

苦马豆和披针叶黄华种子硬实特性与活力关系

王进¹, 张勇^{2*}, 张有富¹, 颜霞¹, 孟嫣¹

河西学院¹农学系, ²生物系, 甘肃张掖734000

摘要: 将苦马豆和披针叶黄华种子在恒温 25 °C 下吸胀, 每 24 h 取出吸胀种子, 16 d 后未吸胀的种子为硬实种子(H), 硬实种子用硫酸处理后恒温吸胀 24 h, 与非硬实种子进行发芽试验和各项活力指标测定。结果显示每日内吸胀的种子数量随时间推移以一定比例下降, 苦马豆非硬实种子第 3 天后吸胀率下降到 1%, 第 13~16 天突然上升后又下降到 1%, 披针叶黄华非硬实种子第 3 天后下降到 1%, 第 9、10 天突然上升后又下降到 1%。两种豆类都显示出硬实种子发芽率、发芽指数、活力指数、脱氢酶活性、呼吸速率和超氧化物歧化酶(SOD)活性均高于非硬实种子, 而电导率、浸出液可溶性糖和丙二醛(MDA)含量低于非硬实种子, 缓慢吸胀的硬实种子活力指标高于快速吸胀的硬实种子, 这表明硬实种子活力高于非硬实种子, 硬实种子吸胀过程中存在吸胀损伤。而在非硬实种子中, 根据以上活力指标判断, 晚吸胀的种子比早吸胀的种子活力高。

关键词: 苦马豆; 披针叶黄华; 硬实种子; 非硬实种子; 种子活力; 吸胀损伤

Relationship between Hard Seed and Seed Vigor of *Swainsonia salsula* and *Thermopsis lanceolata*

WANG Jin¹, ZHANG Yong^{2*}, ZHANG You-Fu¹, YAN Xia¹, MENG Yan¹

¹College of Agronomy, ²College of Biology, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China

Abstract: Seeds of *Swainsonia salsula* and *Thermopsis lanceolata* were imbibed at 25 °C and were taken out as a sample every 24 h, after 16-day were treatment, the non-imbibing seeds were regard as hard seed (H). Treated with sulfate, the 24-hour imbibed hard seeds were subjected to germination and several vigor tests, with non-hard seed as control. The results indicated that the numbers of newly imbibed seeds were gradually decreased every day with soaking time delayed. Imbibition rate of *S. salsula* non-hard seed decreased to 1% after 3 days, and it increased little then decreased to 1% again in 13th to 16th day. Imbibition rate of *T. lanceolata* non-hard seed decreased to 1% after 3 days, and it increased little then decreased to 1% again in 9th to 10th day. The germination rate, germination index, vigor index, respiration rate, the activities of dehydrogenase and SOD of hard seeds were significantly higher than those of non-hard seeds in both species, while the relative conductivity, the contents of soluble sugar and malondialdehyde of hard seeds were lower than those of non-hard seeds. The vigor of seeds imbibed quickly was higher than that of seeds imbibed slowly, which showed that the vigor of hard seeds were higher than that of non-hard seeds, there was a soaking injury during imbibition process. The vigor of seeds imbibed later was higher than that of seeds imbibed earlier for non-hard seed basing on vigor indexes above.

Key words: *Swainsonia salsula*; *Thermopsis lanceolata*; hard seed; non-hard seed; seed vigor; soaking injury

种子硬实是物种延续对环境的一种特殊适应, 硬实种子由于存在坚硬的种皮而透水性低, 导致吸胀困难, 田间出苗率低, 出苗不整齐, 为人工栽培驯化带来诸多不便。硬实种子的活力评价问题是种子检验工作所关注的问题, 对硬实的研究多集中于硬实形成的影响因素及硬实破除方法上(徐本美和顾增辉1985; 乌仁其木格1996), 硬实种子与非硬实种子在活力和生活力方面是否存在差异? 这一问题的解答对于明确硬实种子在检验中的地位具有重

要意义, 已有很多研究对硬实种子的特性进行了探讨(徐本美等1995, 1996a, b, 1997), 但对荒漠豆类硬实特性研究报道较少。苦马豆是豆科苦马豆属多年生草本或半灌木植物; 披针叶黄华是豆科黄华

