

张丽辉,蒋远玲,张学凡,等. 变温与采后贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):313-316.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.091

变温与采后贮藏时间协同作用对 紫花苜蓿种子萌发的影响

张丽辉, 蒋远玲, 张学凡, 申 雄

(长春师范大学生命科学学院, 吉林长春 130032)

摘要:以贮藏 7、19、26 个月的紫花苜蓿种子为材料,采用人工气候箱法模拟研究温度变化(15 ℃/10 ℃、25 ℃/20 ℃、35 ℃/30 ℃)、贮藏时间及其协同作用对紫花苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明,当年收获的种子具有休眠现象。贮藏 19 个月的种子在 25 ℃/20 ℃下发芽率、发芽势、发芽指数最高,且随着贮藏时间的延长,其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数逐渐降低;长时间贮藏抑制了下胚轴的生长,从而降低了芽长。由此可见,不适宜的温度和长时间贮藏都会抑制种子的萌发和生长。

关键词:紫花苜蓿;种子萌发;温度;贮藏时间;协同作用

中图分类号:S542.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0313-03

近年来全球气候变暖是一个不争的事实,由此引发了一系列生态安全问题^[1]。政府部门的评估报告预测,截至 2100 年,全球平均气温将升高 1.8~4.0 ℃^[2],我国内蒙古地区气温有所升高^[3]。紫花苜蓿(*Medicago sativa*)具有价值高、品质优良、再生性强、耐旱性等优点,被誉为“牧草之王”,也是我国种植面积最大的人工牧草^[4]。紫花苜蓿的主要繁殖方式是种子繁殖,种子质量的优劣关系到牧草的产量。种子发芽除与植物自身的生物学特性有关,还与其所处的外界环境密切相关。在众多影响因子中,温度和贮藏时间是影响种子萌发的主要因子^[5-7]。温度是控制生理生化反应的关键环境要素^[8],适宜的温度可以提高种子吸水膨胀的速度、加快种子萌发过程中的新陈代谢^[9-10]。同时,贮藏方式和贮藏时间会影响种子寿命,不妥当的贮藏环境和贮藏措施会降低种子的发芽率和活力,影响播种质量^[11]。但迄今为止,我国对于紫花苜蓿种子的研究还主要集中在单因子变化(温度、降水、盐分、光照等)上,关于贮藏时间和温度交互作用条件下紫花苜蓿种子萌发的研究鲜有报道。因此,研究贮藏时间和温度对紫花苜蓿种子萌发的影响,有助于增进苜蓿对全球气候变化下的响应与适应的理解,提高苜蓿的产量与品质,为农作物对气候的响应提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 供试材料为威纳尔紫花苜蓿种子,购于吉林省长春参茸种子商店,放置于 4 ℃冰箱中低温储藏 7、19、26 个月。

收稿日期:2015-07-01

基金项目:吉林省长春师范大学大学生创新创业试验项目。

作者简介:张丽辉(1971—),女,河北昌黎人,博士,副教授,从事植物生理生态学和种群生态学的教学与研究。E-mail:zhanglihui_91@163.com。

1.1.2 主要仪器 光照培养箱(上海精宏 GZP-750S)。

1.2 方法

试验于 2015 年 4 月在长春师范大学生态与应用工程实验室进行。将不同贮藏时间的紫花苜蓿种子取出,分别选取大小一致、形状、色泽一致且饱满的种子,先用 75% 乙醇消毒 5 min,再用蒸馏水冲洗 3 次,用滤纸吸干种子表面的水分后备用。按常规的纸上发芽法进行发芽试验,培养皿直径为 9 cm,内置 3 层滤纸,滤纸用无菌水湿润,每个培养皿播种 50 粒种子。把培养皿置于 GZP-250 型光照培养箱内培养,培养箱共设 3 个温度处理,为 35 ℃(14 h)/30 ℃(10 h)、25 ℃(14 h)/20 ℃(10 h)、15 ℃(14 h)/10 ℃(10 h),每个处理 3 次重复。每天观察记录发芽情况,以胚根长度等于种子长度时作为发芽标准,共调查 7 d。试验结束后每个重复随机抽取 10 株幼苗,测定其根长、芽长。

