同样显著低于 100 mg/L 处理;300 mg/L 多效唑处理与对照相比同样显著促进了胚根的生长( $P < 0.05$ ),但其效果除绿宝石外显著低于 200 mg/L 处理;400 mg/L 多效唑处理与对照相比也同样显著促进了胚根的生长( $P < 0.05$ ),但其效果除新速二号、热销、爱神特外显著低于 300 mg/L 处理。因此,在模拟干旱胁迫下,100 mg/L 多效唑处理的效果最好,能显著促进胚根的生长,提高了黑麦草的抗旱性。

不同质量浓度的多效唑浸种处理对多年生黑麦草 7 个品种在 PEG-6000 模拟干旱胁迫下种子根质量都有促进作用(表 3)。除热销外,50 mg/L 多效唑处理与对照相比显著促进黑麦草的根质量( $P < 0.05$ ),但其效果除绿宝石外低于或显著低于 100 mg/L 处理;100 mg/L 多效唑处理除热销、绿宝石外效果最好,热销、绿宝石的最佳质量浓度分别为 200 和 50 mg/L;均与 100 mg/L 差异不显著( $P > 0.05$ );200 mg/L 多效唑处理除绿宝石外与对照相比也显著促进了黑麦草的根质量( $P < 0.05$ ),其效果低于 100 mg/L 处理,但与 100 mg/L 处理相比除劳瑞特外差异不显著;300 mg/L 多效唑处理除新速二号、名仕、绿宝石外与对照相比显著促进黑麦草的根质量( $P < 0.05$ ),但其效果低于 200 mg/L 处理,除名仕外,与 200 mg/L 处理相比差异不显著;400 mg/L 多效唑处理也促进了黑麦草的根质量,但除热销、爱神特外,与对照相比差异不显著。因此,在

表 3 干旱胁迫下多效唑浸种对种子胚根生长、根质量的影响

类项	多效唑质量浓度(mg/L)	新速二号	首相	劳瑞特	热销	名仕	绿宝石	爱神特
胚根长 (cm)	CK	3.97e	3.68e	3.75e	3.51e	4.12e	3.95d	4.16e
	50	4.71c	4.68c	4.38d	4.28d	4.48c	4.56c	4.43d
	100	5.33a	5.59a	5.42a	5.39a	5.60a	5.17a	5.33a
	200	4.94b	5.22b	5.17b	4.96b	5.31b	5.00ab	5.00b
	300	4.61d	4.66c	5.00c	4.58c	4.97c	4.86b	4.83c
	400	4.26d	4.32d	4.45d	4.47cd	4.60d	4.66c	4.75c
根质量 (mg)	CK	0.22c	0.18d	0.21d	0.22c	0.18b	0.24b	0.21c
	50	0.29ab	0.26bc	0.31ab	0.25bc	0.26a	0.38a	0.32b
	100	0.34a	0.32a	0.35a	0.36a	0.28a	0.35a	0.41a
	200	0.32ab	0.31ab	0.27bc	0.38a	0.25a	0.36a	0.35ab
	300	0.28abc	0.29ab	0.33ab	0.34a	0.21b	0.33ab	0.31b
	400	0.26bc	0.21cd	0.23cd	0.29b	0.20b	0.29ab	0.30b

模拟干旱胁迫下,100 mg/L多效唑处理的效果最好,显著促进了根质量,提高了黑麦草的抗旱性。

### 3 讨论

植物对逆境的反应涉及到植物体内一系列生理变化<sup>[19-20]</sup>,从而影响植物的正常生长及质量,从植物生理生化角度出发,有效地利用植物生长调节剂可确保草坪原有功能和观赏价值<sup>[21]</sup>。用多效唑浸种可以使植物在逆境中增加叶绿素含量、减少丙二醛含量<sup>[22]</sup>、减缓可溶性蛋白质含量的下降,提高超氧化物歧化酶活性和脯氨酸含量,同时减缓叶片膜透性的增加<sup>[23]</sup>,还可矮化植株,增加分蘖,使根系发达<sup>[24]</sup>。本试验在模拟干旱胁迫条件下,用不同质量浓度多效唑浸种处理对7种黑麦草品种的发芽势、发芽率、芽长、苗质量、根长和根质量都有显著影响。随着多效唑质量浓度的递增,发芽势、发芽率、苗质量、根长和根质量先增强后减弱,而芽长的抑制作用持续增强。