收稿 2010-07-23 修定 2010-09-10

资助 河西学院西部资源环境化学重点实验室项目(XZ0602)和河西学院硕士研究生导师科研项目(09002)。

* 通讯作者(E-mail: zhangyong@hxu.edu.cn; Tel: 0936-8285056)。

属多年生草本植物, 均生于荒漠、草原、沙地、碱地或溪流附近, 可作为苦马豆素及生物碱的提取原料(姚荣成2003; 马忠俊等2003; 李勇等2007)。本文通过测定苦马豆和披针叶黄华不同硬实程度种子的活力, 探索苦马豆和披针叶黄华种子活力与硬实程度的相关性, 以期能为生产应用及硬实种子的种质资源保存提供参考。

材料与方法

1 试验材料

苦马豆 [*Swainsonia salsula* (Pa11.) DC] 和披针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata* R. Br) 种子于2009年8月在甘肃省河西学院教学试验农场采集, 获得种子净重分别为800 g和2 500 g。

2 试验方法

2.1 吸胀特点观测 取苦马豆和披针叶黄华种子各5 000粒, 放入1 000 mL的烧杯, 用蒸馏水淹没, 在恒温25 °C的气候箱内使其自然吸胀, 每24 h挑出吸胀种子计数, 计算吸胀率, 观察到第200天。

2.2 样品制取 称取苦马豆种子200 g和披针叶黄华种子500 g, 置于25 °C下吸胀, 每24 h间隔取出所有吸胀的种子, 取至种子吸胀率低于1%, 根据2.1节试验结果, 故苦马豆取第1~3天(X_1 、 X_2 、 X_3)和13~16天(X_{13} 、 X_{14} 、 X_{15} 、 X_{16})、披针叶黄华第1~3天(X_1 、 X_2 、 X_3)和第9~10天(X_9 、 X_{10})吸胀的种子, 作为发芽和活力测定的样品, 第16天后未吸胀的种子作为硬实种子(H), 苦马豆硬实种子用90%浓硫酸处理35 min, 披针叶黄华硬实种子用90%硫酸处理120 min, 一部分在25 °C下水中吸胀24 h (H_1), 一部分在湿润的发芽纸间吸胀24 h (H_2)后作为发芽和活力测定的样品。

2.3 发芽率、发芽指数、活力指数和幼苗鲜重的测定 取2.2节处理的各样品种子50粒, 25 °C全光照纸上发芽, 重复4次, 逐日记数萌芽数(根长>2 mm), 第10天计算正常种苗的百分率, 测量幼苗鲜重和活力指数。发芽指数(GI)= $\Sigma(G_t/D_t)$, 活力指数= $\Sigma(G_t/D_t) \times S$ 。其中, G_t 为第 t 天发芽数, D_t 为相应的发芽日数, S 为幼苗的平均鲜重(mg) (尹燕桦和董学会2008)。

2.4 种子脱氢酶活性测定 随机取2.2节中处理的各样品种子10粒, 3次重复。剥去种皮放入刻度

试管, 加0.1%红四唑(TTC)溶液10 mL, 在38 °C恒温水浴(用黑色塑料袋包裹保持黑暗)染色3 h, 取出冲洗后加10 mL乙酸乙脂研磨提取, 用分光光度计在485 nm下测定光密度值, 根据标准曲线求出相应三苯基甲腈(TTCH)含量($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), 计算脱氢酶活性(尹燕桦和董学会2008)。

2.5 浸出液电导率测定 取2.2节处理的各样品种子30粒, 3次重复, 加25 mL去离子水, 20 °C恒温下浸泡6 h, 用DDS-2型电导仪测定浸出液电导率。电导率=[(重复1电导率-对照电导率)/样品重量]+[(重复2电导率-对照电导率)/样品重量]+[(重复3电导率-对照电导率)/样品重量] (尹燕桦和董学会2008)。

2.6 浸出液可溶性糖含量测定 取2.2节处理的各样品种子30粒, 3次重复, 加20 mL去离子水, 20 °C恒温下10 h。取浸出液0.5 mL加1.5 mL水、0.5 mL蒽酮乙酸乙脂试剂和5 mL 98%硫酸, 保温1 min后, 在630 nm下测定光密度值, 从标准曲线上求出糖浓度。

2.7 种子呼吸速率测定 随机取2.2节处理的各样品种子30粒称重, 3次重复, 装入尼龙网袋后挂在测定呼吸速率的广口瓶瓶塞的小钩上, 在广口瓶内准确加入25 mL 0.05 mol·L⁻¹的氢氧化钡溶液, 立即将瓶塞塞紧, 用融化的石蜡密封瓶口, 在25 °C下反应4 h, 在相同条件下设置对照(广口瓶内不放种子)。到预定时间后, 打开瓶塞, 取出尼龙网袋, 立即重新塞紧瓶塞, 充分摇动广口瓶2 min, 加入2滴酚酞后用标准草酸滴定, 根据公式“呼吸速率($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)=($B-A$)/试验时间(h)×种子重量(g)” (尹燕桦和董学会2008)计算呼吸速率。 B 为对照草酸用量, A 为试验草酸用量。

