

狼尾草的种子特性与扩散风险分析

卢清^{1,2}, 王庆海^{1*}, 武菊英¹, 李建洪²

(1. 北京市农林科学院北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097; 2. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070)

摘要: 狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.) 是一种极具观赏价值和应用潜力的观赏草。但是, 狼尾草也是部分地区的旱地杂草, 而且狼尾草属的许多种在有些国家已经成为入侵种。本实验通过对狼尾草种子的发芽温度、不同覆土深度、休眠特性及种子活力研究来评估其传播扩散的能力, 分析其逃逸扩散的风险性。结果表明, 10~40℃条件下, 狼尾草均可发芽; 温度为20~30℃时, 发芽率均在80%以上, 最适发芽温度为26℃。覆土厚度为15~20 mm时的发芽率较好, 最适发芽的覆土厚度为13 mm。狼尾草种子的休眠期一般可长达5个月, 但经过土壤埋藏处理后, 其休眠期由5个月缩短至2个月; 狼尾草种子加速老化处理后, 发芽率由正常的92%降低到32.5%; 寒冷试验后, 发芽率由51.0%降低到26.0%。扩散风险不大。

关键词: 狼尾草; 发芽温度; 种子休眠; 种子活力; 扩散风险分析

中图分类号: Q945.34

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2007)06-0636-05

The Seed Characteristics and Spread Risk Analysis of *Pennisetum alopecuroides*

LU Qing^{1,2}, WANG Qing-Hai^{1*}, WU Ju-Ying¹, LI Jian-Hong²

(1. Beijing Research Center for Grass and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry, Beijing 100097, China;
2. College of Plant Science and Technology, Huangzhong Agriculture University, Wuhan 430070, China)

Abstract: *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. is an ornamental grass with high decorative value and wide application prospects. However, it is a dryland weed in some regions of China and many species of *Pennisetum* genus have been reported as invasive plants in some countries. In this paper, the escape and spread risk of *P. alopecuroides* was analyzed by monitoring its seed germination temperature, seed germination in different depth of soil, seed dormancy, and seed vigor. The results indicate that seeds of *P. alopecuroides* could germinate from 10℃ to 40℃ and the optimal germination temperature is 26℃. Good germination percentage occurred from 15 mm to 20 mm in soil depth with optimal depth of 13 mm. The dormant period lasted about five months and could be shortened to two months if the seeds were stored in soil. Germination percentage declined from 92% to 32.5% rapidly after accelerated aging test and from 51.0% to 26.0% after cold test. Base on the summarization of our data, we believe that the spread risk of *P. alopecuroides* is low.

Key words: *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.; Germination temperature; Seed dormancy; Seed vigor; Spread risk analysis

观赏植物狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)属于禾本科狼尾草属, 引自澳大利亚, 根系发达, 有利于水土保持, 在北京等地已经有局部的应用, 具有很好的应用前景^[1,2]。虽然我国也是狼尾草的原产地之一, 但是气候对植物的生长、物候和生产力有着巨大的影响^[3-5]。较我国的狼尾草而言, 引入的狼尾草株形高大, 花序长且色彩丰富, 根系更为发达, 也更具观赏性。有资料表明狼尾草是在我国部分地区的

旱地野生杂草, 特别是在半自然生境, 如无人管理的荒地、路边、田埂、山坡、荒地、田间和沟边等湿润地方分布很广^[6]。在新西兰狼尾草已经被列为杂草, 而且该属许多种在有些国家已经成为入侵种^[7]。因此引进的狼尾草在我国作为旱景园林植物应用, 具有逃逸扩散的潜在风险。

笔者研究了引入狼尾草种子的发芽温度、不同土层内种子的发芽率、种子活力、种子休眠期, 以及

收稿日期: 2007-04-16, 修回日期: 2007-08-31。

基金项目: 北京市科委重点项目(H030630070430); 国家科技部863计划项目(H2002AA224281-05)。

作者简介: 卢清(1980-), 男, 河南济源人, 硕士, 从事外来植物入侵风险分析研究。

* 通讯作者(E-mail: wqh@grass-env.com)。

土壤埋藏和低温对狼尾草种子休眠期的影响,在此基础上对狼尾草的扩散风险进行初步分析。

1 材料与方法

1.1 材料

狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.) 种子引自澳大利亚,在北京市农林科学院院内扩繁。种子于2004年9月23日和2005年9月26日采收,种子风干后装在牛皮纸袋中,室外自然条件下遮雨存放,备用。