本试验中,多效唑浸种处理的黑麦草种子在干旱胁迫条件下促进了种子的萌发,以100 mg/L多效唑处理效果最好,发芽率比对照高63.7%~82.2%,有关多效唑浸种对草坪草在干旱胁迫条件下萌发的影响,几乎未见报道,但也与高焕章和王保成<sup>[25]</sup>研究的多效唑溶液浸种处理可以提高金合欢发芽率和成苗率结果类似;兰星和王玺<sup>[26]</sup>研究的干旱胁迫下多效唑包衣对玉米(*Zea mays*)种子萌发及幼苗生长的影响也表明,多效唑能明显提高玉米种子的发芽率。由于植物的种类不同,多效唑的处理质量浓度不同,方式不同,有可能对种子萌发产生的影响也不同。

经不同质量浓度多效唑处理的黑麦草种子在干旱胁迫下抑制了种子胚芽的生长,但对苗质量有促进作用,这在其他试验中也得到了类似结果,于明礼和孙丽萍<sup>[10]</sup>研究的喷施多效唑可以有效降低株高,提高高羊茅(*Festuca elata*)草坪草的抗旱胁迫能力;周行等<sup>[27]</sup>研究的用多效唑浸种植株变矮,但在低温下产生了一系列生理效应,体内过氧化氢酶活性增强,叶片的叶绿素含量、可溶性蛋白质含量增加,且细胞膜的透性变大,从而提高了水稻(*Oryza sativa*)幼苗对低温的抵抗力结果类似。也与张静<sup>[28]</sup>等研究认为用多效唑包衣番茄(*Lycopersicon*

*esculentum*)种子能有效增加幼苗单株干、鲜质量;曹翠玲等<sup>[29]</sup>研究的在干旱前对玉米幼苗施用不同质量浓度的多效唑可显著提高地上干质量;毛轶清等<sup>[30]</sup>研究认为在盐胁迫下,不同质量浓度的多效唑浸种处理均显著降低麻风树(*Jatropha curcas*)植株株高,同时提高了其干物质积累速率。

地下生物量是草坪质量的内在指标,是草坪景观质量和使用质量的基础,是草坪质量能否持久保持和适用的关键,是影响草坪抗逆性的一项重要指标。地下生物量增加,增强了地下部分的吸收能力,地下生物量越多亦表明草坪抗逆性越强<sup>[5]</sup>。本试验在模拟干旱胁迫条件下不同质量浓度多效唑处理显著促进了胚根的生长,增强了根质量。其中以100 mg/L多效唑处理效果最好。这在其他试验中也得到了类似结果,王颖和张文馨<sup>[22]</sup>研究认为多效唑浸种萝卜(*Raphanus sativus*)对盐胁迫下促进了其根的生长;陈兰和黄广远<sup>[31]</sup>研究认为高羊茅在盐胁迫下表现为根长缩短,施用不同质量浓度多效唑处理后,能不同程度增加高羊茅的根长;白小明等<sup>[32]</sup>研究认为对高羊茅施用适宜的多效唑提高了其地下生物量的积累;曹翠玲等<sup>[29]</sup>研究的在干旱前对玉米幼苗施用不同质量浓度的多效唑可显著提高根干质量。现阶段有关多效唑浸种在植物生长方面的研究中,卢元芳<sup>[33]</sup>研究表明多效唑浸种对曲阜香稻不仅矮化了幼苗植株,而且促进了幼苗的横向生长,从而培育了壮苗;李有福等<sup>[34]</sup>在多年生黑麦草上、张秀芳<sup>[35]</sup>在高粱(*Sorghum bicolor*)植株生长、朱霞等<sup>[36]</sup>在决明(*Cassia tora*)幼苗生长上的研究中也得到了相似的结论。多效唑浸种在植物抗逆性的研究中,Still和Pill<sup>[37]</sup>研究的经多效唑浸种的番茄生长受抑,而干旱胁迫后浸种的番茄根和茎的干物质含量均比对照增加,这说明多效唑促进了其干旱胁迫后的恢复生长,提高了抗旱能力;Kim和Kwack<sup>[38]</sup>在日本结缕草(*Zoysia japonica*)上也得到相似的结论,王熹和沈波<sup>[39]</sup>在水稻幼苗上也得出经多效唑浸种处理提高了其抗旱性;周行等<sup>[27]</sup>研究认为经多效唑浸种处理显著提高了水稻幼苗的抗寒性;王颖和张文馨<sup>[22]</sup>研究认为经多效唑浸种处理显著提高了萝卜的抗盐性,与毛轶清等<sup>[30]</sup>在麻风树上、卢元芳等<sup>[40]</sup>在高粱幼苗上的研究结果类似。综