2.8 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定 随机取2.2节处理的各样品种子10粒, 3次重复。加8 mL酶提取液(0.05 mol·L⁻¹ pH 7.8的PBS, 含1% PVP)冰浴研磨, 吸取1.5 mL研磨液在8 050×g的冷冻离心机上4 °C下离心20 min, 取2.9 mL NBT显色液加0.3 mL 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 核黄素和0.1 mL提取液, 在72 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 日光灯下反应20 min, 以水代替酶液为光对照和暗对照, 按公式SOD活性=(A_0-A_s)× V_t/A_0 ×0.5× $FW \times V_1$ 计算(邹琦2000; 尹燕桦和董学会2008)。其中 A_0 为照光对照的光吸收值, A_s 为样品管的光吸

收值, V_t 为样液总体积, V_1 为测定时样品用量(mL), FW为样品鲜重(g)。

2.9 丙二醛(MDA)含量测定 取2.8节的冰浴研磨液4 mL, 在1 074×g的离心机上离心10 min, 取上清液2 mL加0.67% TBA 2 mL, 对照用10% TCA代替提取液, 沸水浴25 min冷却后离心, 分别在450、532和600 nm处测定光吸收值, 按以下公式计算MDA含量。 $C(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})=6.45(D_{532}-D_{600})-0.56D_{450}$, MDA含量($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)= $C\times 1\ 000\times$ 提取液体积(L)/样品重量(邹琦 2000)。

实验结果

1 苦马豆和披针叶黄华种子的吸胀特点比较

在实验观察期内非硬实种子并不是整齐一致地吸胀, 而是随时间推移以一定的比例呈下降趋势(图1)。两种豆类种子的吸胀特点非常相似: 大多数种子吸胀集中在开始吸胀的前期, 3 d内吸胀的种子占非硬实种子总数的近10%; 24 h内的相对吸胀种子数(吸胀种子数/总吸胀种子数)苦马豆达7%, 披针叶黄华达14% (图2)。披针叶黄华种子吸胀相对缓慢, 第3天以后吸胀率降到1%以下; 第9、10天吸胀率突然升高, 然后又降低, 苦马豆第3天以后吸胀率降到1%以下, 第13~16天突然升高到1%以上。但200 d的持续观察中, 苦马豆种子前期连续有吸胀, 后期间或有吸胀, 披针叶黄华间或有吸胀, 但始终维持着极低的比例。

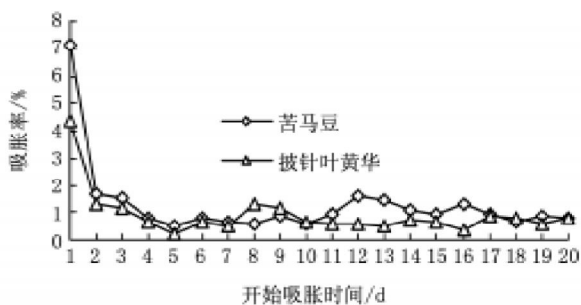


图1 苦马豆和披针叶黄华种子的吸胀率

Fig. 1 Imbibed seed percentage of *S. salsula* and *T. lanceolata*

2 两种植物种子发芽率、发芽指数和活力指数的比较

苦马豆第1~3天吸胀种子(X_{1-3})的发芽率、发芽指数和活力指数最低, 与第13~16天以后吸胀的种子间差异极显著($P<0.01$), 随着种子开始吸胀时

