

4 种禾草种子发芽条件的筛选研究

沈 洋^{1a}, 刘 芳^{2a*}, 李青丰¹, 苏红田², 张 义²

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010000; 2. 全国畜牧总站, 北京 100125)

摘要:针对马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop)、止血马唐(*Digitaria ischaemum* (Schreib.) Schreib.)、细弱隐子草(*Cleistogenes gracilis* Keng)和糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng)4 种禾本科牧草种子发芽率低的现象, 使用不同温度、不同浓度 KNO_3 溶液和预冷等处理对其进行打破休眠和促进萌发的研究, 并对供试种子的适宜发芽条件进行筛选。结果表明: 马唐种子不存在休眠问题, 预冷和 KNO_3 溶液对促进其萌发均没有显著效果; 止血马唐种子存在休眠且生活力偏低, 预冷能够打破休眠, KNO_3 处理能够有效提高其种子的生活力($P < 0.05$); 细弱隐子草和糙隐子草发芽率低主要原因是种子生活力低, KNO_3 处理能够极显著提高种子的生活力和发芽率($P < 0.01$)。4 种种子的最适发芽条件分别是: 马唐种子用 KNO_3 (0.2%) 处理或不处理, 在 30℃ 恒温发芽; 止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草种子均为用 KNO_3 (0.2%) 处理并预冷(7 d)后 20~30℃ 变温发芽。

关键词:马唐; 隐子草; 种子; 发芽条件

中图分类号: Q945.35

文献标识码: A

文章编号: 1007-0435(2012)01-0070-06

Seed Germination Conditions of Four Grass Forages Species

SHEN Yang^{1a}, LIU Fang^{2a*}, LI Qing-feng¹, SU Hong-tian², ZHANG Yi²

(1. Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot, Inner Mongolia 010000, China;

2. National Animal Husdandry Service, Beijing 100125, China)

Abstract: Different methods (temperatures, KNO_3 solutions and pre-cooling treatments) were investigated to break the dormancy and promote seed germination of: *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop, *Digitaria ischaemum* (Schreib.) Schreib., *Cleistogenes gracilis* Keng and *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng. Results indicated that *Digitaria sanguinalis* seeds had no dormancy and both pre-cooling and KNO_3 solution did not significantly promote germination. *Digitaria ischaemum* seeds had both dormancy and low-viability; pre-cooling treatment could break the dormancy effectively and KNO_3 solution could effectively improve viability. The low seed germination percentage of *Cleistogenes gracilis* and *Cleistogenes squarrosa* was enhanced with a KNO_3 solution improving both seed viability and seed germination percentage. Optimum seed germination conditions were: *Digitaria sanguinalis* seed germinated at 30℃ with or without KNO_3 (0.2%) solution treatment; *Digitaria ischaemum*, *Cleistogenes gracilis* and *Cleistogenes spuarrosa* seeds germinated at 20~30℃ with KNO_3 (0.2%) solution and pre-cooling treatment (7 d).

Key words: *Digitaria*; *Cleistogenes*; Seeds; Conditions of germination

我国拥有丰富的野生牧草种质资源^[1], 但较低的发芽率导致很多有利用价值的野生牧草难以推广利用^[2], 也正是由于这个原因, 目前对于很多有利用价值的野生牧草在其萌发、休眠特性方面的研究较少。本试验选取的 4 种禾本科牧草: 马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop)、止血马唐(*Digitaria*

ischaemum (Schreib.) Schreib.)、细弱隐子草(*Cleistogenes gracilis* Keng)和糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng)即属于此类, 具有很高的饲用价值^[3], 但目前在萌发和休眠特性方面的研究极少, 除了糙隐子草^[4], 其他 3 种甚至未见类似相关方面的研究报道。

收稿日期: 2011-09-13; 修回日期: 2011-11-07

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项“草原虫害监测预警及防控技术研究与示范”(201003079)资助

