

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0261

赵玉凤, 郜继红, 曾彦军, 张吉宇, 王彦荣, 王莉. 罗布麻属和白麻属种子形态特征及生活力的测定方法. 草业科学, 2020, 37(4): 743-752.

ZHAO Y F, GAO J H, ZENG Y J, ZHANG JY, WANG Y R, WANG L. Study on seed morphological characteristics and viability determination method in *Apocynum* spp. and *Poacynum* spp.. Pratacultural Science, 2020, 37(4): 743-752.

罗布麻属和白麻属种子形态特征及生活力的测定方法

赵玉凤¹, 郜继红¹, 曾彦军¹, 张吉宇¹, 王彦荣¹, 王莉²

(1. 兰州大学草地农业生态系统国家重点实验室 / 兰州大学农业农村部草牧业创新重点实验室 / 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020; 2. 阿勒泰戈宝茶股份有限公司, 新疆 阿勒泰 836509)

摘要: 以采自新疆维吾尔自治区阿勒泰市阿拉哈克镇境内的罗布麻属 (*Apocynum*) 和白麻属 (*Poacynum*) 8 个基因型植物的种子为材料, 进行了 8 个基因型植物种子形态特征、千粒重和生活力测定方法探究。研究结果显示, 参试罗布麻种子的长为 2.75 mm, 宽为 0.68 mm, 厚为 0.49 mm。白麻属 7 个基因型中以紫斑中花的种子最长, 为 4.51 mm; 青杆白花最宽, 为 0.90 mm; 青杆白花和大叶白麻最厚, 为 0.61 mm。8 个基因型种子的长、宽、高的变化范围分别为 2.75~4.51、0.68~0.90 和 0.48~0.61 mm。其中, 紫斑中花为最大基因型, 罗布麻为最小基因型。千粒重变化范围在 0.38~1.32 g, 所有参试种子颜色均为褐色, 其中以大叶白麻颜色最深。参试种子均表现出非休眠性种子萌发的特征, 萌发时间较短, 可以用来快速测定参试种子的生活力。采用四唑染色测定生活力时, 参试种子均表现出不透四唑的特征, 应该纵切切破种皮, 预湿时间为 12~14 h, 染色时间为 12 h, 鉴定标准为种子胚 80% 完全染色。此次针对罗布麻属和白麻属种子形态特征与生活力测定方法的研究, 能够为罗布麻种子生活力鉴定、大规模种植、种子繁育提供一定的基础。

关键词: 罗布麻属; 白麻属; 种子; 萌发; 生活力测定

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2020)04-0743-10

Study on seed morphological characteristics and viability determination method in *Apocynum* spp. and *Poacynum* spp.

ZHAO Yufeng¹, GAO Jihong¹, ZENG Yanjun¹, ZHANG Jiyu¹, WANG Yanrong¹, WANG Li²

(1. State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystem / Key Laboratory of Grassland Animal Husbandry Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Sciences / College of Grassland Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, Gansu, China;
2. Altay GAUBAU Tea Co., Ltd., Altay 836509, Xinjiang, China)

Abstract: Seed morphological characteristics, 1 000-seed weight, and viability measurement methods were studied using eight genotypes of *Apocynum* and *Poacynum* in Allahak Town, Altay City, Xinjiang Uygur Autonomous Region. Results showed that the mean seed length of *Apocynum venetum* was 2.75 mm, with a width of 0.68 mm and thickness of 0.49 mm. Among the seven *Poacynum* genotypes, seeds of the genotype with purple spotted medium flowers were longest, with a mean length of 4.51 mm. Seeds of the genotype with green stems and white flowers were widest, with a mean width of 0.90 mm, and seeds of the genotype with green stems and white flowers and *P. hendersonii* were the thickest (0.61 mm). The

收稿日期: 2019-05-24 接受日期: 2019-12-16

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项 (2016A03006); 中央本级重大增减支项目 (2060302)

第一作者: 赵玉凤 (1993-), 女, 甘肃民乐人, 在读硕士生, 主要从事牧草资源创新利用。E-mail: zhaoyf17@lzu.edu.cn

通信作者: 张吉宇 (1977-), 男, 甘肃张掖人, 教授, 博导, 博士, 主要从事牧草育种与分子生物学研究。E-mail: zhangjy@lzu.edu.cn

length, width, and height of the eight genotype seeds ranged from 2.75 to 4.51 mm, 0.68 to 0.90 mm, and 0.48 to 0.61 mm, respectively. The purple spotted medium flower was the largest genotype and *A. venetum* was the smallest genotype. 1 000-seed weight ranged from 0.38 to 1.32 g. All genotypes had brown seeds, but *P. hendersonii* had the deepest color. Seeds of eight genotypes were characterized by non-dormancy seed germination with a short germination time, which could be used to determine the viability quickly. When viability was measured by tetrazolium staining, all tested seeds showed impermeable tetrazolium. The seed coat was cut vertically after a pre-wetting period of 12~14 hours, then cut seeds were dyed for 12 hours. The identification criteria was 80% staining of seed embryos. This experiment mainly carried out the research on the morphological characteristics and viability measurement methods of *Apocynum* and *Poacynum*, which can provide a certain basis for the identification of *venetum* seed viability, large-scale planting, and seed breeding