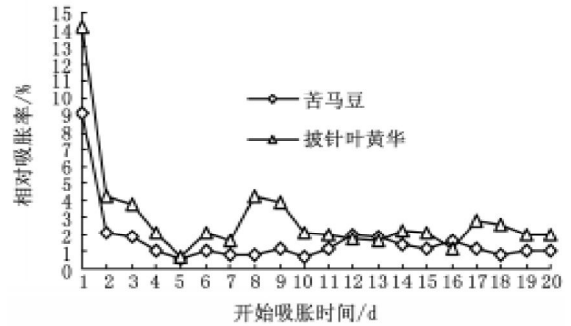


图2 苦马豆和披针叶黄华种子的相对吸胀率

Fig. 2 Relative imbibed seed percentage of *S. salsula* and *T. lanceolata*

间的延续, 发芽率、发芽指数和活力指数逐渐升高, 第13天吸胀种子表现为上升速度快, 之后上升缓慢; 披针叶黄华第1~3天吸胀种子的发芽率、发芽指数和活力指数很低, 与第8、9天以后吸胀的种子间差异极显著($P<0.01$)。苦马豆第13天吸胀种子(X_{13})的发芽率是76%, 为第1天吸胀种子的2倍, 但仍然极显著地低于硬实种子(H_1)的发芽率92%。披针叶黄华第9天吸胀种子的发芽率比第1天吸胀种子高出56%, 也同样显著低于硬实种子的发芽率(表1), 同时两种豆类均表现出纸间缓慢吸胀的种子发芽指数和活力指数显著大于快速水中吸胀的种子。由此可见, 先吸胀种子的活力小于后吸胀种子的活力, 而硬实种子的活力高于非硬实种子的活力, 缓慢吸胀的种子活力大于快速吸胀的种子活力。

3 两种植物种子电导率的变化

苦马豆和披针叶黄华所有吸胀种子($X_1\sim X_{16}$)的电导率都比硬实种子(H_1)的高(表2), 第1天吸胀种子的电导率极显著高于之后开始吸胀种子的电导率($P<0.01$)。随着开始吸胀时间的推迟, 电导率逐渐降低。苦马豆第13天吸胀种子(X_{13})的电导率只有 $26.63\ \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, 与硬实种子(H_1)的差异显著($P<0.05$), 14~16 d的电导率与硬实种子(H_1)接近, 披针叶黄华第10天吸胀种子(X_{10})的电导率只有 $21.34\ \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, 仍与硬实种子(H_1)的差异显著($P<0.05$)。纸上缓慢吸胀的种子电导率显著低于快速水中吸胀的种子。电导率的高低反映出细胞渗漏物质的多少, 即反映细胞的完整性, 高活力的种子浸出液电导率低, 反之则高(陈文彤和倪安丽1986; 王彦荣等2003)。试验结果表明, 苦马豆和披针叶黄华第

表1 苦马豆和披针叶黄华吸胀种子与硬实种子的发芽率、发芽指数、活力指数和幼苗鲜重的比较

Table 1 Comparison of germination, germination index, vigor index and fresh weight of seedling between non-hard seeds and hard seeds of *S. salsula* and *T. lanceolata*

植物	实验取材	发芽率/%	幼苗鲜重/mg	发芽指数	活力指数
苦马豆	X ₁	38±3.46 ^{6s}	53.73±2.06 ^{BCbc}	27.94±1.83 ^{6s}	1.50±0.154 ^{Ff}
	X ₂	47±3.61 ^{Ff}	47.61±2.24 ^{De}	36.00±3.61 ^{Ff}	1.72±0.238 ^{Ff}
	X ₃	53±3.24 ^{Ee}	53.13±3.40 ^{CDie}	43.44±2.59 ^{Ee}	2.18±0.139 ^{Ee}
	X ₁₃	76±2 ^{Di}	51.90±1.28 ^{BCDcd}	73.39±1.99 ^{Di}	3.81±0.105 ^{Di}
	X ₁₄	78±7.81 ^{Di}	50.17±0.67 ^{CDie}	73.06±2.92 ^{Di}	3.66±0.099 ^{Di}
	X ₁₅	84±2 ^{Cc}	54.67±0.74 ^{BCbc}	81.83±2.36 ^{Cc}	4.47±0.087 ^{Cc}
	X ₁₆	91±1.51 ^{Bb}	53.53±1.27 ^{BCbc}	88.72±0.75 ^{Bb}	4.75±0.138 ^{BCb}
	H ₁	93±1.15 ^{Bb}	55.57±0.91 ^{BCb}	89.44±0.51 ^{ABb}	4.97±0.108 ^{Bb}
	H ₂	97±1.15 ^{Aa}	59.62±1.95 ^{Aa}	94.22±1.84 ^{Aa}	5.62±0.109 ^{Aa}
	披针叶黄华	X ₁	32±0.58 ^{Ef}	105.67±10.75 ^{Bbc}	19.83±0.29 ^{Ff}
X ₂		41±1.53 ^{De}	101.86±4.60 ^{Bbc}	26.83±1.04 ^{Ee}	2.73±0.227 ^{De}
X ₃		67±3.61 ^{Cd}	98.09±1.51 ^{Bc}	42.31±1.85 ^{Di}	4.12±0.119 ^{Cc}
X ₉		89±4.16 ^{Bc}	108.57±10.82 ^{ABbc}	64.33±0.44 ^{Cc}	7.27±0.222 ^{Bb}
X ₁₀		92±2 ^{ABbc}	103.16±7.24 ^{Bbc}	65.00±2.52 ^{Cc}	7.04±0.489 ^{Bb}
H ₁		93±2.31 ^{ABab}	113.88±3.49 ^{ABab}	72.22±4.14 ^{Bb}	8.22±0.533 ^{Aa}
H ₂		97±1.15 ^{Aa}	126.71±8.55 ^{Aa}	81.78±1.68 ^{Aa}	8.12±0.133 ^{Aa}