作者简介: 沈洋(1988-), 女, 内蒙古乌兰察布人, 硕士研究生, 研究方向为牧草种子生理生化, E-mail: yayumomo@163.com; 刘芳(1971-), 女, 内蒙古包头人, 畜牧师, 硕士, 主要从事草种质资源保护和草业产品质检工作, E-mail: Liufang011@sina.com; a 代表并列第一作者 a represents that SHEN Yang and LIU Fang contributed equally to this work as co-first authors; * 通信作者 Author for correspondence

种子的萌发、休眠特征是种子最重要的特征之一,只有了解这些特征才能对种子以及植物进行深入的开发利用。因此,本试验通过选用不同处理方法和发芽条件,对4种禾草种子的萌发和休眠特性进行研究,力图找出导致发芽率低的原因,从而为供试种子筛选出能有效提高发芽率的方法,以及最适宜的萌发条件。本试验的研究不仅对于这4种禾草的开发利用有积极的推动作用,对于野生牧草种质资源的收集入库和对野生植物种子与植物的开发利用

也具有积极的意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试种子来自国家草种质资源中心库,为不同时期采集于我国不同地区的野生禾本科草种,经干燥后储存于中心库中。采集地点、时间及原始发芽率详见表1。

表1 4种供试禾本科牧草种子来源

Table 1 Source of four grass forages species

种名 Chinese name	学名 Specific name	采集时间 Acquisition time	采集地点 Collecting site	原始发芽率/% Original germination rate	入库时间 Storage time
马唐	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop	2008	南昌	56	2009年
止血马唐	<i>Digitaria ischaemum</i> (Schreib.) Schreib	2009	吉林市旺起连甸村	14	2010年
细弱隐子草	<i>Cleistogenes gracilis</i> Keng	2005	宁夏固原市彭阳县	5	2008年
糙隐子草	<i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng	2005	宁夏固原市彭阳县	6	2008年

1.2 试验方法

本试验采用不同温度、不同浓度硝酸钾、预冷和硝酸钾+预冷4种处理方法对所选4种禾草种子进行发芽试验。每个处理设3个重复^[5],每个重复50粒种子。各处理均采用纸上(TP)发芽,每个培养皿中铺3层滤纸^[6]。预冷的种子在4~6℃的冷藏箱中放置7 d,然后移到培养箱中,发芽天数自移入培养箱中算起。变温发芽时通常是保持高温8 h,低温16 h^[7]。发芽试验的光照条件为8 h光照+16 h黑暗。发芽过程中所加的补充蒸发溶液均为蒸馏水^[6]。

1.2.1 常规萌发测定(预试验) 不作任何处理,直接在常规温度(20~30℃)下萌发^[2]。

1.2.2 不同温度下萌发测定 不作任何处理,将4种草种分别置于20℃,25℃,30℃,20~30℃(对照)培养箱中进行培养^[8,9]。

1.2.3 不同浓度硝酸钾处理后的萌发测定 移入培养箱之前,分别用浓度为0.05%,0.1%,0.2%,0.3%,1%^[10]的KNO₃溶液代替蒸馏水润湿发芽床。

1.2.4 预冷处理后萌发测定 用蒸馏水润湿发芽床,将种子在4~6℃的冰藏箱中放置7 d,然后移到培养箱中,发芽天数自移入培养箱的时间算起。

1.2.5 硝酸钾+预冷处理后萌发测定 用KNO₃溶液代替蒸馏水湿润发芽床,并在移到培养箱之前,对种子做预冷(7 d)处理。

1.3 观察与统计

种子移入培养箱后第3 d开始记录,每24 h记

录一次,统计每日正常发芽粒数,直至无萌发种子出现为止。在末次计数中参照《牧草种子检验规程》^[11]和《国际种子检验规程(2001)》^[12]中类似植物的鉴定标准将种子和幼苗归类^[9],记录正常幼苗数、不正常幼苗数、新鲜种子数和死种子数。根据结果记录的发芽总数和每日发芽数计算出发芽率并做出累积发芽曲线,根据曲线确定初次计数与末次计数时间。初次计数时间是适宜条件下种子达到50%发芽率的天数^[9];末次计数时间是适宜条件下,种子发芽率超过80%后,再延后7 d的时间。