上所述,多效唑浸种处理应用于农作物及其他植物上在调节形态、增加抗逆性等方面已有研究,但对草坪草在增加抗逆性方面应用较少,因此可借鉴多效唑浸种处理在农作物及其他植物上的应用指导草坪草应用多效唑。由于多效唑的施用量、处理方式不同、植物种类不同,对于不同的逆境条件下,不同质量浓度的多效唑浸种对不同草坪草选择适宜的使用剂量和方法,还需要进一步研究和探讨,以期找出最佳质量浓度和方法。

#### 4 结论

在 PEG-6000 模拟干旱胁迫条件下,多效唑溶液浸种处理可以提高多年生黑麦草种子的萌发、促进胚根的生长,增强根质量、苗质量、抑制胚芽的生长。其中,100 mg/L 的多效唑溶液浸种能显著提高黑麦草种子的发芽势、发芽率,促进胚根的生长,增强根质量和苗质量,抑制了胚芽的生长;高质量浓度(400 mg/L)的多效唑浸种处理也提高了种子发芽率,促进了胚根生长,增强了根质量和苗质量,但发芽势低,对胚芽的生长抑制作用明显,其效果差于 100 mg/L 处理。从经济、效果两方面来评判,能显著促进黑麦草在模拟干旱胁迫条件下种子萌发的多效唑最佳浸种质量浓度为 100 mg/L。

#### 参考文献

- [1] 周久,刘建秀,陈树元. 草坪草抗旱性研究概述[J]. 草业科学,2002,19(5):61-68.
- [2] 应朝阳,吕雪亮,刘国道. 草坪草对干旱胁迫的反应概述[J]. 热带作物学报,2007,27(3):116-121.
- [3] 王艳树,李凤山,张玉霞,等. PEG 胁迫对蓖麻种子吸胀萌发的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2007,22(3):302-306.
- [4] 高景慧,张颖,郭维,等. 多效唑和 PVA 对轻度干旱下多年生黑麦草幼苗抗旱性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(5):155-159.
- [5] 高祥斌. 多效唑对高羊茅坪用特性的影响[J]. 北方园艺,2010,6:115-117.
- [6] Shioh Y W, George L S, Miklos F. Effect of paclobutrazol on cell wall polysaccharide composition of the apple tree [J]. Phytochemistry, 1986, 25(11): 2493-2496.
- [7] Machackoval L, Hannisova A, Krekwe J. Levels of ethylene, ACC, MACC, ABA and proline as indicators of cold hardening and frost resistance in winterwheat[J]. Physiology Plant, 1989(76): 603.
- [8] Burpee L L. Effects of plant growth regulators and fungicides on *Rhizoctonia* blight of tall fescue[J]. Crop Protection, 1998, 17(6): 503-507.
- [9] Mercier J. Use of the growth regulator paclobutrazol in the management of dollar spot of creeping bentgrass in Minnesota[J]. Phytoprotection, 1999, 80(2): 65-70.
- [10] 于明礼,孙丽萍. 多效唑对高羊茅草坪草生长和抗旱性的影响[J]. 山东农业科学, 2007, 1: 53-56.
- [11] 宋红梅,刘建凤,孙旭霞,等. 多效唑对大叶黄杨、金叶女贞、紫叶小檗的抗旱性影响研究[J]. 北方园艺, 2010, 19: 75-78.
- [12] 曹翠玲,胡潇,宋红星,等. B9 与多效唑提高早熟禾抗旱性生理机制的研究[J]. 草业科学, 2004, 21(10): 78-82.
- [13] Todorov D, Alexieva V, Karadov E. Effect of putrescine, 4-PU-30, and abscisic acid on maize plants grown under normal, drought, and rewatering conditions[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1998, (17): 197-203.
- [14] 张振霞,刘萍,杨中艺. 25 个多年生黑麦草品种萌发期对盐胁迫的抗性研究[J]. 草业科学, 2007, 24(2): 14-19.
- [15] 孙吉雄. 草坪学[M]. 第二版. 北京:中国农业出版社, 2003:89.
- [16] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 123-126.
- [17] 梁国岭,周青平,颜红波. 聚乙二醇对羊茅属 4 种植物种子萌发特性的影响研究[J]. 草业科学, 2007, 24(6): 50-54.
- [18] Michel B E, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol-6000 [J]. Plant Physiology, 1973, 56: 914-916.
- [19] 谭伊文,许岳飞,周禾. 盐胁迫下一氧化氮对高羊茅种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草地学报, 2010, 18(3): 394-398.
- [20] 姜义宝,崔国文,李红. 干旱胁迫下外源钙对苜蓿抗旱相关生理指标的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(5): 32-36.
- [21] 吴志华,曾富华,马生健,等. ABA 对 PEG 胁迫下狗牙根可溶性蛋白质的影响[J]. 草业学报, 2004, 13(5): 75-78.
- [22] 王颖,张文馨. 多效唑浸种对盐胁迫下萝卜抗逆性的影响[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(10): 52-54.
- [23] 马博英,徐礼根,金松恒,等. 多效唑浸种对黑麦草耐