1.2 方法

1.2.1 不同温度对狼尾草种子发芽率的影响

试验于2006年2月进行。在直径12 cm的培养皿底放两层滤纸,均匀摆放2004年采集的狼尾草种子100粒,置于人工气候箱内(宁波江南仪器厂生产,RXZ智能型,下同)培养。根据预备试验得到狼尾草种子发芽的极限温度,温度梯度设置白天分别为10、15、20、25、30、35、40、45℃,晚间分别为7、10、15、15、15、15、15℃,L/D=16/8、湿度为70%。将均匀摆放狼尾草种子的培养皿斜放在人工气候箱内,在整个试验期间保持滤纸湿润,注意蒸馏水不要淹没狼尾草种子。每个处理4个重复。每天观察狼尾草种子的发芽率,计算发芽率和发芽指数 G_i ($G_i = \sum G_t/D_t$,其中 G_i 为发芽指数, G_t 为在第 t 日的发芽的种子数, D_t 为相应的发芽天数)^[8]。发芽标准为下胚轴伸出超过2 mm,连续3 d没有种子发芽时结束实验。

1.2.2 不同土壤深度对狼尾草种子发芽率的影响

取20个塑料花盆(12×10 cm),装入定量的土壤。取2004年采集的狼尾草种子2000粒,分为20个组,分别播种在花盆中。覆土厚度设5个处理,分别为0、5、10、15、20 mm,每个处理4个重复。放在盛有水的托盘中至花盆中的土壤全部湿润,然后转入人工气候箱内培养(L/D=16/8,温度白天为25℃、晚上为15℃,湿度为70%)。测定方法同1.2.1。

1.2.3 种子休眠特性研究

本试验始于2005年9月30日。分别取2004年和2005年采收的狼尾草种子各400粒,分为4个重复,每重复100粒,均匀置于直径12 cm、铺有一层滤纸的培养皿中。将培养皿斜放在人工气候箱内做发芽试验。人工气候箱温度白天设为25℃、晚上设为15℃,L/D=16/8。在试验过程中,种子充分接触滤纸,斜面底部贮存少量的蒸馏水,依靠滤纸吸水

保持种子润湿,不让种子浸入水中,当胚芽长度等于种子长度时视为发芽。调查发芽率。

1.2.4 种子休眠期测定

试验时间为2005年10月~2006年3月进行。把当年(2005年)采收的狼尾草种子,从种子收获后开始测定发芽率,每月做一次发芽试验,发芽实验方法同1.2.3。当种子的发芽率达到80%以上时,即为通过了休眠期(休眠期即指种子从收获之日起至发芽率达到80%时所经历的时间)^[9,10]。

1.2.5 土壤埋藏和低温对种子休眠的影响

将选好的2005年9月采收的风干狼尾草种子分别贮藏在冰箱内($T=4^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=70\%$)和种子包裹在布包内埋于20 cm的土层里(土壤湿度平均为15%),每月做1次发芽试验,观察不同处理对狼尾草种子休眠期的影响。

1.2.6 加速老化试验

取800粒2004年采收的狼尾草种子进行人工老化处理。老化处理温度为45℃, $\text{RH}=100\%$,老化时间为2 d^[11]。种子晾干后,将其均匀置于直径为12 cm的培养皿中,在人工气候箱内(白天温度为25℃、晚上温度为15℃,L/D=16/8)做种子发芽试验,计算种子发芽率。同时以未经老化处理的狼尾草种子为对照。4个重复,每个重复100粒。

1.2.7 寒冷试验

在装有4 cm厚土壤的塑料花盆(14×12 cm)中均匀播入2004年采收的狼尾草种子,覆土1 cm,在10℃、 $\text{RH}=70\%$,黑暗条件下处理7 d,转到30℃恒温箱中黑暗培养5 d,结束后计算种子发芽率^[12]。同时以未经处理的狼尾草种子为对照。试验设4次重复,每次重复100粒。

1.3 数据分析

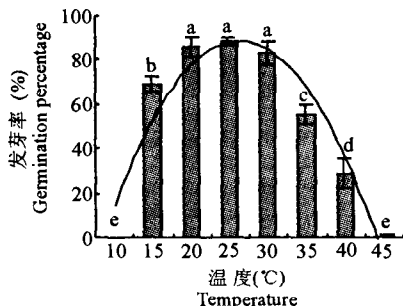
用Excel和SAS ANOVA-Duncan's Multiple Range Test对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同温度对狼尾草发芽率和发芽指数的影响