X₁、X₂、X₃、……X₁₆ 分别代表第1天、第2天、第3天至第16天吸胀的种子, H₁ 为水中吸胀的硬实种子, H₂ 为纸间吸胀的硬实种子, 同列同种植物中不同大写字母表示在0.01水平差异显著, 不同小写字母表示在0.05水平差异显著, 下表同。

表2 苦马豆和披针叶黄华吸胀种子与硬实种子的电导率、浸出液可溶性糖含量、TTCH含量、呼吸速率、超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量的比较

Table 2 Comparison of conductivity, soluble sugar content in seed leachates (SSC), respiratory rate, dehydrogenase activity (TTC content), SOD activity and MDA content between non-hard seeds and hard seeds of *S. salsula* and *T. lanceolata*

植物	实验取材	电导率/ μs·cm ⁻¹ ·g ⁻¹	浸出液可溶性糖含量/ μg·g ⁻¹	呼吸速率/ mg (CO ₂)·g ⁻¹ ·h ⁻¹	TTCH含量/ μg·g ⁻¹	超氧化物歧化 酶活性/U·mg ⁻¹	丙二醛含量/ μmol·g ⁻¹
苦马豆	X ₁	64.46±3.03 ^{Aa}	676.57±24.83 ^{Aa}	19.68±1.02 ^{Ff}	250.00±12.96 ^{Aa}	9.39±1.02 ^{Ee}	18.95±1 ^{Aa}
	X ₂	36.40±0.42 ^{Bb}	564.20±34.76 ^{Bb}	34.28±1.42 ^{Ee}	29.86±1.38 ^{De}	20.24±2.28 ^{Di}	15.89±0.88 ^{Bb}
	X ₃	27.32±1.28 ^{Cc}	389.34±13.90 ^{Cc}	53.71±2.61 ^{Di}	48.21±1.11 ^{Cd}	31.85±2.38 ^{Cc}	14.11±0.72 ^{BCc}
	X ₁₃	26.63±1.28 ^{CDcd}	266.08±35.26 ^{Dd}	65.31±1.99 ^{Cc}	52.44±1.13 ^{BCcd}	37.53±0.90 ^{Bb}	11.84±0.42 ^{Cd}
	X ₁₄	23.24±0.54 ^{DEe}	249.23±15.40 ^{DEde}	63.60±2.05 ^{Cc}	51.62±0.95 ^{Ccd}	36.88±0.47 ^{BCb}	12.09±1.05 ^{Cd}
	X ₁₅	23.62±0.21 ^{DEde}	179.70±25.33 ^{DEde}	65.89±2.39 ^{Cc}	51.67±1.74 ^{Ccd}	36.49±0.95 ^{BCb}	11.69±0.55 ^{Cd}
	X ₁₆	24.72±0.64 ^{CDcde}	181.46±9.93 ^{Ee}	65.61±2.68 ^{Cc}	56.95±2.96 ^{BCcd}	37.52±0.99 ^{Bb}	12.04±0.56 ^{Cd}
	H ₁	22.03±1.17 ^{De}	230.62±9.93 ^{Ee}	77.98±2.16 ^{Bb}	60.33±2.14 ^{BCbc}	35.65±0.69 ^{BCb}	13.90±0.32 ^{BCc}
	H ₂	17.30±1.27 ^{Ef}	80.58±3.62 ^{Ff}	90.98±2.29 ^{Aa}	68.56±3.57 ^{Bb}	55.04±2.59 ^{Aa}	8.31±0.91 ^{De}
	披针叶黄华	X ₁	52.81±1.01 ^{Aa}	791.27±46.81 ^{Aa}	17.07±1.68 ^{Ff}	136.88±8.61 ^{Aa}	5.28±1.36 ^{Ff}
X ₂		48.84±0.89 ^{Bb}	624.38±29.26 ^{Bb}	28.50±1.79 ^{Ee}	25.79±0.44 ^{Cd}	13.46±2.51 ^{De}	19.37±1.34 ^{Bb}
X ₃		47.59±1.69 ^{Bb}	380.25±15.61 ^{Cc}	44.71±1.41 ^{Di}	32.82±0.88 ^{Cd}	19.47±1.76 ^{Cd}	15.98±0.84 ^{BCc}
X ₉		34.25±1.07 ^{Cc}	238.17±9.75 ^{Dd}	59.26±1.89 ^{Cc}	46.39±0.66 ^{Bc}	28.60±1.47 ^{Bc}	13.49±1.46 ^{Ccd}
X ₁₀		21.34±0.35 ^{Di}	228.56±11.63 ^{Dd}	57.99±2.46 ^{Cc}	47.95±0.66 ^{Bc}	32.25±1.39 ^{Bbc}	12.39±1.23 ^{CDd}
H ₁		18.63±0.16 ^{De}	214.73±15.61 ^{DEd}	71.40±2.5 ^{Bb}	51.77±1.65 ^{Bbc}	32.96±0.43 ^{Bb}	14.17±0.26 ^{Ccd}
H ₂		14.33±0.66 ^{Ef}	133.35±13.65 ^{Fe}	87.35±2.03 ^{Aa}	56.52±1.76 ^{Bb}	50.48±1.21 ^{Aa}	8.51±0.53 ^{De}

