

# 重量测定法估测结缕草种子平衡水分的研究

阿那尔<sup>1</sup>, 达尼亚尔<sup>1</sup>, 毛培胜<sup>2</sup>, 孙彦<sup>2</sup>

(1. 农业部牧草与草坪草种子质量监督检验测试中心, 新疆 乌鲁木齐 830049;

2. 农业部牧草与草坪草种子质量监督检验测试中心, 北京 100193)

**摘要:**结缕草种子在自然贮藏过程中, 其寿命迅速下降, 对其贸易流通产生了极其严重的影响。以结缕草种子为试材, 采用一系列不同水分梯度的结缕草种子, 利用标准方法(高温烘干法)、校正重量测定法, 研究重量测定法对结缕草种子平衡水分的影响。结果表明: 用高温烘干法校正重量测定法, 测定结缕草种子水分变化, 得到重量测定法的校正方程为:  $y=0.973x-0.033$ , 相关系数  $R^2$  为 0.998, 通过建立此方程, 能够快速通过重量测定法估测出含水量在 8.0%~21.5% 范围内结缕草种子含水量, 并且不破坏种子样品。

**关键词:**结缕草种子; 水分梯度; 校正方程

**中图分类号:** S 681.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)18-0088-04

在自然条件下贮藏, 结缕草种子的活力下降较快<sup>[1]</sup>, 结缕草种子寿命短, 因而贮藏条件对种子寿命影响大。我国南北方温湿度变化差异大, 对自然贮藏的结缕草种子的含水量影响明显。在北京, 年平均相对湿度在 57%, 广州年平均相对湿度 77%, 夏季在南方高温高湿环境条件下, 结缕草种子自然贮藏寿命短。现通过在特定温湿度的培养箱条件下, 在实验室模拟结缕草种子在自然条件下的水分吸水动态变化, 估测结缕草种子在我国南北方(以北京和广州为例)自然贮藏条件下的含水量, 为结缕草种子的流通贮藏提供理论参考。此外, 高温烘干法是测定种子含水量的传统方法, 测定结果准确, 但是破坏种子样品。重量测定法估测结缕草含水量具有速度快, 操作简单, 且不破坏种子样品, 种子样品需要量少, 但是测定结果不够准确。孙艳杰等<sup>[2]</sup>采用一系列不同水分梯度的玉米种子, 用烘干法校正了电子水分速测仪, 建立了电子水分速测仪的校正方程, 使得测定结果更加准确快速。该试验采用一系列不同水分梯度的结缕草种子, 利用标准方法(高温烘干法)校正重量测定法, 得到重量测定法的校正方程, 便于更加准确快速测定结缕草种子的含水量, 同时使测定方法更加简单方便且不破坏种子样品。随时可以用天平就能准确估测结缕草种子含水量的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试种子为野生结缕草种子, 2006 年 8 月采自山东胶州, 该试验于 2007 年 6 月至 2008 年 3 月在中国农业大学牧草种子实验室进行。

### 1.2 试验方法

于 2007 年 6 月底用 20% 的 NaOH 打破休眠, 在 20~35℃(20℃时伴随黑暗处理 16 h, 35℃时光照 8 h)培养箱条件下测得最初发芽率为 84%、生活力为 88.5%。

1.2.1 用于平衡水分的不同含水量种子样品的制备  
室温下(25~26℃, RH 57%~65%)称取初始含水量为 10.10% 结缕草种子 10.0000 g 置于样品盘 3 层滤纸上自然吸水 16 h 左右, 再在室温下自然回干, 其间均不断称重(差量法), 到所需含水量时, 记录重量, 然后立即分成 2 份, 高温烘干法(依照国标, 130℃下烘 1 h 后再在硅胶干燥器中冷却 0.5 h, 然后再用 1/10000 的天平迅速称重)测定其含水量。3 次重复。其中, 对于含水量 > 10.10% 的处理, 在室温下自然回干, 而对于含水量 < 10.10% 的处理, 在室温下自然回干到一定程度后, 需要放在硅胶干燥器里面干燥。共 10 个水分梯度, 3 次重复。计算重量测定法种子含水量和烘干法种子含水量(表 1)。