种子发芽率的测定:发芽率(%)=n/N×100

式中:n为发芽种子粒数,N为供试种子数。

1.4 数据分析

用Excel 2003整理观察记录4种禾草种子的每日发芽数、发芽时间、发芽率^[13],并用《国际种子检验规程(2001)》^[12]中的“最大允许误差数”(两尾检验)来各自对不同温度间、不同浓度KNO₃处理间种子的发芽率差异进行分析比较(超过最大允许误差的2个处理的发芽平均值,就可以认为是有差异,否则就是无差异)。用统计软件SPSS 17.0对4种不同处理对种子发芽率的影响进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 常规发芽条件下种子的发芽率(预试验)

经统计,4种种子在20~30℃变温条件下的发

芽率分别为:马唐52%、止血马唐52%、细弱隐子草10%、糙隐子草7%。由此可知,常规条件下4种种子的发芽率均偏低,尤其是2种隐子草种子,在常规条件下基本难以萌发。

2.2 不同温度条件对种子发芽率的影响

由图1可知,马唐在变温(20~30℃)条件下的发芽率(52%)低于3种恒温条件。3种恒温条件下的发芽率随温度升高而提高,在30℃条件下发芽率最高(65%)。通过用“最大允许误差数”对不同温度

间发芽率作比较,仅20~30℃和30℃条件发芽率差异显著($P<0.025$),可见30℃为马唐种子萌发的最适温度。止血马唐在20~30℃变温条件下发芽率最高(52%),显著高于恒温条件($P<0.025$),而3种恒温条件的发芽率差异不显著,因此,20~30℃变温为止血马唐的最适萌发温度。细弱隐子草和糙隐子草随着温度升高发芽率都有所提高($P<0.025$),在20~30℃变温条件下发芽率最高,但发芽率分别仅为10%和7%,可见该条件并不能有效提高隐子草种子的发芽率。

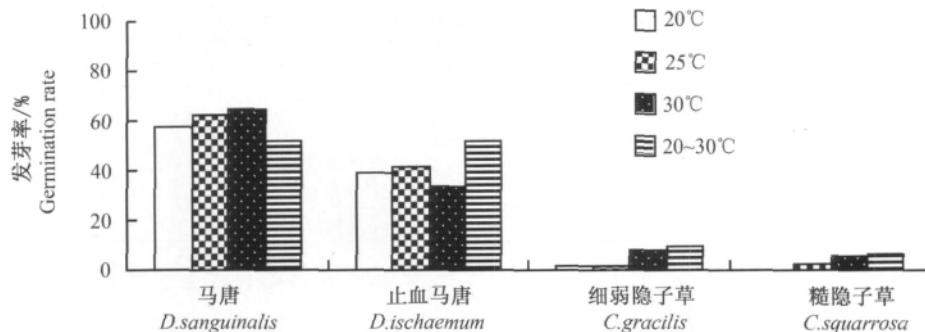


图1 不同温度条件下4种供试草种发芽率

Fig. 1 Germination percentage of four tested seeds under different temperatures

2.3 不同浓度 KNO_3 溶液处理对种子发芽率的影响

参照不同温度处理的结果,将用不同浓度 KNO_3 处理后的4种种子分别置于各自的最适温度条件下萌发(马唐:30℃,止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草:20~30℃)。由图2可知,马唐种子在未经 KNO_3 溶液处理(对照)时的发芽率为65%,分别用不同浓度的 KNO_3 溶液处理后,仅在0.1%和0.2%浓度条件下的发芽率高于对照(69%),其他浓度下的发芽率均低于对照,且不同浓度间发芽率差异并不显著。由此可知, KNO_3 处理对于马唐种子的萌发并没有明显影响。

将止血马唐种子经不同浓度 KNO_3 溶液处理,其发芽率(除1%浓度)较对照(58%)均有显著提高

(19%),且在浓度为0.2%的条件下发芽率最高(77%)。经“最大允许误差数”对比分析,在0.05%~0.3%各浓度处理的发芽率差异不显著。由此可知一定浓度(<1%)的 KNO_3 溶液对于止血马唐的萌发有较为明显的促进作用。