1~3天就吸胀的种子膜受损伤较大, 在吸胀过程中无法完全修复, 导致大量物质外渗, 因而电导率急

剧上升, 纸间缓慢吸胀的两种硬实种子, 膜功能恢复很快, 物质渗漏较少, 电导率较低, 快速水中吸胀

的种子在吸胀过程中细胞膜损伤, 导致电导率大于纸间缓慢吸胀的种子。

4 两种植物种子脱氢酶活性的比较

从TTC染色的胚颜色看, 苦马豆和披针叶黄华第1天吸胀的种子胚染色颜色很深, 但胚染色不均匀, 子叶和胚根上有显著裂痕, 由于破损部位种子吸湿性强, 脱氢酶被活化, 故破损部位加深染色引起TTCH含量增加。第2、3天吸胀的种子中死种子较多且不染色, 故TTCH含量低, 以后随吸胀时间的延长, 死种子数减少, 种子染色均匀。

脱氢酶活性以TTCH含量表示, 与种子活力呈正相关(齐冬梅等2004; 颜启传和黄亚军1992)。两种豆类种子的TTCH含量变化情况非常相似: 苦马豆种子第3天、第13~16天吸胀种子(X_{13} ~ X_{16})之间的脱氢酶活性差异不显著($P>0.05$), 且与硬实种子(H_1)的TTCH含量接近(表2), 均极显著($P<0.01$)高于第1~2天吸胀种子的TTC含量。披针叶黄华硬实种子(H_1)的TTCH含量为 $51.77 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 与第9、10天(X_9 、 X_{10})的接近, 且显著高于第2天和第3天吸胀种子的; 纸间缓慢吸胀的两种硬实种子TTCH含量显著大于快速水中吸胀的种子。

5 两种植物种子浸出液可溶性糖含量比较

种子浸出液可溶性糖含量代表种子细胞膜完整程度, 与种子活力呈负相关(邹琦2000)。苦马豆种子第15、16天吸胀种子(X_{15} 、 X_{16})之间的可溶性糖含量与硬实种子(H_1)含量差异不显著(表2), 但极显著($P<0.01$)地低于第1~3天吸胀种子的可溶性糖含量, 披针叶黄华硬实种子(H_1)的可溶性糖含量和第9、10天(X_9 、 X_{10})的接近, 但极显著小于第1~3天的可溶性糖含量(表2), 两种豆类的非硬实种子的可溶性糖含量随开始吸胀时间的推迟而降低, 纸间缓慢吸胀的硬实种子(H_2)可溶性糖含量极显著低于快速水中吸胀的种子(H_1)。

6 两种植物吸胀种子呼吸速率比较

种子呼吸速率是表示种子呼吸作用强弱的重要指标, 与种子活力呈正相关(尹燕桦和董学会2008)。苦马豆硬实种子(H_1)呼吸速率与第13~16天吸胀种子(X_{13} ~ X_{16})之间差异极显著($P<0.01$) (表2), 且极显著($P<0.01$)地高于第1~3天吸胀种子的呼吸速率, 披针叶黄华硬实种子(H_1)的呼吸速率与第9、10天(X_9 、 X_{10})吸胀种子的差异极显著, 且