在不同的温度处理中,10~40℃条件下,狼尾草种子都能发芽,其中20、25、30℃的发芽率较高,都达到了80%以上,3个处理间没有显著性差异($p < 0.05$),与其它几个温度处理之间都达到了显著差异。其次是15℃的发芽率较高,与其它处理间也达到的显著的差异。35℃和40℃处理的发芽率低于50%,温度为10℃和45℃时狼尾草种子不发芽(见图1)。因此,狼尾草种子发芽的适合温度为20℃到

30℃。回归分析表明,温度和狼尾草种子发芽率之间的关系可以用二次抛物线方程 $y = -0.20626x^2 + 15.31702x - 118.27321$ ($R^2 = 0.9330$) 很好的拟合。以此抛物线为依据可得,狼尾草发芽的最适温度为26℃,低于9℃或高于44℃均不能正常发芽。



图中相同字母表示在 $p = 0.05$ 水平上没有显著性差异,下同
The same letter means not significant difference, the same as below

图1 不同温度对狼尾草种子发芽率的影响
Fig. 1 Effect of temperature on germination percentage of *Pennisetum alopecuroides*

在20~35℃的4个不同的处理中,温度高,发芽早,早期的发芽指数高,35℃条件下种子第1 d发芽指数最高。第3 d 35℃的发芽指数开始下降,以后又有所上升,但始终低于20、25、30℃的发芽指数;30℃的发芽指数超过了35℃的发芽指数。第6 d时,25℃的发芽指数超过其它所有温度的发芽指数(见图2)。整个发芽过程中,发芽指数较高的3个处理为20、25、30℃,三者的最终发芽指数相差不大,其中30℃下狼尾草发芽最整齐,可见30℃是狼尾草种子发芽的最适温度。

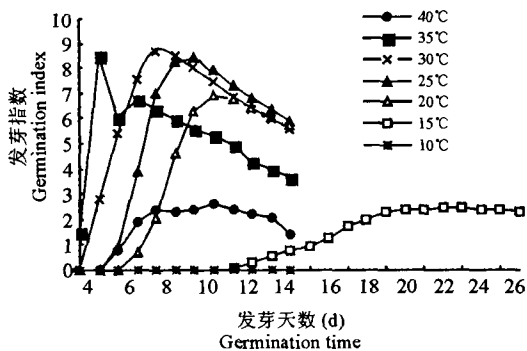


图2 不同温度对狼尾草发芽指数的影响
Fig. 2 Effect of different temperature on germination index of *P. alopecuroides*

2.2 不同土壤深度对狼尾草发芽率和发芽指数的影响

不同的覆土深度对狼尾草种子的发芽率有显著影响。15 mm处理的狼尾草的发芽率最高,10 mm处理次之,两者之间差异不显著($p < 0.05$),但显著

高于其它3个处理(见图3)。不覆土处理的发芽率仅为10%,与覆土厚度为5 mm和10 mm之间的差异显著。回归分析表明,两者间的关系符合回归方程: $y = -0.2864x^2 + 7.4036x + 9.9286$ ($R^2 = 0.9967$)。据此,狼尾草种子萌发理想的覆土厚度为13 mm。

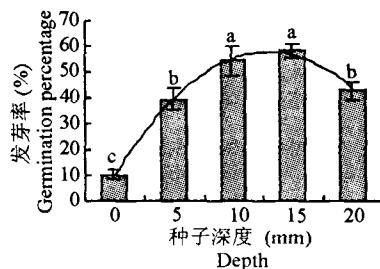


图3 不同覆土深度对狼尾草发芽率的影响
Fig. 3 Effect of different soil depth on germination percentage of *P. alopecuroides*

在不同的覆土处理中,覆土厚度为10 mm时的发芽势最好。覆土厚度为15 mm和20 mm的处理的发芽势次之,最差的处理是不覆土。所有的处理中,发芽指数最高的覆土厚度为15 mm,出现在播种后第11 d(图4)。在以后的几天中,发芽指数一直是最高。

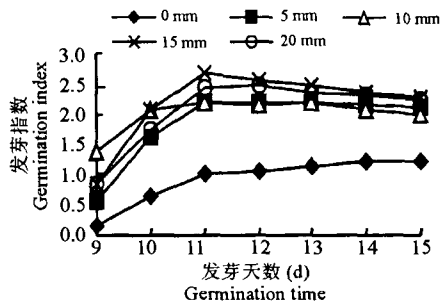


图4 不同覆土深度对狼尾草发芽指数的影响
Fig. 4 Effect of different soil depth on germination index of *P. alopecuroides*

2.3 狼尾草种子休眠特性及休眠期测定结果

发芽试验结果表明,2004年的种子发芽率为90.5%,2005年的种子发芽率仅为1.3%,两年之间狼尾草种子的发芽率达到了极显著差异($p < 0.01$)。当年采集的狼尾草种子发芽率极低。可见狼尾草种子具有明显的休眠现象,经过一年的贮藏,狼尾草种子可以自行解除休眠。