细弱隐子草和糙隐子草种子的对照发芽率分别为10%和7%。分别用不同浓度 KNO_3 溶液处理后,发芽率均有显著提高($P<0.025$),但0.05%和1%浓度下的发芽率显著低于0.1%~0.3%浓度的发芽率($P<0.025$)。2种草种均在浓度为0.2%的条件下,发芽率最高,分别达到90%和80%。由此可知, KNO_3 溶液能够显著促进细弱隐子草和糙隐子草萌发。

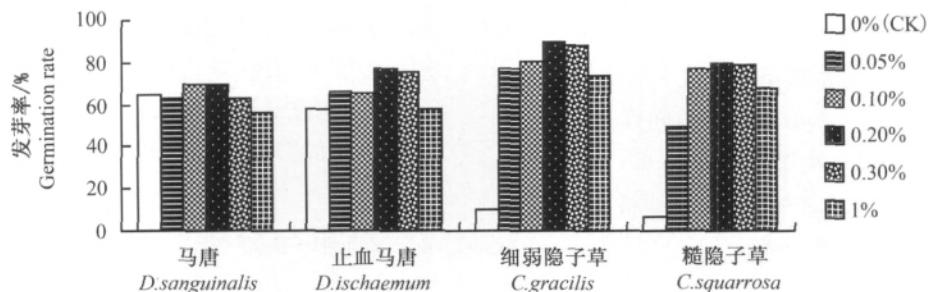


图2 不同浓度 KNO_3 处理对4种牧草种子发芽率的影响

Fig. 2 Germination percentage of four tested seeds under different KNO_3 concentrations

2.4 预冷处理对种子发芽率的影响

参照不同温度处理的结果,将4种种子预冷(7 d)后,分别置于各自的最适温度条件下萌发。由表2可知,马唐种子经过预冷处理的发芽率(50%)反而低于对照(65%);止血马唐、细弱隐子草、糙隐子

草经预冷处理后种子的发芽率均有所提高,除了止血马唐($P<0.05$),2种隐子草与对照相比均没有显著差异。由此可知预冷对于细弱隐子草、糙隐子草种子萌发没有显著作用,对于止血马唐萌发有显著的促进作用,对于马唐,预冷明显不利于种子萌发。

表2 预冷处理后4种供试种子发芽率

Table 2 Germination percentage of four tested seeds with pre-cooling treatment

处理方法 Germination method	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>	细弱隐子草 <i>Cleistogenes gracilis</i>	糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	%
预冷 Pre-cooling treatment (7 d)	50 ^c	72 ^a	21 ^a	17 ^a	
对照(未预冷)CK	65 ^a	58 ^b	10 ^a	7 ^a	

注:各列间有不同字母者,代表0.05水平下差异显著,下同

Note: Different letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level, the same as below

2.5 预冷+KNO₃溶液处理对种子发芽率的影响

参照不同温度和不同KNO₃浓度处理的结果,将4种种子用0.2%KNO₃溶液处理并预冷后,分别置于各自的最适温度条件下萌发。由表3可知,用KNO₃处理并经过预冷后,马唐种子发芽率(54%)较对照发芽率(65%)显著降低($P<0.01$),

可见该条件并不适宜马唐种子萌发;止血马唐、细弱隐子草、糙隐子草用KNO₃处理并经过预冷后,种子发芽率均有提高,且与对照相比差异均达到极显著水平($P<0.01$)^[13]。由此可知,对于止血马唐和2种隐子草,预冷+KNO₃(0.2%)处理能够有效促进种子萌发,显著提高发芽率。

表3 预冷+KNO₃溶液湿润纸床处理后供试种子发芽率

Table 3 Germination percentage of tested seeds with pre-cooling and KNO₃ treatment

处理方法 Germination method	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>	细弱隐子草 <i>Cleistogenes gracilis</i>	糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	%
预冷(7 d)+KNO ₃ (2%)	53 ^c	89 ^a	96 ^a	81 ^a	
Pre-cooling treatment 7 d+KNO ₃ (2%)	65 ^a	58 ^c	10 ^c	7 ^c	