Keywords: *Apocynum*; *Poacynum*; seed; germination; viability

Corresponding author: ZHANG Jiyu E-mail: zhangjy@lzu.edu.cn

罗布麻是罗布麻属 (*Apocynum*) 和白麻属 (*Poacynum*) 植物的总称, 俗称为野麻, 又名“茶花麻”、“大花罗布麻”等, 主要分布于西欧、中亚、北美及中国北方地区。我国有2属3种, 分别为罗布麻属的罗布红麻 (*A. venetum*) 和白麻属的白麻 (*P. pictum*)、大叶白麻 (*P. hendersonii*)^[1]。罗布麻具有良好的耐旱、耐盐、耐冻、耐高温和抗风沙等优良的生态特性, 使其成为荒漠、盐碱等地区生态恢复与重建的首选植物, 可起到改良土壤、调节气候、保持水土、防风固沙的作用^[2]。此外, 罗布麻还具有很好的纺织及药用等价值, 在国民经济和医疗保健中具有重要的应用前景^[2-3], 近年来与其相关的商品开发日益受到重视。然而, 正是由于其经济价值所在, 人类对野生罗布麻资源进行肆意樵采, 加之气候旱化, 近年来野生罗布麻资源遭受了严重破坏^[4]。目前, 在我国仅新疆有集中成片分布的罗布麻, 阿勒泰是我国野生罗布麻资源保存较好的地区。

截至目前, 国内外有关罗布麻的报道主要集中在罗布麻的分类鉴定^[5-8]、生物生理学特性研究、品质评价^[9-11]、资源开发利用及相关产品开发^[12-13]和药理药效及其化学成分分析上^[14-16], 对于罗布麻的饲用价值研究较少。有研究发现, 野生罗布麻单位鲜草干物质累积量高于人工栽培罗布麻, 其适口性较好, 品质优于人工栽培罗布麻^[17]。在种子学研究方面, 以往研究主要体现在罗布麻种子萌发对干旱胁迫的响应^[18-19], 不同地区罗布麻种子发芽率^[20], 储藏条件对罗布麻种子萌发的影响^[21], 以及罗布麻种子组织培养技术^[22]等方面。种子形态

特征是植物种的特性, 对植物种子的鉴别具有实际应用价值。但是, 有关罗布麻种子形态特征的研究报道尚不多见。在生产实践中, 由于罗布麻种子直接播种出苗率低, 大田种植中需要育苗移栽, 增加了种植成本。种子生活力的高低对大田出苗和温室育苗至关重要, 然而有关罗布麻种子生活力的测定方法与质量评价标准未见报道, 这对评价罗布麻种子生活力造成困难。

种子生活力测定是用来判定种子是否具有生命力, 是否具有潜在发芽能力并且发育成为一个正常的幼苗。在科学研究和生产实际中, 一般情况下种子生活力测定主要用来判定休眠种子的生活力、快速预测种子发芽能力、分析种子不发芽和发芽异常的原因, 指导种子生产、加工和处理技术的改进等。种子生活力测定方法较多, 但最为常见的有发芽试验和生活力四唑测定法^[23]。

本研究拟以新疆阿勒泰地区采集的罗布红麻、白麻和大叶白麻的8个基因型种子为试验材料, 开展罗布红麻、白麻和大叶白麻种子形态特征与生活力测定方法的研究, 旨在为罗布麻大规模种植、种子繁育及种子生活力鉴定提供基础。

1 材料和方法

参试种子分别于2017年10月上旬和2018年9月下旬采集于新疆维吾尔自治区阿勒泰市阿拉哈克乡境内的戈宝绿业有限公司罗布麻种质资源圃。资源圃地理位置为87° 29' 580" E, 47° 44' 882" N; 海拔高度为548 m。本研究共采集了罗布麻的红杆小花基因型和白麻的青杆中花、青杆白花、红杆

中花、特细叶中花、厚叶中花、紫斑中花基因型和大叶白麻的种子。采集种子时，果荚已处于完熟期，部分荚果的种子已开始自然脱落。种子样品为多株收集的混合样品，每个样品不少于30株，

采集后于实验室自然风干(温度在20~25℃，相对湿度在15%~35%)。然后用纸袋包装，在室温条件下保存，参试种子在试验开始前已贮存3个月和14个月(表1)。

表1 参试植物种子名录及种子采集时间
Table 1 List of tested species and seed collection times

序号 Serial number	种名 Species	基因型 Genotype	采集时间 Collection time/ (YYYY-MM)	保存月份 Save time/ month
G ₁	罗布麻 <i>A. venetum</i>	红杆小花 Red stem and little flower	2018-09	3
G ₂		厚叶中花 Thick leaf and medium flower	2018-09	3
G ₃		特细叶中花 Slender leaf and medium flower	2018-09	3
G ₄	白麻 <i>P. pictum</i>	紫斑中花 Purple spotted medium flower	2018-09	3
G ₅		红杆中花 Red stem and medium flower	2018-09	3
G ₆		青杆中花 Green stem and medium flower	2018-09	3
G ₇		青杆白花 Green stem and white flower	2018-09	3
G ₈	大叶白麻 <i>P. hendersonii</i>		2017-10	14

1.1 种子形态特征与千粒重测定

种子大小测定方法：将参试种子样品充分混匀后，从中随机抽取30粒种子，使用电子数显游标卡尺(广陆牌，SF2000，精确度为0.01 mm)测定每一粒种子的长度、宽度和厚度，然后计算种子的平均长度、宽度和厚度。

种子千粒重测定方法：依据国家标准《草种子检验规程 重量测定》(GB/T 2930.9-2017)^[24]中有关种子重量的测定方法，从参试种子样品中分别随机抽取100粒种子作为一个重复，共抽取8个重复，使用电子天平分别称取每一重复种子的重量(精确至0.001 g)，计算出100粒种子的平均重量和变异系数，当重复间的变异系数未超出规定，换算出种子的千粒重。由于罗布麻属和白麻属种子为不带稃壳的非禾本科植物种子。按照GB/T 2930.9-2017中附录A(标准的附录)之规定，参试的两个种子的变异系数不容许超过4.0。