1.3 指标测定

发芽率 = 第 7 天种子的发芽数/供试种子总数 × 100%;
发芽势 = 第 3 天种子的发芽数/供试种子总数 × 100%;
发芽指数(GI) = $\sum (G_t/D_t)$, 其中 G_t 为 t 时间内的发芽数, D_t 为相应发芽日数;
活力指数(VI) = $GI \times S$, 其中 S 为平均芽长;
变异系数 = 标准差/平均数 × 100%。

1.4 数据处理

数据分析采用 SPSS 16.0 进行 2 因素方差分析(Two-way ANOVA)和差异显著性分析(Duncan 多重比较法),显著性水平为 0.05。用 Excel 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子萌发的影响

2.1.1 对种子发芽率的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间均极显著影响种子的发芽率($P < 0.01$);但温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子发芽率无显著的交互作用($P > 0.05$)。由图 1 可知,相同温度条件下,紫花苜蓿种子的发芽率随贮藏时间的延长呈现先增加后

表 1 温度和贮藏时间对紫花苜蓿种子发芽和幼苗生长的方差分析

变量	温度处理			贮藏时间			交互作用		
	df	F 值	P 值	df	F 值	P 值	df	F 值	P 值
发芽率	2	732.298	0.000	2	9.500	0.002	4	2.447	0.084
发芽势	2	205.848	0.000	2	15.470	0.000	4	0.637	0.643
发芽指数	2	228.164	0.000	2	16.295	0.000	4	5.796	0.004
活力指数	2	205.131	0.000	2	38.33	0.000	4	17.929	0.000
根长	2	456.543	0.000	2	13.076	0.000	4	7.440	0.000
芽长	2	23.709	0.000	2	2.344	0.110	4	2.292	0.078

降低的趋势。在低温(15℃/10℃)处理下,贮藏 19 个月的种子发芽率最高,为 93.33%,贮藏 26 个月和贮藏 19 个月的紫花苜蓿种子发芽率与贮藏 7 个月的种子发芽率相比,分别显著增加 261.13% 和 288.88% ($P < 0.05$);在适温(25℃/20℃)处理下,贮藏 26 个月和贮藏 19 个月紫花苜蓿种子发芽率与贮藏 7 个月种子发芽率相比分别显著增加 164.71% 和 178.44% ($P < 0.05$),但贮藏 26 个月和贮藏 19 个月紫花苜蓿种子发芽率无显著差异 ($P > 0.05$);在高温(35℃/30℃)处理下,与贮藏 7 个月种子发芽率相比,贮藏 26 个月和贮藏 19 个月紫花苜蓿种子发芽率分别显著增加 197.62% 和 251.827%,贮藏 19 个月的种子发芽率最高,且各处理间均有显著差异 ($P < 0.05$)。说明适宜的贮藏时间可以提高种子的发芽率,高温会使种子的发芽率降低。

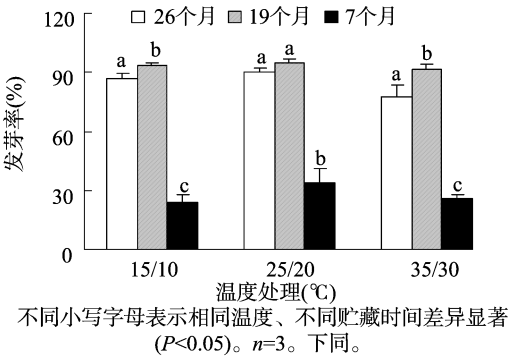


图1 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子发芽率的影响

2.1.2 对发芽势的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间均极显著影响紫花苜蓿种子发芽势 ($P < 0.01$);但温度和贮藏时间协同作用对种子发芽势无显著交互作用 ($P > 0.05$)。由图 2 可知,发芽势以贮藏 19 个月的种子并且培养温度为 25℃/20℃ 处理最高,为 80.67%;在相同温度条件下,以贮藏 7 个月的种子发芽势最低,显著低于贮藏 26 个月和 19 个月种子的发芽势 ($P < 0.05$),但贮藏 26 个月和贮藏 19 个月间种子发芽势差异不显著 ($P > 0.05$)。由此表明,高温会降低种子发芽势,贮藏时间会提高种子发芽势。