1.2.2 用于贮藏的不同含水量种子样品制备  
室温下(25~26℃, RH 57%~69%)将用 1/10000 的天平称取 150.0000 g 种子 4 份, 分别放在样品盘 3 层滤纸上吸水 16 h 左右, 吸去表面水分后用 0.5% 的多菌灵拌种(减少霉烂)再在室温下自然回干(对于含水量 < 10.10% 的处理, 在室温下自然回干到一定程度后, 需要放在硅胶干燥

**第一作者简介:**阿那尔(1974-), 女, 本科, 畜牧师, 研究方向为草业科学。E-mail: anaer2012@163.com.

**责任作者:**毛培胜(1970-), 男, 硕士, 教授, 研究方向为草业科学。E-mail: maops@cau.edu.cn.

**收稿日期:** 2012-05-14

器里面干燥),过程中不断用 1/10000 的天平称重,达到预测重量时,做好记录,并立即取出 8.0000~10.0000 g 用于高温烘干法测定其真实含水量,其余的立即分成不均等的 4 份用双层铝箔袋封装置于不同温度的培养箱中进行人工贮藏,共 3 个水分梯度和 2 个贮藏温度,共 6 个处理(表 2)。同时室温下设置 1 个自然贮藏。定期进行发芽试验测定发芽率。

表 1 水分梯度

编号 Number	试验因素 Experimental factors	
	烘干法 Drying method/ %	重量测定法 Gravimetric method / %
A	8.0310	7.5687
B	9.0927	9.0228
C	10.7170	10.5327
D	12.3417	12.0008
E	13.8960	13.7903
F	15.2855	15.0445
G	16.8234	16.4272
H	18.3637	17.6395
I	19.8633	19.0125
J	21.3705	20.8378

表 2 试验设计

Table 2 Treatments of the trial		
水平 Levels	试验因素 Factors	
	含水量 Water/ %	温度 Temperature / °C
1	7.90	25
2	12.11	35
3	15.80	—

1.2.3 相对温湿度平衡水分测定 用天平(精确到 1/10000)称取初始含水量为 10.10%结缕草种子 5.0000 g 平铺于培养皿中,分别放在 3 个相对湿度(RH)和 2 个温度(°C)条件下的培养箱中,让其自由吸水。过程中不断称重,前 1~12 h,每隔 1 h 称 1 次重量,以后间隔时间逐渐拉长,当种子含水量增减幅度在 0.5% 范围以内变化时,被看作是达到平衡。该试验以高温烘干法测得的含水量为标准含水量,均采用差量法称取种子重量,折算出含水量,再结合重量测定法校对方程  $Y=0.973X-0.033(R^2=0.998)$  推算出结缕草种子真实含水量(用烘干法得出的含水量)。得到各温湿度下结缕草种子水分平衡时间-含水量(%)之间的动态关系曲线。该试验共 3 个相对湿度(RH)和 2 个温度(°C),6 个处理(表 3)。

表 3 试验设计

Table 3 Treatments of the trial		
水平 Levels	试验因素 Factors	
	相对湿度 Relative humidity/ %	温度 Temperature / °C
1	60	25
2	70	30
3	80	—

### 1.3 数据统计

数据用 Excel 2007 进行统计分析,用 Excel 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 烘干法和重量测定法统计结果比较

由表 4 可知,直接利用种子吸水前后水分的变化直接计算种子含水量存在较大的误差,但是重量测定法标准误差(SD)和变异系数(CV)均比高温烘干法的低。试验样品的含水量在 8%~21% 范围内,高温烘干法(130°C,烘 1 h)和重量测定法测定结缕草种子含水量,重量测定法测定结果均偏低,平均低 0.4225%,其中最低 0.8508%,最少低 0.1058%,如用重量测定法测定得出结缕草种子含水量为 7.5687%时,而高温烘干法测得含水量却为 8.0310%,相差 0.4623%;烘干法的标准误差平均值为 0.0325,重量测定法的标准误差平均值为 0.0250,比烘干法的平均低 0.075,烘干法的标准误差变化范围在 0.0057~0.0761,且 10 个值仅 1 个值的标准误差在 0.01 以下,而重量测定法的标准误差变化范围在 0.0017~0.0826,10 个值有 6 个值的标准误差小于 0.01;变异系数也是重量测定法比烘干法的低,其范围分别为 0.0001~0.0055 和 0.0004~0.0055,烘干法的平均变异系数为 0.0024,重量测定法的平均变异系数为 0.0017,比烘干法平均低 0.0007。以上可以得出,用高温烘干法测定结缕草种子含水量比用重量测定法误差大一些,原因可能是,用重量测定法测定,用的是 1/10000 的天平称量,只要操作及时,天平正常,误差不会太大。而用高温烘干法测定,由于烘干以后要放在硅胶干燥器里冷却 0.5 h,硅胶干燥的程度可能会影响到种子的含水量,此外通过回干称重的方法得到的种子的状态和烘干后的种子的状态不同,在称重时吸水程度可能后者大一些,从而使得烘干法的误差大于重量测定法。

