

DOI:10.11937/bfyy.201504018

沙埋和供水对毛乌素沙地沙芥与 斧形沙芥出苗的影响

黄修梅^{1,2}, 郝丽珍^{2,3}, 张凤兰^{2,3}, 杨忠仁^{2,3}

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古自治区野生特有蔬菜种质资源与种质创新重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:以中国特有种沙芥和濒危种斧形沙芥为试材,研究了人工控制的 6 个沙埋深度和 4 个供水量处理对沙芥与斧形沙芥幼苗出土的影响。结果表明:沙埋不同深度的沙芥、斧形沙芥出苗与供水量密切相关。当供水量为毛乌素沙地 6 月份平均降雨量的 50%(22.5 mm)时,沙埋各深度的果实都不能出苗;当供水量为毛乌素沙地 6 月份平均降雨量(50 mm)时,浅层的沙芥(1~4 cm)和斧形沙芥(1~2 cm)均能顺利出苗;当供水量为毛乌素沙地 7 月份平均降雨量(100 mm)时,沙芥沙埋 1~4 cm 和斧形沙芥沙埋 0~6 cm 均能出苗;当供水量为毛乌素沙地 7 月份平均降雨量增加 50%(150 mm)时,沙芥 1~8 cm 和斧形沙芥 0~8 cm 均能出苗。沙芥出苗速率随供水量的增加而增加,其中供水量为 135 mL 时出苗最快,沙埋 2 cm 出苗最快,且随着沙埋深度的增加,出苗时间推迟。斧形沙芥在供水量 90 mL 出苗较快,出苗时间等于或早于供水量 135 mL,1 cm 沙埋深度出苗最快。结合毛乌素沙地降雨特点与该试验结果,沙埋 1.0~2.0 cm 和 100 mm 以上月平均降雨量是沙芥和斧形沙芥自然条件下出苗较好的重要条件。

关键词:毛乌素沙地;沙芥;斧形沙芥;沙埋;供水;幼苗出土

中图分类号:Q 948;Q 945 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0076-05

近年来,土地荒漠化及其防治已成为各国政府及科学界广泛关注的社会与环境问题^[1]。毛乌素沙地是我

国荒漠化比较脆弱和敏感的地区之一^[2],荒漠化不仅长期制约着当地经济的发展,同时也不同程度地影响着黄河流域经济的发展。荒漠化治理关键在于植物种子能否萌发及幼苗能否顺利出土与定居,这一过程受诸多因素影响,如温度、光照、沙埋和水分等^[3-5]。沙地种子萌发季节平均气温处于种子适宜萌发温度 10~40℃^[6],同时,沙埋后种子萌发受光照的影响较小^[7]。因此沙埋与水分是沙地种子萌发最重要的生态因子和限制因子^[8]。目前,很多研究也表明沙埋深度直接影响植物种子的萌发出土及存活,适当深度的沙埋可以为种子萌发创造一个温度和水分比较适宜的环境;但过高的沙埋深度会导致氧气缺乏,使种子难于萌发,幼苗不能出土^[9-10]。在沙

第一作者简介:黄修梅(1971-),女,博士,讲师,现主要从事沙生蔬菜种质资源与种质创新等研究工作。E-mail:huangxm0404@126.com.

责任作者:郝丽珍(1960-),女,博士,教授,研究方向为沙生蔬菜种质资源与种质创新。E-mail:haolizhen_1960@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31160393,31101541,30460080,30260067);教育部博士点基金资助项目(20111515110006);内蒙古科技攻关资助项目(20050305,20060202);内蒙古自然科学基金资助项目(2001108020501,200308020513)。

收稿日期:2014-11-25

one-peak type. The diurnal change of net photosynthetic rate of *Forsythia mandshurica* Uyeki showed one-peak type and transpiration rate showed two-peak type, while those of *Philadelphus schrenkii* Rupr. exhibited a typical bimodal curve and one-peak type. The main physiological factors of net photosynthetic rate and transpiration rate were stomatal conductance and intercellular CO₂ concentration. Photosynthetic rate and transpiration rate of 4 shrubs were positively correlated with stomatal conductance, and negatively correlated with intercellular CO₂ concentration. Photosynthetic rate and transpiration were closely related to photosynthetically active radiation, air CO₂ concentration and air relative humidity. Photosynthetically active radiation was the main positive ecology factor affecting photosynthesis, while intercellular CO₂ concentration and air CO₂ concentration were the main negative factors.