2.1.3 对发芽指数的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间均极显著影响紫花苜蓿种子发芽指数 ($P < 0.01$);且温度和贮藏时间协同作用对发芽指数具有极显著交互作用 ($P < 0.01$)。由图 3 可知,在相同温度处理下,紫花苜蓿种子的发芽指数随着贮藏时间增加呈先上升后下降的趋势。在低温处理下(15℃/10℃),贮藏 26 个月和 19 个月的发芽指数与贮藏 7 个月种子发芽指数相比,分别显著增加 413.83% 和 407.60%,但贮藏 26 个月和贮藏 19 个月间无

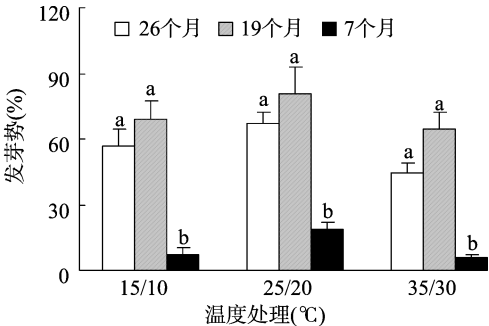


图2 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子发芽势的影响

显著差异 ($P > 0.05$);在适温(25℃/20℃)和高温(35℃/30℃)处理下,贮藏 26 个月和贮藏 19 个月紫花苜蓿种子发芽指数与贮藏 7 个月种子发芽指数相比,分别显著增加 179.31%、225.62%、221.26%、441.38% ($P < 0.05$),以贮藏 19 个月、培养温度为 25℃/20℃ 发芽指数最大。说明适宜的贮藏时间和温度可以提高种子的活力。

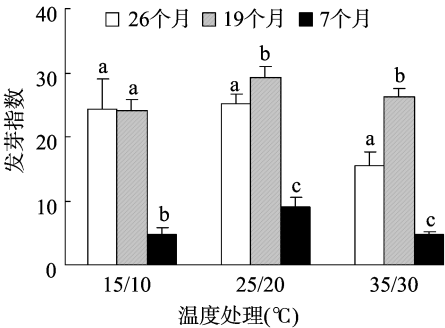


图3 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子发芽指数的影响

2.1.4 对活力指数的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间均会极显著影响种子的活力指数 ($P < 0.01$);并且温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子活力指数具有极显著的交互作用 ($P < 0.01$)。由图 4 可知,相同温度条件下,紫花苜蓿种子的发芽率随贮藏时间的延长呈现先增加后降低的趋势。除了贮藏 7 个月的种子与贮藏 26 个月收获的种子活力指数间无显著差异 ($P > 0.05$) 外,其他各处理间差异显著 ($P < 0.05$),并且在各温度处理下,种子的活力指数从大到小依次为贮藏 19 个月 > 贮藏 7 个月 > 贮藏 26 个月。以贮藏 19 个月收获、培养温度为 25℃/20℃ 的紫花苜蓿种子活力指数最大。

2.2 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿幼苗生长的影响 2.2.1 对幼苗芽长的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿芽长无显著的交互