2.6 4种处理方法对供试种子发芽率的影响

由表4可知,在各自的最适温度条件下,4种不同处理对马唐和止血马唐发芽率有显著影响($P<0.05$),对细弱隐子草和糙隐子草发芽率影响极显著($P<0.01$)。KNO₃处理能显著提高止血马唐的发芽率,能极显著提高2种隐子草的发芽率,且KNO₃+预冷处理对该3种种子萌发的促进作用均达到极显著水平($P<0.01$)。预冷处理仅对止血马唐有显著促进作用($P<0.05$),而对2种隐子草萌发影响不显著;马唐经预冷处理后,发芽率反而显著降低($P<0.01$),而KNO₃处理对其萌发没有显著影响。

2.7 最适发芽条件下种子的发芽水平

马唐种子经KNO₃处理后的发芽率为4种处理中最高(69%),但由表5可知,该处理的发芽率也仅比对照提高了4%,且种子死亡率偏高。由此推测,该种子发芽率低可能与种子本身生活力和寿命有关^[15,16];止血马唐、细弱隐子草与糙隐子草种子

都是在预冷+KNO₃处理下发芽率最高,并且对照发芽率分别提高了31%,86%和74%,由此来看,该处理能够有效提高发芽率,尤其对于2种隐子草,效果极显著。

2.8 发芽初次计数和末次计数时间的确定

由图3可知,马唐和止血马唐均在置于发芽箱3 d后发芽率达到50%,止血马唐5 d后发芽率达到80%,因此确定其初次和末次计数时间为3 d和12 d。细弱隐子草和糙隐子草发芽率达到50%的天数分别为8 d和9 d,发芽率达到80%的天数分别为10 d和12 d,因此初次计数时间为8 d和9 d,末次计数时间为17 d和19 d。

3 讨论

由试验结果初步可知,本试验中所采用的4种处理对不同供试种子的萌发具有不同的效果。从温

表4 不同处理方法对供试种子发芽率的影响

Table 4 Germination percentage of four tested seeds in different germination methods

%

处理方法 Germination method	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>	细弱隐子草 <i>Cleistogenes gracilis</i>	糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>
最适温度(对照)(CK)	65 ^a	58 ^c	10 ^c	7 ^c
KNO ₃ (0.2%)	69 ^a	77 ^b	90 ^a	80 ^a
预冷(7 d) Pre-cooling treatment	50 ^c	72 ^b	21 ^c	18 ^c
预冷(7 d)+KNO ₃ (0.2%)	53 ^c	89 ^a	96 ^a	81 ^a
Pre-cooling treatment + KNO ₃				
F 值	6.944*	14.955*	398.283**	298.306**

注: *表示在0.05水平上差异显著, **表示在0.01水平上差异显著

Note: * means significant difference at the 0.05 level, ** means significant difference at the 0.01 level

表5 最适发芽条件下种子的发芽率、休眠率及死亡率

Table 5 Germination percentage, dormancy rate and mortality rate of tested seeds under optimum germinating condition

试验材料 Tested materials	发芽方法 Germination method	发芽率/% Germination percentage	休眠率/% Dormancy rate	死亡率/% Mortality rate	对照发芽率/% Controlling germination rate
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	KNO ₃ (0.2%); 30℃	69	0	31	65
止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>	预冷(7 d)+KNO ₃ (0.2%); 20~30℃	89	10	1	58
细弱隐子草 <i>Cleistogenes gracilis</i>	预冷(7 d)+KNO ₃ (0.2%); 20~30℃	96	4	0	10
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	预冷(7 d)+KNO ₃ (0.2%); 20~30℃	81	18	1	7