- 热性的影响[J]. 园艺学报, 2005(6):18-20.
- [24] 谭永强, 胡立勇, 赵翠荣, 等. 不同植物生长调节剂对油菜种子发芽的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(12):2973-2976.
- [25] 高焕章, 王保成. 多效唑浸种对金合欢籽苗发育特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16):6766-6781.
- [26] 兰星, 王玺. 干旱胁迫下多效唑包衣对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(2):94-96.
- [27] 周行, 许鸿源, 蒋新江. 多效唑浸种对水稻幼苗抗寒性的影响[J]. 广西农业科学, 1997, 2:65-67.
- [28] 张静, 程智慧, 孟焕文, 等. 多效唑包衣处理对番茄种子活力和幼苗质量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(9):161-166.
- [29] 曹翠玲, 杨力, 胡景江. 多效唑提高玉米幼苗抗旱性的生理机制研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(2):153-158.
- [30] 毛铁清, 郑青松, 陈健妙, 等. 多效唑浸种对 NaCl 胁迫麻风树幼苗的生长调节效应[J]. 西北植物学报, 2010, 30(8):1653-1659.
- [31] 陈兰, 黄广远. 多效唑对盐胁迫下高羊茅耐盐性的作用[J]. 草业科学, 2009, 26(8):177-180.
- [32] 白小明, 相斐, 罗仁峰, 等. 多效唑对高羊茅扩展性和根系特性的调控效应[J]. 草业科学, 2009, 26(10):171-176.
- [33] 卢元芳. PP<sub>333</sub> 浸种对曲阜香稻种子萌发与幼苗生长的效应(简报)[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(4):322-323.
- [34] 李有福, 兰剑, 竺欣, 等. 多效唑浸泡多年生黑麦草种子对其坪用性状的影响[J]. 宁夏农林科技, 2001(4):16-17.
- [35] 张秀芳. 多效唑浸种对高粱植株早期生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(13):3810, 3827.
- [36] 朱霞, 胡勇, 王晓丽, 等. 多效唑浸种对决明种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17):8980-8981.
- [37] Still J R, Pill W G. Growth and stress tolerance of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to seed treatment with paclobutrazol[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2004, 79(2):197-203.
- [38] Kim J S, Kwack B H. The effects of paclobutrazol on growth, chlorophyll content and tolerance of drought and rust in Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.)[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1991, 32(1):111-116.
- [39] 王熹, 沈波. 多效唑浸种提高稻苗耐旱性[J]. 植物生理学报, 1991, 17(1):105-108.
- [40] 卢元芳, 衣艳君, 焉翠蔚. 多效唑浸种降低高粱幼苗盐害效应[J]. 曲阜师范大学学报, 1996, 12(1):8.

## Effects of soaking seeds with paclobutrazol on seed germination of *Lolium perenne* under the simulated drought stress

LIU Fang-fang, GAO Yang, ZHAO Chun-xu, ZHAO Wei, CHAI Qi, LIU Zhao-hui  
(State Key Laboratory of Grassland Farming Systems; College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Gansu Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Under the simulated drought stress condition with PEG, the TP method was used to determine the effect of different concentrations of paclobutrazol solution (0, 50, 100, 200, 300 and 400 mg/L) on seed germination of seven accessions of *Lolium perenne* to find out the optimal soaking concentration. This study showed that the paclobutrazol solution soaking seeds of *L. perenne* had a positive effect on seed germination, seedling quality, root length and root quality and the effectiveness of paclobutrazol firstly increased and then decreased as paclobutrazol concentration increased. However, the paclobutrazol solution soaking seeds significantly inhibited the germ growth of *L. perenne* ( $P < 0.05$ ), and this inhibition increased with the increase of paclobutrazol concentration under drought stress condition. In summary, 100 mg/L paclobutrazol solution soaking seeds was the best for *L. perenne* to improve drought resistance at the germination phase.

**Key words:** *Lolium perenne*; drought stress; paclobutrazol soaking; seed germination