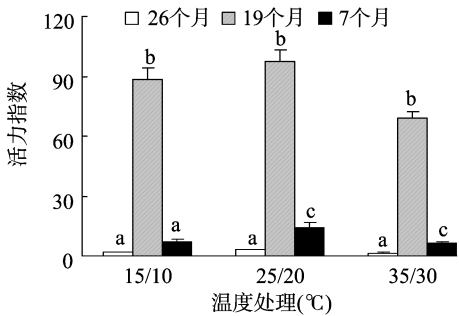


图4 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子活力指数的影响

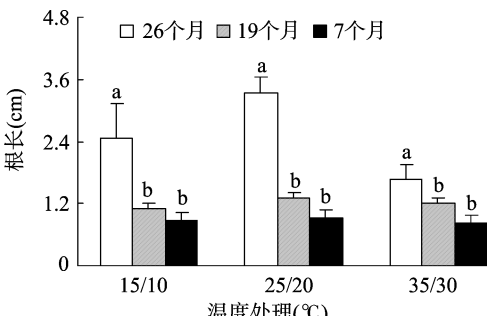


图6 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿幼苗根长的影响

作用($P=0.078$)。由图 5 可知,紫花苜蓿芽长随贮藏时间的增加呈先上升而后下降的趋势。相同温度下,贮藏 19 个月的紫花苜蓿幼苗芽长达到最大值,其次是贮藏 7 个月的种子。在低温(15 °C/10 °C)培养下,贮藏 19 个月紫花苜蓿芽长达到最大值,为 3.67 cm,比贮藏 26 个月和贮藏 7 个月的种子显著高 304.20% 和 134.96% ($P<0.05$)。在适温(25 °C/20 °C)培养下,贮藏 19 个月的紫花苜蓿幼苗芽长较贮藏 26 个月和贮藏 7 个月的紫花苜蓿幼苗分别增加 294.03% 和 131.84%。在高温(35 °C/30 °C)培养下,贮藏 19 个月的紫花苜蓿幼苗芽长较贮藏 26 个月和贮藏 7 个月的紫花苜蓿幼苗分别增加 196.18% 和 97.52%。说明适当的温度与贮藏时间能显著增加紫花苜蓿幼苗的生长。

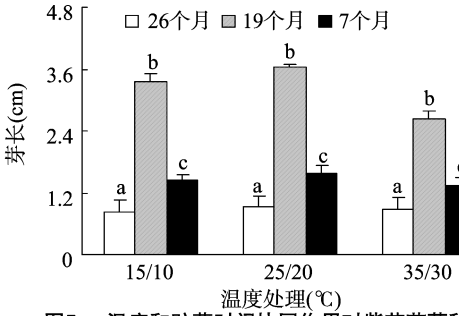


图5 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿种子芽长的影响

2.2.2 对幼苗根长的影响 2 因素方差分析结果(表 1)显示,温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿根长有极显著的交互作用($P<0.01$)。由图 6 可知,紫花苜蓿芽长随贮藏时间的增加而增加。在相同温度下,贮藏 26 个月的紫花苜蓿幼苗根长达到最大值。在低温(15 °C/10 °C)培养下,贮藏 7 个月紫花苜蓿根长达到最大值,为 2.47 cm,比贮藏 19 个月和贮藏 7 个月种子高 124.27% 和 184.54%,但贮藏 19 个月和贮藏 7 个月的种子处理间无显著差异($P>0.05$)。在适温(25 °C/20 °C)培养下,贮藏 26 个月的紫花苜蓿根长较贮藏 19 个月和贮藏 7 个月的紫花苜蓿根长分别增加 157.23% 和 258.41%。在高温(35 °C/30 °C)培养下,贮藏 26 个月的紫花苜蓿幼苗根长较贮藏 19 个月和贮藏 7 个月的紫花苜蓿幼苗分别增加 39.92% 和 100.05%。说明贮藏时间能显著提高紫花苜蓿根的生长。

2.3 温度和贮藏时间协同作用对紫花苜蓿幼苗生长的敏感性分析

由表 2 可知,不同培养温度条件下,根长和芽长随贮藏时间变化的变异程度不同。从根长和芽长的变异系数来看,各

处理根长的变异系数最大,为 27.49%,即根长对温度和贮藏时间协同作用最敏感。在各温度处理下,贮藏 26 个月的紫花苜蓿根长的变异系数大于芽长,表明长时间贮藏后,其根长最敏感;贮藏 7 个月的紫花苜蓿的芽长的变异系数大于根长,表明短时间贮藏后的幼苗芽长最敏感;贮藏 19 个月后,紫花苜蓿的根长和芽长的变异系数基本不变,保持在 1.59% ~ 9.09%,说明适宜的种子贮藏时间,根长和芽长均较为稳定。