1.2 种子生活力测定

1.2.1 发芽试验

种子发芽试验采用培养皿纸上发芽的方法(TP法)。培养皿采用直径为90 mm的圆形玻璃培养皿，滤纸为90 mm定性滤纸。培养条件25℃恒

温^[25]，光照/黑暗为12 h/12 h；试验中，每一处理均设3次重复，每重复播种种子数为100粒。试验开始时采用蒸馏水湿润滤纸至饱和持水状态，将种子均匀地播种于发芽床上。试验期间，以胚根露出种皮长度大于等于2 mm为种子萌发判别标准，每天记录种子萌发数、检查发芽床湿润情况，并及时补充蒸馏水以保持发芽床湿润。萌发试验计划进行28 d，实际当中以连续4 d不再有种子萌发时结束试验。试验初期，每隔3 h观察一次萌发情况，统计48 h的发芽情况，48 h后每隔一天统计一次发芽。试验结束时，统计每一重复萌发种子数量，计算每一重复参试种子的发芽率(germination percentage, GP)、发芽指数(germination index, GI)和平均萌发时间(mean germination time, MGT)。

$$GP = (\text{萌发种子数量} / \text{参试种子数量}) \times 100\%;$$

$$GI = \sum (G_i / D_i).$$

式中： D_i 为萌发天数， G_i 为相对应于萌发天数 D_i 的当天萌发种子数。

$$MGT = (\sum n_i t_i) / N.$$

式中： t_i 为从试验开始的时间算起的萌发天数， n_i 为 t_i 天的种子萌发数量， N 为试验结束时萌发的

种子总数。

1.2.2 种子生活力测定

采用四唑染色法测定参试种子样品的生活力。测定方法参照国家标准《草种子检验规程 生活力的生物化学(四唑)测定》(GB/T 2930.5-2017)中有关种子生活力的鉴定原理^[26]。设置3种染色前准备方法,进行染色效果验证。

1) 预湿:从参试种子样品中分别随机抽取150粒种子作为一个重复,共抽取4个重复。将每一个重复种子单独摆放在湿润滤纸上,置于25℃的恒温箱中进行预湿,期间检查种子的预湿效果,记录预湿达到效果的时间。

2) 染色前准备:不切,对挑选的种子不做任何处理;横切,对挑选的种子在子叶端约1/4用手术刀切破种皮;纵切,顺着种子的纵胚轴纵切破种皮。

3) 染色:将3种处理的每一个重复放入1.5 mL的离心管中,加入0.1%的四唑溶液浸没种子,在30℃黑暗条件下染色,期间观察染色效果,当多数种子胚染色效果基本呈现为鲜红色时结束染色试验。

4) 鉴定:用蒸馏水将染色后的种子样品冲洗干净,参照四唑测定中有生活力种子的鉴定标准,根据每个种胚的染色特征,鉴定每一粒参试种子是否为有生活力的种子,然后计算有生活力种子占参试种子的百分比。参试种子样品的生活力以

参试3个重复种子生活力百分比的平均值表示。

1.2.3 数据分析

采用Excel 2013进行数据统计,利用SPSS 21.0进行图表及数据单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 种子形态特征测定

罗布麻与白麻在种子长、宽、厚度之间有显著差异($P < 0.05$)。在厚度方面,罗布麻与白麻中的特细叶中花之间无差异($P > 0.05$),与其他基因型之间有差异($P < 0.05$)。罗布麻种子比白麻种子小,种子较薄,罗布麻种子的长为2.75 mm,宽为0.68 mm,厚为0.49 mm。而白麻中以紫斑中花的种子最大,其长、宽、厚分别为4.51、0.85和0.55 mm;以青杆中花的种子最小,其长、宽、厚分别为3.03、0.81和0.57 mm(表2)。在千粒重方面,除白麻属紫斑中花和厚叶中花之间无差异,其他基因型之间均存在显著差异($P < 0.05$)。参试罗布麻和白麻种子均为黄褐色,其中以大叶白麻种子颜色最深(图1)。

2.2 种子生活力

2.2.1 发芽试验

发芽试验结果显示,罗布麻属和白麻属的8个基因型的种子的发芽率都较高,且所有基因型中

表 2 罗布麻属和白麻属 8 个基因型种子形态特征
Table 2 Morphological characteristics seeds for 8 genotypes of *Apocynum* and *Paocynum*

种名 Species	序号 Serial number	千粒重 1 000-seed weight/g	长 Length/mm	宽 Width/mm	厚 Thickness/mm
罗布麻 <i>A. venetum</i>	G ₁	0.38 ± 0.20g	2.75 ± 0.27f	0.68 ± 0.07d	0.49 ± 0.06d
	G ₂	0.82 ± 0.29d	3.30 ± 0.21d	0.81 ± 0.07b	0.59 ± 0.07ab
	G ₃	0.73 ± 0.28e	4.15 ± 0.36b	0.76 ± 0.08c	0.48 ± 0.05d
	G ₄	0.80 ± 0.29d	4.51 ± 0.56a	0.85 ± 0.08b	0.55 ± 0.06c
白麻 <i>P. pictum</i>	G ₅	0.96 ± 0.31b	3.89 ± 0.43c	0.83 ± 0.08b	0.56 ± 0.05bc
	G ₆	0.70 ± 0.27f	3.03 ± 0.25e	0.81 ± 0.07b	0.57 ± 0.05bc
	G ₇	0.86 ± 0.30c	4.40 ± 0.32a	0.90 ± 0.06a	0.61 ± 0.06a
大叶白麻 <i>P. hendersonii</i>	G ₈	1.32 ± 0.36a	4.04 ± 0.41bc	0.85 ± 0.09b	0.61 ± 0.05b

同列不同小写字母表示不同基因型种子之间差异显著($P < 0.05$); G₁、G₂、G₃、G₄、G₅、G₆、G₇、G₈分别代表8个不同的基因型,详如表1所列;下同。

Different lowercase letters indicate significant difference between the different ecotype at the 0.05 level; G₁, G₂, G₃, G₄, G₅, G₆, G₇, G₈ indicate 8 genotypes, respectively; similarly for the following tables and figures.