表 4 烘干法与重量测定法测定结果比较

Table 4 Compare of high temperature dry method and weight method								
样品 编号	重复 数	平均含水量/ %			标准误差		变异系数	
		烘干法	重量法	差值/ %	烘干法	重量法	烘干法	重量法
A	3	8.0310	7.5687	-0.4623	0.0279	0.0077	0.0035	0.0010
B	3	9.0927	9.0228	-0.4238	0.0240	0.0348	0.0026	0.0039
C	3	10.7170	10.5327	-0.1843	0.0370	0.0074	0.0035	0.0007
D	3	12.3417	12.0008	-0.3409	0.0115	0.0017	0.0009	0.0001
E	3	13.8960	13.7903	-0.1058	0.0761	0.0020	0.0055	0.0001
F	3	15.2855	15.0445	-0.2410	0.0057	0.0404	0.0004	0.0055
G	3	16.8234	16.4272	-0.3922	0.0357	0.0036	0.0021	0.0002
H	3	18.3637	17.6395	-0.6910	0.0329	0.0554	0.0018	0.0031
I	3	19.8633	19.0125	-0.8508	0.0595	0.0032	0.0030	0.0002
J	3	21.3705	20.8378	-0.5327	0.0148	0.0515	0.0007	0.0025
平均	3	14.5751	14.1881	-0.4225	0.0325	0.0250	0.0024	0.0017

### 2.2 重量测定法种子水分校正曲线

根据测定的结果作出重量测定法校正曲线见图 1。重量测定法测定结缕草种子含水量与用烘干法测定结缕草种子含水量,二者相关关系显著( $P<0.01$ ),由表 4 可知,无论是用高温烘干法测定结缕草种子含水量还是

用重量测定法测定,其标准误差和变异系数均在1%以下,说明通过烘干法-重量测定法水分含量校正曲线,用重量测定法能够较为准确估测结缕草种子含水量。

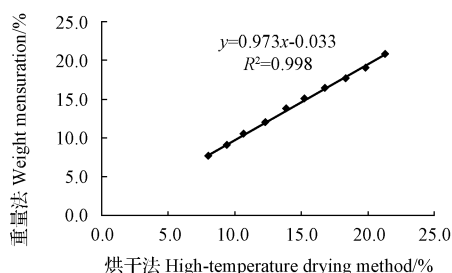


图1 重量测定法的校正曲线

Fig. 1 Emendation curve of weight mensuration

### 2.3 结缕草种子水分动态曲线比较

将种子置于3个相对湿度(80%、70%、60%)和2个温度(25℃和35℃)进行水分平衡测算,由图2可知,在不同相对湿度下,结缕草种子含水量差异十分显著,而相同相对湿度下,温度越高,平衡时的含水量反而越低,且不同温度间差异不明显,到RH 80%时,不同温度间结缕草含水量才开始出现稍微明显的差异。从RH 60%~80%,RH 60%时,没有出现明显的快速吸水期,但是在RH 70%和RH 80%下,出现了明显的快速吸水期且吸水速率随着相对湿度的增加迅速增加,且都在1~24 h内,在平衡1 d左右开始出现拐点,以后总体均逐渐趋向平衡,但各个点之间呈现小幅度的波动变化,平衡120 h(5 d)后,含水量变化幅度在0.5%以内,认为结缕草种子水分基本达到平衡。