极显著高于第1~3天吸胀的种子(表2), 两种豆类的非硬实种子的呼吸速率随开始吸胀时间的推迟而升高, 纸间缓慢吸胀的硬实种子(H_2)呼吸速率极显著高于快速水中吸胀的种子(H_1)。这表明在良好的通气条件下, 更有利于呼吸酶活化和物质转化, 从而提高呼吸速率。

7 两种植物种子超氧化物歧化酶(SOD)活性的比较

SOD是自由基清除酶, 它的活性与种子体内的自由基含量有关, 对种子受到外界胁迫有所反应, 种子活力水平与SOD活性呈正相关(尹燕桦和董学会2008)。总体上, 苦马豆和披针叶黄华种子的SOD活性变化情况相似, 苦马豆种子第13~16天吸胀种子(X_{13} ~ X_{16})之间的SOD活性差异不显著($P>0.05$), 与硬实种子(H_1)的SOD含量接近(表2), 且均显著($P<0.05$)地高于第1~3天吸胀种子的SOD含量; 披针叶黄华硬实种子(H_1)的SOD和第9、10天(X_9 、 X_{10})的接近, 但极显著大于第1~3天的SOD(表2), 两种豆类的非硬实种子的SOD活性随开始吸胀时间的推迟而提高, 纸间缓慢吸胀的硬实种子(H_2)SOD活性极显著高于快速水中吸胀的种子(H_1)。

硬实种子在纸间缓慢吸胀过程中, 因吸胀速率较慢, 造成大量活性氧进入细胞, 诱导SOD自我修复, 导致活性上升, 在水中吸胀时, 呼吸速率慢, 自由基大量积累, 导致SOD活性降低。

8 两种植物种子丙二醛(MDA)含量的比较

丙二醛(MDA)是脂质过氧化的主要产物, 且MDA本身对细胞有明显的毒害作用, 因此MDA含量可以反映种子的活力水平(尹燕桦和董学会2008)。苦马豆和披针叶黄华种子的MDA含量变化情况相似, 苦马豆种子第13~16天吸胀种子(X_{13} ~ X_{16})之间的MDA含量与硬实种子(H_1)的MDA含量差异显著, 并显著($P<0.05$)低于第1~3天吸胀种子的MDA含量, 披针叶黄华硬实种子(H_1)的MDA和第3、9、10天(X_3 、 X_9 、 X_{10})的接近, 但极显著小于第1、2天的MDA含量(表2), 两种豆类的非硬实种子MDA含量随开始吸胀时间的推迟而降低, 纸间缓慢吸胀的硬实种子(H_2)MDA含量显著低于快速水中吸胀的种子(H_1)。

非硬实种子的MDA含量高于硬实种子(表2), 表明苦豆子和披针叶黄华种子在贮藏过程中, 种子发生劣变与脂质过氧化作用相关, 非硬实种子比硬

实种子更容易发生劣变, 快速吸胀的硬实种子MDA含量高于纸间缓慢吸胀的硬实种子, 表明种子快速吸胀会导致劣变。

讨 论

王彦荣等(2002)实验表明, 在24 h内的不同吸水阶段皆表现为高生活力种子的吸水率显著低于低生活力种子的。与此相似, 本实验内苦马豆和披针叶黄华种子不同时间开始吸胀的种子之间, 表现出晚吸胀种子的发芽率、活力指数显著高于早吸胀的种子; 从各种酶活性及其他的活力指标看, 晚吸胀种子和早吸胀种子在活力水平上也存在着差异, 随着开始吸胀时间的延迟, 种子活力呈上升趋势。除了种皮因素对水分吸收限制的影响外, 这一结果表明种子的劣变与膜透性增强相关。

硬实种子一般都是有生活力的, 具有潜在的发芽和成苗能力, 但这种潜在的能力在标准发芽试验中表现为不发芽, 更无从获知其活力水平。由此分析本实验中第1~3天吸胀种子活力低的可能原因, 一方面其种皮的透水性高, 迅速吸胀不仅造成对种子的物理伤害, 还引起膜损伤, 故浸出液的电导率和可溶性糖含量都较高; 另一方面种子吸胀时进入细胞的活性氧增加, 加速脂质过氧化作用, 降低种子活力。随着开始吸胀时间的延迟, 种皮透性逐渐降低, 细胞的修复能力增强, 种子活力逐渐提高。这与研究的蓝华棘豆(徐本美等1995)、小冠华(曹帮华等2005)、刺槐(白春霞等2006)、二色胡枝子(田娟等2007)等植物的硬实种子得到的结果一致, 与多华木蓝研究稍微有不同。本实验中苦豆子和披针叶黄华硬实种子的发芽率为97%, 有很高的生活力。