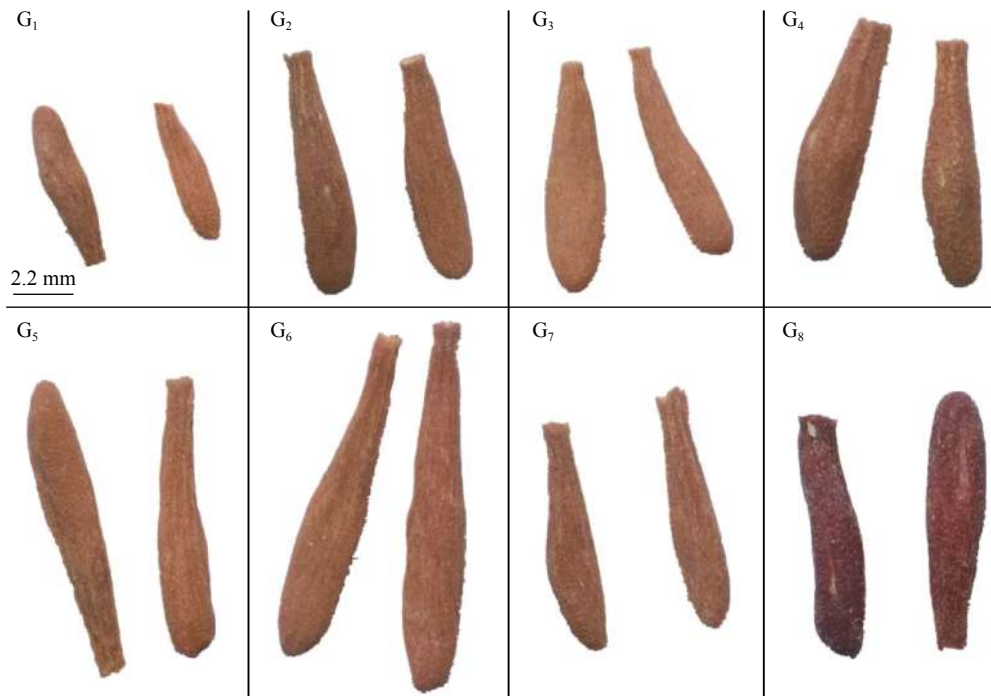


图1 罗布麻属和白麻属8个基因型的种子形态

Figure 1 Seed morphology of 8 genotypes of *Apocynum* and *Paocynum*

$G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6, G_7, G_8$ 分别代表8个基因型, 具体同表1所列; 下同。

$G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6, G_7,$ and G_8 represent eight genotypes, as listed in Table 1; similarly for the following tables and figures.

发芽率高的种子生活力也较高(图2)。罗布麻属和白麻属的8个基因型的种子在24 h内均不萌发, 而在28~34 h逐渐出现露白, 在36~42 h呈现出集中萌发的趋势, 其中罗布麻萌发速度最快, 大叶白麻萌发速度最慢(表3)。

2.2.2 生活力测定

参试罗布麻属和白麻属的8个基因型种子, 在预湿12~14 h能达到吸胀, 易切破且不伤害种子的效果。在染色前准备的3种方法中, 不做任何处理的种子基本不染色, 说明参试种子种皮不透四唑染色液(图2)。横切处理的种子染色时间为16 h左右, 且胚子叶端染色较浅, 切口处染色18 h较深, 出现染色不均匀现象(图2)。纵切处理种子胚完全染色时间为12 h, 且整个胚染色均匀(图2)。参试8种基因型种子纵切时生活力范围为97.5%~83.0%(图3)。

3 讨论

种子形态特征是植物种的特性, 对植物种子的鉴别具有实际应用价值。种子的大小、形状和重

量等物理特性对种子的传播具有特定的功能和作用^[27-29]。测定结果显示, 参试罗布麻种子的长为2.75 mm, 宽为0.68 mm, 厚为0.49 mm; 而白麻属7个基因型中以紫斑中花的种子最长, 为4.51 mm, 青杆白花最宽, 为0.90 mm, 青杆白花和大叶白麻最厚, 为0.61 mm。其中, 紫斑中花为最大基因型, 红杆小花为最小基因型, 呈扁圆形, 具有绒毛, 千粒重较小。显然, 上述物理特性有利于种子借助风力实现较远距离的传播。但种子的颜色受成熟时间、收获时期、收获时的气候条件的影响^[30-31], 所以8个基因型的种子颜色存在差异。据此, 可以以种子的大小和颜色作为鉴别的可靠依据。

种子生活力的高低对于植物种群定居和维持具有重要意义^[32-34]。罗布麻种子直接播种出苗率低, 但本研究观察发现, 参试罗布麻属种子具有较高的生活力(100%), 白麻属除大叶白麻种子生活力较低, 其他基因型生活力也较高, 这可能是由于大叶白麻种子保存时间较长, 种子已经发生了劣变。一般情况下, 发芽率高的种子生活力也高, 但有生活力的种子不一定能出苗, 因此不一定有