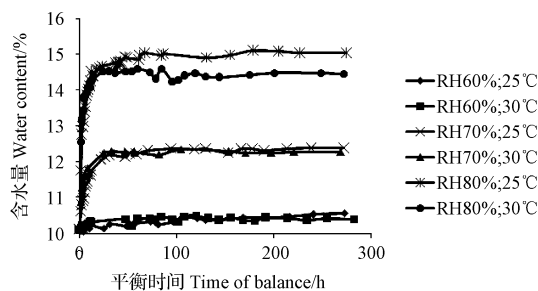


图2 种子水分动态平衡曲线

Fig. 2 Water balance of seed at different relative humidity(RH)and temperatures

据研究,在一定范围内,温度每增高10℃,1 kg空气中达到饱和的水汽量约增加1倍。总的说来,温度对平衡水分的影响远较湿度为小。故相同湿度下,温度越高,其平衡后的含水量反而越低<sup>[3]</sup>,该试验也能得出与之相符的结果。在相对含水量为RH 80%条件下,25℃时,平衡后结缕草种子含水量达到15.03%(平衡后的平均含水量)而30℃仅为14.42%,相差0.61%,但这种差距随着相对湿度的降低而降低。RH 70%、25℃时,平衡后结缕草种子含水量达到12.34%(平衡后的平均含水

量)而30℃仅为12.26%,仅相差0.08%;RH 60%、25℃时,平衡后结缕草种子含水量达到10.39%(平衡后的平均含水量)而30℃仅为10.41%,仅相差0.02%。

### 2.4 各贮藏种子发芽率动态曲线

3个水分梯度(7.9%、12.11%及15.8%)的种子贮藏在北京地区自然贮藏条件下的种子,其发芽率动态变化趋势见图3,经过31周贮藏,贮藏于25℃和35℃下,含水量为7.9%和12.11%种子发芽率均无明显变化,在北京地区自然贮藏的种子发芽率也没有显著变化,且自然贮藏的种子发芽率变化趋势位于含水量为7.9%和12.11%的发芽率变化趋势之间,说明北京地区自然贮藏的结缕草种子的含水量在10%左右[图3(a)]。

由图3(b)可知,含水量为15.8%的种子贮藏在北京地区,发芽率迅速下降,经过40 d左右,其发芽率降到初始值的50%以下,贮藏于25℃下,约经过220 d左右,其发芽率也降到初始值的50%以下,说明含水量在15.8%左右的种子在25~35℃的温度贮藏,经过40~220 d,其发芽率将下降一半。

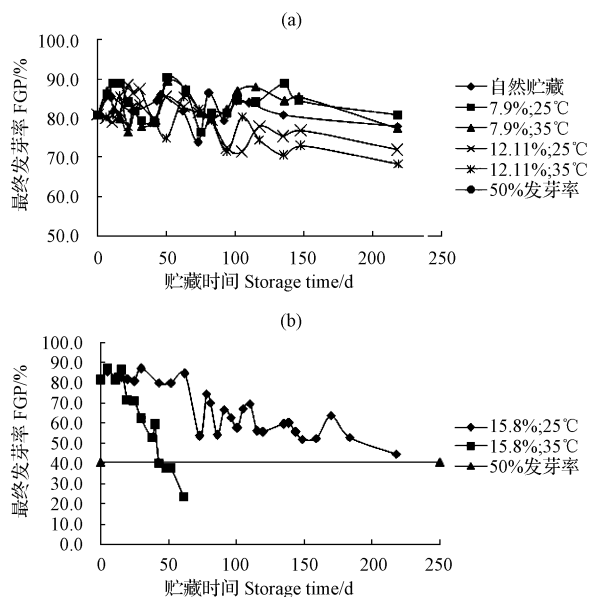


图3 贮藏种子的发芽率变化

Fig. 3 Effects of water and temperature in final germination percentage of seed

## 3 讨论与结论

现有快速含水量测定仪,虽然快速,但对种子的形状大小有要求,且破坏种子样品。PM-888式电子水分速测仪是一种比较先进的水分测定仪,但由于种子成分的变化和粒型的不同,在应用上所测水分与烘干法误差较大,尤其是含水量较大时。高温烘干法是测定种子含水量的传统方法,测定结果准确,但是破坏种子样品。重量测定法估测结缕草含水量具有速度快,操作简单,

且不破坏种子样品,种子样品需要量少,但是测定结果不够准确。该试验得出,种子含水量 8%~21% 范围内时,与高温烘干法相比,重量测定法测定结果均偏低,用烘干法对重量测定法进行校正,得到重量测定法校正方程为: $y=0.973x-0.033$ ,相关系数  $R^2=0.998$ ,达到极显著水平。所以,通过建立重量测定法校正方程通过建立重量测定法和高温烘干法测定结缕草种子含水量的相关方程,可以很好地用重量测定法估测结缕草种子含水量,且不破坏种子样品,操作简单迅速。