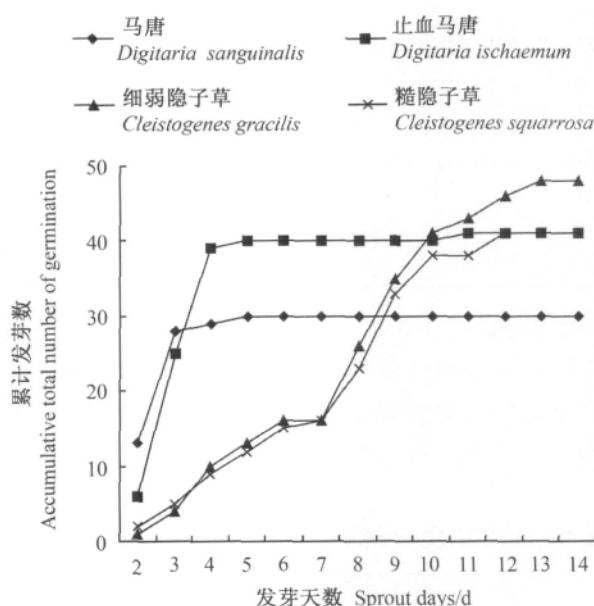


图3 最适发芽条件下4种种子的累积发芽曲线

Fig. 3 The accumulative sprout curve of four tested seeds under optimum germinating condition

度方面来看,恒温条件更适宜马唐种子萌发,最适温度为30℃;而止血马唐在20~30℃变温条件下的发芽率要显著高于恒温条件,可视为最适萌发温度;细弱隐子草和糙隐子草虽然在20~30℃变温条件下的发芽率高于恒温条件,但由于各温度下的发芽率都很低(<10%),可见温度并不是促进其种子萌发、提高发芽率的关键因素。刘志明等^[4]在对禾本科植

物种种子萌发特性比较研究中发现,在16~28℃变温条件下,糙隐子草发芽率可达88%左右,与本试验的结果存在一定差别,但其萌发所用的种子是当年新采种子,而本试验所用为一年前收获的种子,由此可推测发芽率的差别也可能是由于种子活力不同所致。

预冷处理是打破野生植物种子休眠的一种有效方法,其原理是促使种子的胚形态发育成熟、激素发生变化、抑制物质降解、大分子物质转化成小分子物质、提高一些酶的活力、促进有关基因的表达、低温下种皮透性增强^[17](以及使胚对脱落酸的敏感性降低^[18,19])等。而对有些不存在休眠的种子给予预冷处理,对发芽有时会有抑制作用^[20]。因此,从试验结果看,马唐种子经预冷后发芽率显著降低,可推测其并不存在休眠问题;而止血马唐经预冷处理发芽率有显著提高,可见其存在休眠,并且预冷处理能够打破其休眠。细弱隐子草和糙隐子草经预冷后发芽率均没有显著提高,可知2种隐子草不存在休眠。

KNO₃是应用最广泛的一种促进种子萌发的化学物质,其原理是KNO₃中的K⁺作为多种酶(如NAD激酶、ATP酶等)的激活剂,在一定程度上提高多种酶的活性,也使细胞膜得到部分修复,还可参与诱导植物体内生长促进性激素(如生长素、赤霉素)的生物合成及其活力调控,从而使供试种子活力提高,促进发芽^[21]。本试验结果表明,马唐种子

虽然在0.1%~0.2%浓度下发芽率高于对照,但较对照差异不显著,可见KNO₃处理并不能有效提高马唐种子发芽率;止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草在不同浓度KNO₃溶液处理下发芽率均有显著提高,可知其发芽率低与种子生活力有关,而KNO₃溶液能够有效提高3种种子的生活力并提高发芽率,尤其对于2种隐子草,KNO₃处理对促进其萌发有极显著作用。止血马唐在0.05%~0.3%各浓度处理下发芽率差异不显著,但1%浓度下发芽率显著低于其他浓度,可知浓度<1%的KNO₃溶液更适宜种子萌发;2种隐子草在0.1%~0.3%各浓度处理下发芽率差异不显著,但0.05%和1%浓度下发芽率显著低于其他浓度,可知0.1%~1%浓度之间的KNO₃溶液更适宜其萌发。4种种子的发芽率均在浓度为0.2%时达到最高,这与《牧草种子检验规程》和《国际种子检验规程》中处理种子的浓度为0.2%是基本相一致的^[11,12]。研究结果也表明,虽然硝酸钾能够促进种子萌发,但对其浓度的控制因植物种类而异,只有适宜的浓度处理才会达到最理想的效果。

预冷+硝酸钾处理是在前3种处理的基础上,为进一步提高供试种子发芽率、找出适宜发芽条件进行的探索。本试验中,止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草在该处理下发芽率均高于前3种处理,但2种隐子草与同一浓度KNO₃,未预冷处理的发芽率差异并不显著。但就试验的整个结果来看,可以将该处理作为止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草的最适发芽条件。