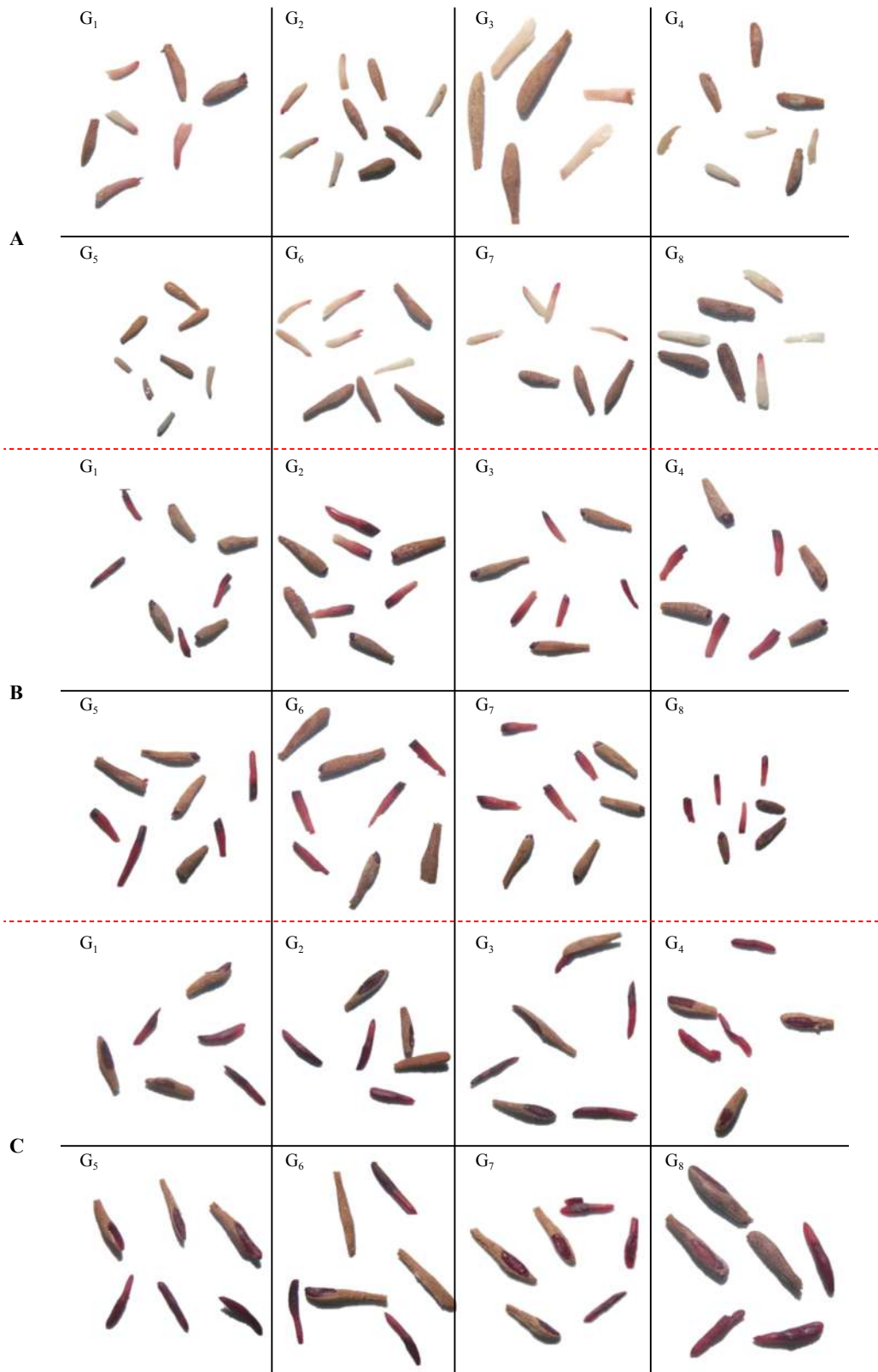


图 2 罗布麻属和白麻属 8 个基因型种子 3 种染色前准备的四唑染色效果

Figure 2 Effects of dyeing the seeds of 8 genotypes of *Apocynum* and *Paocynum* using three cutting methods

A 图为种子不切时染色情况；B 图为种子横切时染色情况；C 图为种子纵切时染色情况。

A, staining when the seeds are not cut; B, staining when the seeds are cut transversely, C, staining when the seeds are cut longitudinally.

表 3 罗布麻属和白麻属 8 个基因型 48 h 内发芽率
Table 3 Germination rates of 8 genotypes of *Apocynum* and *Paocynum* within 48 h

种名 Species	序号 Serial number	试验时间 Test time				
		36 h	39 h	42 h	45 h	48 h
罗布麻 <i>A. venetum</i>	G ₁	23.00 ± 2.51a	71.00 ± 2.00a	98.00 ± 2.00a	99.00 ± 1.15a	100.00 ± 0.00a
	G ₂	3.00 ± 1.51ef	18.00 ± 1.52e	65.00 ± 1.53e	74.00 ± 1.50e	80.00 ± 1.52c
	G ₃	11.00 ± 1.00c	46.00 ± 2.08b	82.00 ± 1.53d	87.00 ± 2.08d	93.00 ± 2.00b
白麻 <i>P. pictum</i>	G ₄	4.00 ± 0.57ef	43.00 ± 1.50b	87.00 ± 1.52b	91.00 ± 1.15b	95.00 ± 0.58b
	G ₅	15.00 ± 1.15b	37.00 ± 1.00c	83.00 ± 1.14cd	88.00 ± 0.58cd	92.00 ± 1.00b
	G ₆	5.00 ± 0.57de	20.00 ± 1.53e	76.00 ± 2.00bc	90.00 ± 1.52bc	91.00 ± 6.65b
	G ₇	7.00 ± 1.15d	35.00 ± 1.53c	75.00 ± 1.52bc	90.00 ± 1.51bc	91.00 ± 2.00b
大叶白麻 <i>P. hendersonii</i>	G ₈	2.00 ± 0.58f	24.00 ± 1.53d	54.00 ± 1.52e	75.00 ± 2.08e	80.00 ± 1.52c