北京年平均相对湿度 57%,6~8 月平均相对湿度为 60%左右,6~8 月平均气温为 25℃左右,与结缕草种子水分动态平衡曲线中 RH 60%、25℃接近(图 2),可以推测出 6~8 月结缕草种子平衡含水量大概为 10.40%。广州年平均相对湿度 77%,5~8 月平均相对湿度在 82%以上,月平均气温为 28℃左右,5~8 月结缕草种子平衡含水量应该在 15.03%以上。在自然条件下贮藏,结缕草种子的活力下降较快<sup>[1]</sup>,结缕草种子短寿命,贮藏条件对种子寿命影响大,我国南北方温湿度变化差异大,结缕草种子在广州地区经过一个夏季的自然贮藏,几乎丧失发芽能力。

而该文通过从 2007 年 7 月至 2008 年 3 月中旬测定了北京地区自然条件下贮藏以及人工处贮藏的种子寿命的动态变化,北京地区自然贮藏 31 周后其发芽率位于含水量为 7.9%与 12.11%的种子的发芽率之间,说明北京地区自然贮藏时的真实含水量应该在 10%左右,与

估测的 10.40%左右相符,人工贮藏的含水量 15.8%种子说明,含水量为 15.8%左右的种子在 25~35℃的贮藏,经过 42~220 d 发芽率将下降到原始值的 50%,而 5~8 月,广州的月平均相对湿度在 82%以上,月平均气温为 28℃左右,说明夏季在广州地区自然贮藏的结缕草种子平衡水分真实值应该在 15.8%左右,与预测值十分相符。

该试验结果表明,用高温烘干法校正重量测定法,测定结缕草种子水分变化,得到重量测定法的校正方程为: $y=0.973x-0.033$ ,相关系数  $R^2=0.998$ ,通过建立此方程,能够快速通过重量测定法估测出含水量在 8.0%~21.5%范围内结缕草种子含水量,并且不破坏种子样品。在培养箱中模拟南北方(以北京和广州为例)夏季的温湿度条件,在 3 个相对湿度(RH 80%、RH 70%、RH 60%)和 2 个温度(25℃和 35℃)条件下,进行结缕草种子动态水分平衡试验,结合重量测定法预测的北京地区和广州地区自然贮藏条件下的种子含水量和真实值相符合。

#### 参考文献

- [1] 钱俊芝,韩建国,倪小琴.贮藏期对结缕草种子生理生化的影响[J].草地学报,2000,8(3):177-184.
- [2] 孙艳杰,宗春美,金益,等. PM-888 式电子水分速测仪的校正方法研究[J].种子世界,2007(1):29-30.
- [3] 颜启传.种子学[M].北京:中国农业出版社,2002.

## Study on Estimation the Water Balance of *Zoysia japonica* by Weight Measurement

Anaer<sup>1</sup>, Daniyaer<sup>1</sup>, MAO Pei-sheng<sup>2</sup>, SUN Yan<sup>2</sup>

(1. Ministry of Agriculture Forage and Turfgrass Seed Quality Supervision and Testing Center, Wulumuqi, Xinjiang 830049; 2. Ministry of Agriculture Forage and Turfgrass Seed Quality Supervision and Testing Center, Beijing 100193)

**Abstract:** *Zoysia japonica* seeds during storage under natural, its life was rapidly decreased, the flow of trade to produce extremely serious effect. With the seeds of *Zoysia japonica* as test material, a series of different water gradients of *Zoysia japonica* seeds were used, the standard method (high temperature drying method) corrected gravimetric method for determination of high temperature over drying method correcting weight determination of gravimetric method were adopted, *Zoysia japonica* seed moisture balance effect were studied. The results showed that high temperature drying method correcting weight determination, determination of *Zoysia japonica* seed moisture change, get the gravimetric method for determination of the correction equation was  $y=0.973x-0.033$ ,  $R^2=0.998$ , through the establishment of this equation, could quickly by gravimetric method estimating the water content in the range of 8.0%~21.5% *Zoysia japonica* seed moisture content, and did not damage the seed samples.

**Key words:** *Zoysia japonica* seed; water gradient; calibration equation