2005年10月份,狼尾草种子的发芽率为1.3%,11月份发芽率为6.5%,12月份发芽率为8.0%,2006年1月份的发芽率为23.5%,2月份的发芽率达到了42.0%,3月份的发芽率达到了85.0%(见图5),表明狼尾草种子已经度过了休眠

期。采收后的3个月内,狼尾草的种子发芽率很低,而且在此3个月间,狼尾草种子的发芽率提高也很慢,进入2006年,狼尾草种子的发芽率有了明显的提高,而且,提高幅度非常大。统计结果显示,2005年12月、2006年1月、2月和3月间的平均发芽率差异显著($p < 0.05$)。狼尾草种子的休眠期为上一年的10月份到下一年的3月份,共5个月。

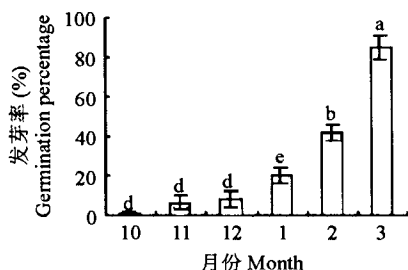


图5 狼尾草种子在不同月份的发芽率
Fig. 5 Germination percentage of *P. alopecuroides* in different month

2.4 土壤埋藏和低温对种子休眠期的影响

土壤埋藏2个月后,即11月,狼尾草种子的发芽率明显提高,达到86.5%,已经度过了休眠期。土壤埋藏处理各月份的发芽率均无显著差异,低温处理,除2005年11月和12月的发芽率差异不显著外,其它各月份间的种子发芽率都存在显著差异。在4℃条件下保存的狼尾草种子和在自然条件下的狼尾草种子的休眠期相同,均在2006年3月份完成种子的休眠。土壤埋藏可明显缩短狼尾草种子的休眠期,种子的休眠期由5个月缩至2个月(见图6)。

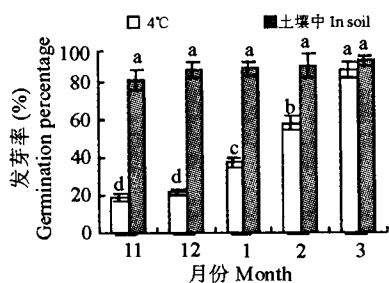


图6 低温和土壤埋藏对狼尾草种子发芽率的影响
Fig. 6 Effect of cold and kept in soil on germination percentage of *P. alopecuroides*

2.5 加速老化试验和寒冷试验结果

经高温高湿的加速老化处理以后,正常狼尾草种子的发芽率为92.0%,处理后狼尾草种子发芽率为32.5%,二者差异极显著($p < 0.01$),降幅高达59.5%。寒冷处理的狼尾草种子的发芽率为26%,未经处理的狼尾草种子发芽率为51%,处理与未处理的发芽率相比下降了49%。经过寒冷处理的狼尾草种子的发芽率与未经处理狼尾草种子的发芽率

间存在着极显著的差异($p < 0.01$)。说明高温高湿和寒冷条件都可以抑制狼尾草种子萌发。

3 小结与讨论

狼尾草种子在10~40℃的温度范围内都可以发芽,10℃以下不发芽,26℃是其发芽的最适温度。覆土厚度为13 mm时的发芽率最高;不覆土处理的发芽率仅为10%;覆土超过20 mm,其发芽率降至40%以下。由此可见,狼尾草如果直接露在地表不利于出苗,主要在于地表层容易风干,有些种子胚根露出地面,易失水而死亡。种子在土壤中埋得太深,可能由于通气不畅导致种子不萌发,或者由于储藏物质不足以支持幼苗伸出土表面而窒息死亡,也可能因为降雨量太少,降水不能渗入下层而使下层土壤湿度过低^[13]。此外,自然成熟的种子多落于地表,恶劣的存活条件和动物的取食,会使种子大量消亡。所以,种子适合的土层深度,不仅可以避免土层太浅种子在发芽前失水干瘪的风险,而且也可以避免土层太深种子自身储藏能量耗尽种子尚未能发芽的风险^[14]。狼尾草种子自然成熟后多落于地表,种子库容量大大减少,其扩散蔓延的风险也大为降低。