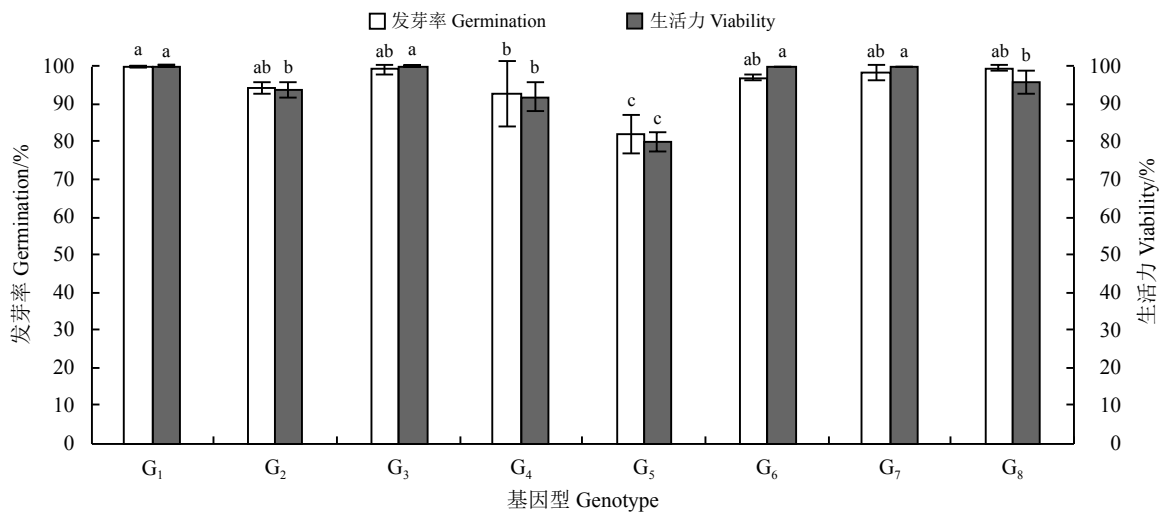


图 3 罗布麻属和白麻属 8 个基因型发芽率与生活力

Figure 3 Germination and viability rates of 8 genotypes of *Apocynum* and *Paocynum*

不同小写字母表示不同基因型之间差异显著 ($P < 0.05$)。

Different lowercase letters indicate significant difference between the different genotype at the 0.05 level.

高的种子活力，所以种子发芽率与种子活力并不呈现正相关关系^[35]，罗布麻种子直接播种出苗率低，田间表现差的确可能与种子活力有关，但也受外界环境因素影响，如土壤温度、土壤湿度、施肥、光照等^[20]。所以，这一测定结果是否具有代表性，这一推断是否符合实际情况，是否在不同生产年份或不同生境条件下都是这种情况，值得进一步跟踪研究。种子生活力测定方法对于准确

测定生活力是重要的方法。

许多植物种子成熟后具有休眠特性，也有一些植物生产非休眠种子。非休眠种子具有在较宽幅度的环境条件下(如温度、光照/黑暗等)萌发的能力^[36]。本研究结果显示，参试种子在试验条件下第 2 天就出现萌发现象，部分基因型种子在 48 h 内发芽且发芽率达到 50%，表现出了非休眠种子特性。Grime 等^[37]曾用“快速萌发”(rapidly-germinating)

来描述植物种子在 4 d 之内萌发的现象。从本研究种子萌发进程来看, 在 25 °C 恒温条件下, 参试罗布麻种子萌发迅速, 在 48 h 之内完成萌发, 而白麻在 48 h 内可以基本完成萌发, 平均萌发时间分别为 3.22 和 3.52 d, 表现出“快速萌发”和集中萌发的特性, 可以用于罗布麻种子生活力测定。

四唑染色测定是国际标准中我国林木种子和草类种子生活力测定常用的方法^[26]。本研究采用了直接间接测定方法和直接测定方法, 由于间接测定方法(发芽试验), 受种子的收集时间、保存条件、保存环境等诸多外界因素的影响, 可能不能成为测定种子的生活力的很好的方法^[38-40]。而直接测定方法(四唑染色)的结果显示, 四唑染色能够较为

明显和直接地展示种子是否有生活力, 因此认为, 两种方法中四唑染色为测定罗布麻种子生活力较好的方法。

4 结论

参试罗布麻属和白麻属 8 个基因型种子的长、宽、高的变化范围分别在 2.75~4.51、0.68~0.90 和 0.48~0.61 mm。粒重变化范围在 0.38~1.32 g, 所有参试种子颜色均为褐色。参试种子均表现出非休眠性种子萌发的特征, 萌发时间较短, 可以用来快速测定参试种子的生活力。生活力测定建议, 纵切切破种皮, 预湿时间为 12~14 h, 染色时间为 12 h, 鉴定标准为种子胚 80% 完全染色。

参考文献 References:

- [1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1977: 63-163.
Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Beijing: Science Press, 1977: 63-163.
- [2] 揭雨成, 冷鹏, 许英. 罗布麻生态特征与产业化研究进展. 中国麻业, 2001, 23(3): 34-37.
JIE Y C, LENG J, XU Y. The progress of studies on ecological characteristics and industrialization of *Apocynum venetum*. Plant Fiber and Products, 2001, 23(3): 34-37.
- [3] XIE W, ZHANG X, WANG T, HU J. Botany, traditional use, phytochemistry and pharmacology of *Apocynum venetum* L. (Luobuma). *Journal of Ethnopharmacology*, 2012, 141(1): 1-8.
- [4] 刘起荣, 张卫明, 肖正春. 我国中东部地区罗布红麻资源濒危状况探讨. *中国野生植物资源*, 2009, 28(3): 9-11.
LIU Q T, ZHANG W M, XIAO Z C. Conservation status of *Apocynum venetum* L. resources in central and eastern China. *Wild Plant Resources*, 2009, 28(3): 9-11.
- [5] 张卫明, 王曼丽, 彭雪梅, 薛华杰, 陆长梅. 三种罗布麻干燥叶片基因组 DNA 的提取方法. 南京师大学报(自然科学版), 2007, 30(1): 102-105.
ZHANG W M, WANG M L, PENG X M, XUE H J, LU C M. Isolation of genomic DNA from dried leaves of three kinds of Luobuma. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition)*, 2007, 30(1): 102-105.
- [6] 张卫明, 肖正春, 顾龚平, 张广伦, 钱学射. 罗布麻资源利用与罗布麻植物分类问题. *中国野生植物资源*, 2006, 25(2): 15-19.
ZHANG W M, XIAO Z C, GU G P, ZHANG G L, QIAN X S. On the resources utilization of *Apocynum* and its classification. *Chinese Wild Plant Resources*, 2006, 25(2): 15-19.
- [7] 杨轶因, 聂小兰. 两个种源罗布麻茎比较解剖学研究. 吉林林业科技, 2016, 2(2): 14-15.
YANG T N, NIE X L. The leaf anatomy comparison research of two provenances *Apocynum venetum*. *Journal of Jilin forestry Science and Technology*, 2016, 2(2): 14-15.
- [8] 张鹏云. 野麻的研究. 兰州大学学报(自然科学版), 1958(1): 58-80.
ZHANG P Y. Research on wild hemp. *Journal of Lanzhou University (Natural Science Edition)*, 1958(1): 58-80.
- [9] 孙丽君. 不同环境条件下罗布麻和白麻光合特性研究. 乌鲁木齐: 新疆大学硕士学位论文, 2011.
SUN L J. Study on photosynthesis of *Apocynum venetum* L. and *Poacynum pictum* (Schrenk.) Baill under different environmental conditions. Master Thesis. Urumqi: Xinjiang University, 2011.
- [10] 王东清, 李国旗, 王磊. 干旱胁迫下红麻和大麻状罗布麻水分生理及光合作用特征研究. 西北植物学报, 2016, 32(6): 1198-1205.