表 2 不同温度处理下紫花苜蓿根长、芽长随着贮藏时间变化的变异系数

温度 (°C)	贮藏时间 (个月)	变异系数(%)	
		根长	芽长
15/20	7	8.03	17.65
15/20	19	4.54	9.09
15/20	26	27.49	26.75
25/20	7	9.76	16.40
25/20	19	1.59	7.69
25/20	26	23.54	8.79
35/30	7	11.48	18.37
35/30	19	5.81	8.33
35/30	26	26.10	16.44

3 结论

种子萌发期是植物生活史周期中最重要和最脆弱的阶段^[12],在各胁迫因子中,贮藏时间和温度是影响种子萌发的主要因子。在贮藏过程中,种子不断进行呼吸作用,温度是影响种子新陈代谢作用的主要因素,它通过控制种子的吸水能力、酶活性等生理代谢进程,从而影响种子的发芽率^[13]。温度对打破或者加深种子休眠起着重要作用^[14]。本试验结果表明,新采收的紫花苜蓿种子存在休眠现象,这与张东晖等的研究结果^[15-16]一致。贮藏 19 个月的种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数最高,长时间贮藏降低了种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,抑制了下胚轴的生长,从而降低了芽长,这与肖杰易等的研究结果^[17-19]一致。

参考文献:

[1] 吕晓敏,王玉辉,周广胜,等. 温度与降水协同作用对短花针茅生物量及其分配的影响[J]. 生态学报,2015,35(3):752-760.
[2] The physical science basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press,2007.
[3] 时忠杰,高吉喜,徐丽宏,等. 内蒙古地区近 25 年植被对气温和降水变化的影响[J]. 生态环境学报,2010,20(11):1594-1601.

姚亚楠,姜爱莉,邢荣莲. 刺参-柄海鞘养殖系统水体和表层沉积物中磷的赋存状态[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):316-319.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.092

刺参-柄海鞘养殖系统水体和表层沉积物中磷的赋存状态

姚亚楠,姜爱莉,邢荣莲

(烟台大学生命科学学院,山东烟台 264005)

摘要:以刺参-柄海鞘复合养殖系统为对象,分析传统养殖模式和刺参-柄海鞘养殖模式下的水体磷含量及表层沉积物中磷的赋存状态。结果表明:与传统的养殖模式相比,刺参-海鞘混养组在投饵和不投饵模式下水体和表层沉积物中各种磷形态含量均高于刺参套养组;表层沉积物中总磷含量为 358.600~598.700 mg/kg,其中有机形态磷含量低于无机形态磷,无机磷中铁铝结合态磷约占 20%,钙结合态磷约占 80%。这说明刺参-柄海鞘复合养殖系统不会导致沉积物中磷的过量积累,系统受污染程度较小,为刺参的健康养殖提供了科学依据。

关键词:刺参;海鞘;表层沉积物;磷形态

中图分类号: X171.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0316-04

刺参是一种高蛋白、低脂肪、低糖、无胆固醇的营养保健品,具有很高的食用价值^[1],刺参养殖现已成为北方沿海水产养殖产业重要经济支柱之一。我国刺参最主要的生产模式为池塘养殖,养殖方式多以投饵为主,水域环境恶化、疾病危害加重等已成为制约该产业健康发展的瓶颈。造成此问题的主要原因是刺参养殖系统属于半人工控制的生态系统,对于外来干扰自我调节能力小^[2],残饵、粪便及生物残骸等废物堆积在养殖池底,导致养殖池塘生源要素磷的过度积累^[3]。在一定条件下,沉积物中的磷可向上覆水体释放,从而造成