休眠是指种子具有活力,而停留在不能发芽的状态,是植物系统发育中所形成的抵抗不良环境的适应性,是对逆境的适应^[9]。狼尾草种子具有明显的休眠现象,休眠期长达5个月。在土壤中保存能有效缩短狼尾草种子的休眠期,在耕作的农田等有人为干扰的地区,农事操作可能会造成狼尾草种子深埋,有利于打破狼尾草种子的休眠,但深埋种子又不利于种子发芽。

种子活力是种子质量状况的一个重要指标,是决定种子播种后田间成苗力的内在因素^[15]。因为田间出苗条件往往不是种子发芽的适宜条件,或者说是逆境存在,所以种子活力可以更好地预测种子田间出苗的可能性。加速老化和寒冷试验是国际种子协会推荐的种子活力测定方法,也是在目前检测种子活力测定中比较常用的方法^[16]。加速老化试验和寒冷试验表明,高温高湿和低温都可以抑制狼尾草种子萌芽。

外来植物引入后,入侵种自身的生态适应性是促使入侵种扩散蔓延的主要因素之一。种子发芽,休眠性和耐逆境等是目前杂草风险评估的主要指标。种子是植物繁衍后代的工具,在植物远距离扩散的过程中,种子起着重要作用。狼尾草作为观赏植物,种子可以被人为的传播到其他地区或自播到

相邻的地区,可能对其他地区的生产和生态造成一定程度危害。本实验研究表明,狼尾草种子发芽温度范围较大,具有较长的休眠期,根据目前杂草评估系统具有扩散的风险。而人类的干扰活动(如翻耕)缩短狼尾草种子的休眠期而使之提前于合适的发芽温度季节,高温和低温都会抑制狼尾草种子发芽,近地表 13 mm 土层中的种子易发芽,频繁农事操作造成种子深埋,不利于其萌发。因此,狼尾草扩散到农田为害的可能性较小。但在其他生境仍存在扩散的风险,种植应用中应加以防范。本试验只是从种子方面初步预测了狼尾草逃逸扩散的能力,进行全面预测还应该以植物的某些生活史属性为基础,以相同或相似的生境中的植物作对照^[17],在这方面还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 武菊英,滕文军,王庆海. 狼尾草的生物学特性及在园林中的应用[J]. 中国园林,2005,21(12):57-59.
- [2] 武菊英,滕文军,王庆海,孙振元. 多年生观赏草在北京地区的生长状况与观赏价值评价[J]. 园艺学报,2006,33(5):1145-1148.
- [3] 郭建平,高素华,刘玲,周广胜. 气候变化对红松气候生产力的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(2):129-131.
- [4] 姚晓红,许彦平,秘晓东. 气候变化对天水苹果生长的影响及对策研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):129-133.
- [5] 陆佩玲,于强,贺庆棠. 植物物候对气候变化的响应[J]. 生态学报,2006,26(3):923-929.
- [6] 林金成,强胜,吴海荣. 外来入侵杂草空心莲子草对植物生物多样性的影响[J]. 农村生态环境,2005,21(2):28-32.
- [7] Joubert D F, Cunningham P L. The distribution and invasive potential of fountain grass *Pennisetum setaceum* in Namibia[J]. *Diversity*,2002,27:37-47.
- [8] 郑光华,史忠礼,赵同芳. 实用种子生理学[M]. 北京:农业出版社,1990.91-135.
- [9] 贺红,晏儒来. 部分十字花科蔬菜种子休眠期及其破除的方法[J]. 中国蔬菜,1993(6):23-25.
- [10] 孙群亮,肖层林,王伟平,向世鹏,陈詹. 水稻光温敏核不育系培矮 64S 种子休眠特性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(3):216-219.
- [11] 乔燕祥,高平平,马俊华,周建萍,马建萍. 两个玉米自交系在种子老化过程中的生理特性和种子活力变化的研究[J]. 作物学报,2003,29(1):123-127.
- [12] International Seed Testing Association (ISTA). Handbook of Vigor Test Methods[M]. 2nd ed. Zurich, Switzerland: International Seed Testing Association,1987.174-192.
- [13] 杨期和,葛学军,叶万辉,邓雄,廖富林. 矮沙冬青种子特性和萌发影响因素的研究[J]. 植物生态学报,2004,28(5):651-656.
- [14] Ouled B A, Neffatia M, Papanastasis V P. Effects of seed age and seeding depth on growth of *Stipa lagascae* R. & Sch. seedlings[J]. *Journal of Arid Environments*,2006,65(4):682-687.
- [15] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1997.49-52.
- [16] 王景升. 种子[M]. 北京:农业出版社,1987.59-65.
- [17] Bohumil Mandák. Germination requirements of invasive and non-invasive a triples species: a comparative study[J]. *Flora*,2003,198:45-54.