- WANG D Q, LI G Q, WANG L. Daily dynamics of photosynthesis and water physiological characteristics of *Apocynum venetum* and *A. cannabinum* under drought stress. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2016, 32(6): 1198-1205.
- [11] 吕海洋, 田长彦, 王梓宇, 张科. 外源硒对罗布麻幼苗生长及光合作用的影响. *干旱区地理*, 2015, 38(1): 83-89.
LYU H Y, TIAN C Y, WANG Z Y, ZHANG K. Effects of exogenous selenium on growth and photosynthesis of *Apocynum venetum* L. seedlings. *Arid Zone Geography*, 2015, 38(1): 83-89.
- [12] YANG F R, MA Y C, ZHENG H D, ZHENG L J, ZHAO Y P. An eco-friendly degumming of *Apocynum venetum* with ionic liquid pretreatment. *Journal of Natural Fibers*, 2019, 15(7): 1-9.
- [13] 王磊磊. 罗布麻纤维结构及成分初探. 青岛: 青岛大学硕士学位论文, 2007.
WANG L L. Preliminary study on the structure and composition of *Apocynum venetum* fiber. Master Thesis. Qingdao: Qingdao University, 2007.
- [14] WANG L L, ZHANG X F, NIU Y Y, ADEL F A, WANG J M, KANG W Y. Anticoagulant activity of two novel polysaccharides from flowers of *Apocynum venetum* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 12(15): 1230-1237.
- [15] GRUNDMANN O, NAKAJIMA J K, SEO S. Kaempferol from the leaves of *Apocynum venetum* possesses anxiolytic activities in the elevated plus maze test in mice. *Phytomedicine*, 2009, 16(4): 295-302.
- [16] ZHANG Y C, LIU C M, ZHANG Z K, QI Y J, WU G M, LI S N. Fast differentiation of *Apocynum venetum* with related species by UPLC/MS and UPLC/SPE/NMR. *Medicinal Chemistry Research*, 2012, 21(7): 1077-1083.
- [17] 贾春林. 野生与人工栽培罗布麻品质和叶绿素荧光特性研究. 泰安: 山东农业大学硕士学位论文, 2016.
JIA C L. Study on quality and chlorophyll fluorescence characteristics of wild and cultivated *Apocynum venetum*. Master Thesis. Taian: Shandong Agricultural University, 2016.
- [18] 徐振朋, 宛涛, 蔡萍, 张雅荣, 于静, 孟超. PEG 模拟干旱胁迫对罗布麻种子萌发及生理特性的影响. *中国草地学报*, 2015, 37(5): 75-80.
XU Z P, WAN T, CAI P, ZHANG Y R, YU J, MENG C. Effects of PEG simulated drought stress on germination and physiological properties of *Apocynum venetum* seeds. *Chinese Journal of Grassland*, 2015, 37(5): 75-80.
- [19] 刘克彪, 姜生秀. 干旱和钠盐胁迫对罗布麻种子萌发的影响. *草业学报*, 2016, 25(5): 214-221.
LIU K P, JIANG S X. Responses of *Apocynum venetum* seed germination to drought and salt stress. *Journal of Grass Industry*, 2016, 25(5): 214-221.
- [20] 钱学射, 张卫明, 金久宁, 黄晶晶. 不同地区罗布麻种子发芽情况的比较. *中国野生植物资源*, 2016, 35(2): 78-81.
QIAN X S, ZHANG W M, JIN J N, HUANG J J. Comparison of *Apocynum venetum* Linn. seed germination from different areas. *Wild Plant Resources*, 2016, 35(2): 78-81.
- [21] 朱小虎, 魏岩, 严成. 储藏时间、温度和 NaCl 对大花罗布麻种子萌发的影响. *种子*, 2010, 29(12): 69-71.
ZHU X H, WEI Y, YAN C. Effect of storage time, temperature and salinity on seed germination of *Poacynum hendersonii*. *Seed*, 2010, 29(12): 69-71.
- [22] 刘志华, 马艳红, 曹枫. 罗布麻种子组培再生体系的研究. *种子*, 2010, 29(4): 5-8.
LIU Z H, MA Y H, CAO F. Study on the tissue culture and regeneration system of *Apocynum* seed. *Seed*, 2010, 29(4): 5-8.
- [23] 胡晋, 李永平, 胡伟民, 颜启传. 种子生活力测定原理和方法. 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-58.
HU J, LI Y P, HU W M, YAN Q C. Principles and methods for measuring seed viability. Beijing: China Agricultural Press, 2009: 1-58.
- [24] 王彦荣, 余玲, 胡小文, 张吉宇, 曾彦军, 刘亚洁, 刘文献, 孙彦, 李存福, 常秉文, 张建全, 王玉青. GB/T 2930.9-2017 草种子检验规程 重量测定. 北京: 中国标准出版社, 2017.
WANG Y R, YU L, HU X W, ZHANG J Y, ZENG Y J, LIU Y J, LIU W X, SUN Y, CHANG B W, ZHANG J Q, WANG Y Q. GB/T 2930.9-2017 Rules of Seed Testing for Forage, Turfgrass and Other Herbaceous: Weight Determination. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [25] 刘萍. 影响罗布麻种子萌发的因素研究. *北方园艺*, 2010(3): 92-94.
LIU P. The study on influential factors about the germination seeds of *Apocynum*. *Northern gardening*, 2010(3): 92-94.
- [26] 王彦荣, 余玲, 胡小文, 张吉宇, 曾彦军, 刘亚洁, 刘文献, 孙彦, 李存福, 常秉文, 张建全, 王玉青. GB/T 2930.4-2017 草种子检验