“内源污染”^[4],养殖池塘富营养化。

刺参-海鞘复合养殖系统利用养殖系统中的生物间互利机制^[5],以微藻为摄取型生物控制水体营养盐水平,利用固着型滤食动物柄海鞘使水层的生物量向底质转移,为刺参提供食物,刺参通过摄食和生物扰动改善底质环境,降低水体污染,增强系统的自我调节能力。本试验以该系统为研究对象,分析养殖过程中水体磷含量及表层沉积物磷赋存状态,以期了解池塘的富营养化程度,有效估测池塘的污染风险,旨在为刺参的健康养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验在莱州养殖基地进行,参池为 16 个 5 m × 5 m × 4 m 的池塘。试验所用微藻为烟台大学海洋生化工程研究所保存的单细胞藻类(扁藻、小球藻、角毛藻、底栖硅藻)。藻种大规模培养后接种于池塘,成年、健康的柄海鞘从未受污染的

收稿日期:2015-12-07

基金项目:国家自然科学基金(编号:31070368、31572622);山东省自然科学基金(编号:ZR2014CM031)。

作者简介:姚亚楠(1992—),女,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事生物化工研究。E-mail: ynn905905@163.com。

通信作者:姜爱莉,博士,教授,主要从事海洋环境修复研究。E-mail: jal9035@163.com。

- [4] 韩璐,贾志宽,韩清芳. 引进苜蓿品种在半干旱地区的生态适应性研究[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1):115-117.
- [5] 宋兆伟,郝丽珍,黄振英,等. 光照和温度对沙芥和斧翅沙芥植物种子萌发的影响[J]. 生态学报,2010,30(10):2562-2568.
- [6] 陈立君,郭强,刘迎雪,等. 不同温度对大豆种子萌发影响的研究[J]. 中国农学通报,2010,26(10):140-142.
- [7] 辛霞,陈晓玲,张金梅,等. 国家库贮藏 20 年以上种子生活力与田间出苗率监测[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):934-940.
- [8] 袁晖,何显平,兰立达,等. 大气 CO₂ 浓度和温度升高对紫花苜蓿生物量及其分配的影响[J]. 四川林业科技,2013,34(1):48-51.
- [9] 颜宏,矫爽,赵伟,等. 不同大小碱地肤种子的萌发耐盐性比较[J]. 草业学报,2008,17(2):26-32.
- [10] 李兵兵,魏小红. 徐严麻花秦艽种子吸水 and 萌发特性的研究[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(5):88-93.
- [11] 惠文森. 贮藏时间和温度对藜种子萌发的影响[J]. 西北民族大学学报:自然科学版,2012,33(1):23-26.

- [12] Rajjou L, Duval M, Gallardo K, et al. Seed germination and vigor [J]. Annu Rev Plant Biol, 2012, 63: 507-533.
- [13] Tlig T, Gorai M, Neffati M. Germination responses of *Diplotaxis harra* to temperature and salinity [J]. Flora, 2008, 203(5): 421-428.
- [14] 管博,周道玮,田雨,等. 盐碱及变温条件对花苜蓿种子发芽的影响[J]. 中国草地学报,2010,32(1):58-63.
- [15] 张东晖,云锦凤,刘芬,等. 不同贮藏时间披碱草种子劣变及活力测定[J]. 草业科学,2008,25(4):116-118.
- [16] 钟声,黄梅芬,戴聪莉,等. 室温保存不同年限的牧草种子发芽率测定[J]. 草业科学,1998,15(6):26-28.
- [17] 肖杰易,韩风,杨成前,等. 叶下珠种子贮藏时间与发芽关系的研究[J]. 现代中药研究与实践,2011,25(1):13.
- [18] 卢军. 低温和长期储藏对烟草种子萌发的影响[J]. 种子, 2015, 34(3): 65-67.
- [19] 马文广,崔华威,李永平,等. 不同药剂处理对低温逆境下烟草种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 科技通报,2011,27(6):873-880.