4 结论

马唐的最适宜萌发温度为30℃恒温;止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草最适宜的萌发温度为20~30℃变温;马唐和2种隐子草发芽率偏低是由于种子生活力低导致而非休眠问题,一定浓度的KNO₃处理能够非常显著的提高2种隐子草种子的生活力和发芽率;而止血马唐发芽率同时受到种子生活力和休眠的影响,预冷和KNO₃处理对促进其萌发均有显著作用。

根据此次试验的结果,推荐4种种子发芽试验时可采用的适宜发芽条件分别为马唐先用KNO₃(0.2%)处理或直接在30℃恒温发芽;止血马唐、细弱隐子草和糙隐子草用KNO₃(0.2%)处理并预冷(7d)后置于20~30℃培养箱变温发芽,其末次计数

时间分别为12d、12d、17d和19d。

参考文献

- [1] 田福平,时永杰,张小甫,等.我国野生牧草种质资源的研究现状与存在问题[J].江苏农业科学,2006(6):334-336
- [2] 陈艳宇,胡朝华.不同处理方法对野生牧草种子发芽率的影响[J].种子科技,2006(1):42-43
- [3] 陈守良.中国植物志[M].北京:科学出版社,1990:329-331,314-317,43-47
- [4] 刘志明,李雪华,李荣平,等.科尔沁沙地15种禾本科植物种子萌发特性比较[J].应用生态学报,2003,14(9):1416-1420
- [5] 胡卉芳,李青丰.5种禾本科牧草种子的萌发特性及耐旱性的研究[J].中国草地,2001,23(3):49-53
- [6] 张木兰.几种牧草种子发芽方法的试验研究[J].内蒙古草业,2005,17(3):25-26
- [7] 孙群,杨力钢,王建华,等.乌拉尔甘草种子发芽检测方法研究[J].草地学报,2007,15(2):190-192
- [8] 李淑娟,王得贤,韩宝花.梭罗草种子适宜萌发条件的研究[J].种子,2010,29(3):96
- [9] 李青丰,易津.牧草种子萌发检验标准化的研究[J].中国草地,1995,17(6):39-43
- [10] 葛俊彦,蔡亚非.不同处理方法对几种牧草种子发芽率的影响[J].实验与技术,2009,25(1):5-6
- [11] GB/T 2930.4-2001.牧草种子检验规程[S].国家质量技术监督局,2001:38,42,44,48
- [12] 国际种子检验协会.国际种子检验规程[M].北京:中国农业出版社,1996:146-152
- [13] 吉文丽,吉鑫森,陈东燕,等.28种苔草属植物种子发芽特性研究简报[J].草地学报,2009,17(6):834-836
- [14] 洪彩香,张如莲,陈志权.不同处理方法对3种臂形草属牧草种子发芽率的影响[J].热带农业科学,2004,24(2):14-15
- [15] 胡晋,李永平,胡伟民,等.种子生活力测定原理和方法[M].北京:中国农业大学出版社,2009:1-2
- [16] 颜启传.种子学[M].北京:中国农业大学出版社,2001:79-83,103-104,423-425
- [17] Holloway P S. Seed germination of Alaska Iris, *Iris setosa* ssp. *interior* [J]. Hortscience, 1987, 22(5):898-899
- [18] Junnila O. The mechanism of low temperature dormancy in mature seeds of *Syringra* species[J]. Physiologia Plantarum, 1973, 29:256-263
- [19] 孙跃春,樊奋进,张英俊.预冷打破种子休眠的研究进展[J].种子,2004,23(10):52-53
- [20] Schmitz N, Xia J H, Kermode A R. Dormancy of yellow cedar seeds is terminated by gibberllic acid in combination with fluridone or with osmotic priming and moist chilling[J]. Seed Science and Technology, 2001, 29(2):331-346
- [21] 张菊平,张艳敏,康业斌,等.硝酸钾处理对不同贮藏年限辣椒种子发芽的影响[J].种子,2005,24(4):29-30

(责任编辑 李美娟)