破除硬实的种子缓慢吸胀, 有利于细胞膜和酶活性的修复, 因此种子活力较高, 快速吸胀造成种子物理伤害, 还引起膜损伤, 因此种子吸胀时可通过PEG、沙引发或控制土壤含水量来降低吸胀损伤, 保持种子活力或通过激素来改善种子活力。

徐本美等(1996b)研究认为, 硬实种子是充分成熟的种子, 具有高活力。单项的活力指标不能全面反映种子活力的变化, 需采用多种指标(陈志宏等2004)。本实验中, 第一天(X_1)吸胀的种子TTCH含量极显著高于其他非硬实种子和硬实种子, 但染色

不均匀, 其他的各项活力指标, 测定结果均显示出第一天吸胀种子活力水平最低。

苦马豆和披针叶黄华种子中, 硬实和非硬实同时存在, 不同硬实程度的种子活力存在着差异; 硬实种子的活力高于非硬实种子, 其活力随着硬实程度的加深而不断提高; 苦马豆和披针叶黄华种子的硬实程度越高, 在萌发过程中脱氢酶活性越高, SOD活性水平越高, 呼吸速率越高, 膜受损的程度越低, 物质渗漏越少, MDA含量越低, 发芽率和活力指数也相应的提高。

参考文献

- 白春霞, 韩建国, 孙彦, 秦歌菊(2006). 多花木蓝和二色胡枝子种子硬实特性与活力关系的研究. 草业学报, 10: 82~88
- 曹帮华, 翟明普, 郭俊(2005). 不同硬实程度的刺槐种子活力差异性研究. 林业科学, 41 (2): 44~47
- 陈文彤, 倪安丽(1986). 小麦种子的成熟度与活力的关系——种子活力测定方法的研究. 种子, (3): 20~27
- 陈志宏, 韩建国, 秦歌菊, 毛培胜, 白春霞, 倪小琴(2004). 冰草种子发育过程中活力变化的研究. 草业学报, 13 (2): 94~98
- 李勇, 晁向阳, 张永康(2007). 披针叶黄华的研究进展. 农业科学学报, (1): 46~52
- 马忠俊, 孟大利, 王玉霞, 李锐(2003). 苦马豆根和茎中化学成分的研究. 沈阳药科大学学报, 20 (2): 104~106
- 齐冬梅, 张卫东, 刘公社(2004). 羊草种子生活力测定技术研究. 草业学报, 13 (2): 89~93
- 田娟, 孙群, 王建华, 孙宝启(2007). 不同硬实程度乌拉尔甘草种子的活力差异. 植物生理学通讯, 43: 235~239
- 王彦荣, 余玲, 刘友良, 沈益新(2002). 数种牧草种子劣变的生活力与膜透性的关系. 草业学报, 11 (3): 85~91
- 王彦荣, 余玲, 刘友良, 沈益新(2003). 用活力指标评价几种牧草的种批质量和田间出苗率. 草业学报, 12 (5): 62~69
- 乌仁其木格(1996). 二色胡枝子种子硬实特性的研究. 内蒙古农牧学院学报, 17 (1): 35~40
- 徐本美, 白原生, 梁飞凤, 孙洁, 刘宝莲, 王海平(1995). 蓝华棘豆硬实种子特性的研究. 草地学报, (4): 305~310
- 徐本美, 冯桂强, 白原生, 孙洁, 梁飞凤, 刘宝莲, 杨惠清(1996a). 小冠华种子休眠与萌发的研究. 草地学报, (2): 134~140
- 徐本美, 冯桂强, 史晓华, 倪念林, 韩建国, 白原生, 梁飞凤, 孙洁(1996b). 7种硬实种子特性的研究. 种子, (6): 4~8
- 徐本美, 冯桂强, 张金政, 龙雅宜, 史晓华(1997). 白刺华硬实种子特性的研究. 植物学通报, 14 (2): 45~48
- 徐本美, 顾增辉(1985). 硫酸处理硬实种子的效果. 植物生理学通讯, (2): 22~25
- 颜启传, 黄亚军(1992). 种子四唑测定手册. 上海: 上海科学技术出版社, 81~83
- 姚荣成(2003). 苦马豆的研究进展. 药实践杂志, 21 (1): 43~44
- 尹燕桦, 董学会(2008). 种子学实验技术. 北京: 中国农业出版社, 67~80
- 邹琦(2000). 植物生理生化实验指导. 北京: 中国农业出版社, 168~169