- 规程 发芽试验. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- WANG Y R, YU L, HU X W, ZHANG J Y, ZENG Y J, LIU Y J, LIU W X, SUN Y, CHANG B W, ZHANG J Q, WANG Y Q. GB/T 2930.4-2017 Rules of Seed Testing for Forge, Turfgrass and Other Herbaceous: Germination Test. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [27] 薛陶. 杂交籼稻种子形态物理特征与种子活力关系的初步研究. 杭州: 浙江农林大学硕士学位论文, 2014.
- XUE T. Preliminary study on the relationship between seed morphological characteristics and seed vigor of hybrid japonica rice. Master Thesis. Hangzhou: Zhejiang Agriculture and Forestry university, 2014.
- [28] 徐东, 宋玉秋, 辛明金, 郭毅. 蔬菜种子物理特性和空气动力学特性试验研究. *农机化研究*, 2007(4): 112-114.
- XU D, SONG Y Q, XIN M J, GUO Y. Experimental study on physical and aerodynamic properties of vegetable seed. *Agricultural Mechanization Research*, 2007(4): 112-114.
- [29] 于新, 严卓勤, 李小华, 黄雪莲, 曾晓房. 非洲山毛豆种子物理特征与常量化学成分分析. *仲恺农业工程学院学报*, 2008, 21(3): 22-26.
- YU X, YAN Z Q, LI X H, HUANG X L, ZENG X F. Physical characteristics and chemical macro composition analysis of *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds. *Journal of Zhongkai Agricultural Engineering College*, 2008, 21(3): 22-26.
- [30] 董青松, 蒙爱东, 黄秋银, 陈述富, 谢冰莹. 广金钱草种子颜色与发芽率相关性试验研究. *中国种业*, 2007(10): 36-37.
- DONG Q S, MENG A D, HUANG Q Y, CHEN S F, XIE B Y. Experimental study on the correlation between seed color and germination rate of *Lysimachia chinensis*. *China Seed Industry*, 2007(10): 36-37.
- [31] 张新静, 于营, 雷慧霞, 朴向民, 刘亚玲, 郭靖. 桔梗种子发育过程中外观形态及生理生化的变化. *种子*, 2018(8): 36-40.
- ZHANG X J, YU Y, LEI H X, PIAO X M, LIU Y L, GUO J. Appearance morphology, physiological and biochemical changes during the development of *Platycodon grandiflorum* seeds. *Seeds*, 2018(8): 36-40.
- [32] 朱艳芳. 复羽叶栎树种子老化的生理生态学研究. 恩施: 湖北民族学院硕士学位论文, 2018.
- ZHU Y F. Physiological and ecological study on the aging of *Koelreuteria bipinnata* Franch seeds. Master Thesis. Enshi: Hubei University of Nationalities, 2018.
- [33] 余波, 杜尚广, 罗丽萍. 种子活力测定方法. *中国科学(生命科学)*, 2015, 45(7): 709-713.
- YU B, DU S G, LUO L P. Seed vigor determination method. *Chinese Science (Life Sciences)*, 2015, 45(7): 709-713.
- [34] 马宇飞. 珍稀濒危植物珙桐的种群生态学和胚胎学的初步研究. 北京: 北京林业大学硕士学位论文, 2004.
- MA Y F. The primary study on population ecology and embryology of rare and endangered *Davidia involucrate* Baill. Master Thesis. Beijing: Beijing forestry University, 2004.
- [35] 徐艳珍. 种子活力、生活力和发芽率的差别及关系. *农村科学实验*, 2015(4): 14.
- XU Y Z. The difference and relationship between seed vigor, vitality and germination rate. *Rural Scientific Experiment*, 2015(4): 14.
- [36] BASKIN C C, BASKIN J M. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 2004, 14: 1-16.
- [37] GRIME J P, MASON G, CURTIS A V. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*, 1981, 69(3): 1017-1059.
- [38] 刘萍. 影响罗布麻种子萌发的因素研究. *北方园艺*, 2010(3): 100-102.
- LIU P. The study on influential factors about the germination seeds of *Apocynum*. *Northern Horticulture*, 2010(3): 100-102.
- [39] 郝楠, 王建华, 李宏飞, 李月明. 种子活力的发展及评价方法. *种子*, 2015(5): 44-45.
- HAO N, WANG J H, LI H F, LI Y M. The Development and evaluation method of seed vigor. *Seed*, 2015(5): 44-45.
- [40] 蒋敏明. 种子活力研究进展及展望. *中国种业*, 2018(6): 15-18.
- JIANG M M. Research progress and prospect of seed vigor. *China Seed Industry*, 2018(6): 15-18.

(责任编辑 王芳)