Keywords: net photosynthetic rate; transpiration rate; diurnal dynamics

区环境中,水分的影响尤为重要,降水的次数和多少直接决定着不同深度土层的含水量,影响不同沙埋深度的种子出苗^[11-12],但影响程度因植物的不同而不同。

沙芥(*Pugionium cornutum* (L.) Gaertn)和斧形沙芥(*Pugionium dolabratum* Maxim)属十字花科(Cruciferae)沙芥属(*Pugionium* Gaertn)2年生蔬菜。沙芥属植物集防风、固沙、菜用、药用多种功能于一体,是亚洲中部蒙古高原沙地特有属,其中沙芥只分布于我国的科尔沁、浑善达克、毛乌素、宁夏沙地、库布齐(东部),为中国特有种^[13];而斧形沙芥则分布于蒙古的阿拉善和大湖盆的沙地,于1992年被列为濒危种^[14]。沙芥与斧形沙芥能够在恶劣的干旱半干旱环境中生存,是其在长期的自然选择过程中适应沙漠或沙地环境的结果。经推测这种适应性应与其种子萌发机制密切相关。沙芥与斧形沙芥种子能够萌发的温度范围为15~35℃^[15],能够承受的沙埋深度为16 cm^[16],但多大的降雨量启动多深沙埋深度的沙芥和斧形沙芥幼苗出土尚鲜见报道。现通过人工模拟试验,探讨了供水量和沙埋深度对沙芥与斧形沙芥种子萌发与幼苗出土的影响,以期探讨沙芥属植物种子预测性的萌发策略,研究其适应沙地自然生境的种子萌发和幼苗生长机制,为人工栽培和改善飞播技术提供基础数据,为恢复植被、保护和扩大野生资源提供科学依据,且具有重要的生态意义和经济价值。

1 材料与方法

1.1 试验材料

沙芥与斧形沙芥果实属于短角果,由果皮和种子组成(以下简称果实,见图1),果实中一般只含有1粒种子(以下简称种子)。自然生境中,随机采集沙芥和斧形沙芥的成熟果实,在室内干燥储藏至翌年5月。沙芥果实千果重为71.99 g,斧形沙芥果实千果重为25.52 g。试验开始前进行种子发芽能力的测定,沙芥种子发芽率为80%,斧形沙芥种子发芽率为83%,该发芽率可认为是该试验所用各种子的最大发芽率。试验所用的沙土取自毛乌素沙地沙芥自然生境区。

1.2 试验方法

供水量共设4个处理,分别模拟每月25、50、100、150 mm的降雨量,50、100 mm分别是毛乌素沙地6、7月份的月平均降雨量,25 mL是6月份月平均降雨量减少50%、150 mm是7月份月平均降雨量增加50%。试验所用容器为内径5.6 cm、高度15 cm的圆柱形塑料容器,因此各处理的总供水量为22.5、45、90、135 mL 4个等级,塑料容器底部开4个排水孔,排水孔上方垫双层纱布防止细沙渗出。试验期间每3 d浇水1次,共浇水10次,每次浇水量为总供水量的1/10。

沙埋深度设6个处理:分别为0、1、2、4、6、8 cm 6个

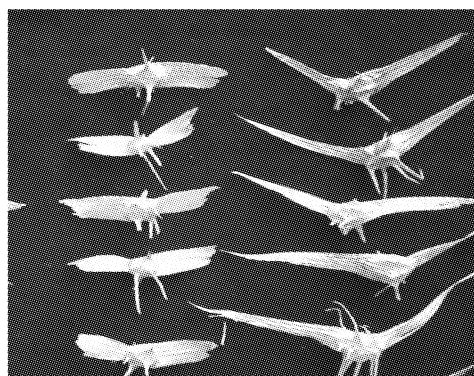


图1 斧形沙芥果实(A)与沙芥果实(B)

Fig. 1 *P. dolabratum* fruit(A) and *P. cornutum* fruit(B)

层次。先在每个容器内装入12 cm高度的砂子,摆入30粒果实,插入标尺,覆上各层次的砂子,使沙面保持水平,每个处理3次重复。每24 h观察1次出苗情况,45 d结束试验。

1.3 数据分析

利用SPSS 13.0对数据进行统计分析,通过单因子方差分析(One-way ANOVA)检验差异的显著性。

出苗率为露出沙面的幼苗个数占试验使用果实个数的百分率。

出苗速率是描述幼苗出土快慢的指标,其计算公式为:

$$GR = \sum \frac{100G_i}{nt_i}$$

式中, n 代表每个处理中使用的果实个数, G_i 代表 t_i ($t_i=0,1,2,3,\dots,\infty$)天的出苗个数。出苗速率值越大,表示出苗速率越快。

2 结果与分析

2.1 供水量和沙埋对出苗率的影响

供水量为22.5 mL的各处理,沙芥与斧形沙芥果实均不能出苗,因此该供水量的数据没有参与数据分析。从图2、3可以看出,在相同供水量、不同沙埋深度和相同沙埋深度、不同供水量沙芥与斧形沙芥果实出苗率均存在显著差异($P<0.05$)。

由图2可知,沙芥沙埋深度为0 cm,各处理均不能出苗。相同的沙埋深度,随着降雨量的增加,出苗率提高;当供水量为135 mL,各沙埋深度的出苗率处于显著最高,一直维持在40%~62%。在相同的供水量条件下,均以沙埋深度2 cm的出苗率处于显著最高水平($P<0.05$),其中在供水量为135 mL,1 cm和2 cm之间差异不显著,共同处于显著最高水平。当供水量为45 mL时,仅沙埋深度为1~4 cm的处理能顺利出苗,其中4 cm有少量出苗;当供水量为90、135 mL时,沙埋深度为1~8 cm的处理均能出苗,其中供水量为90 mL、沙埋8 cm

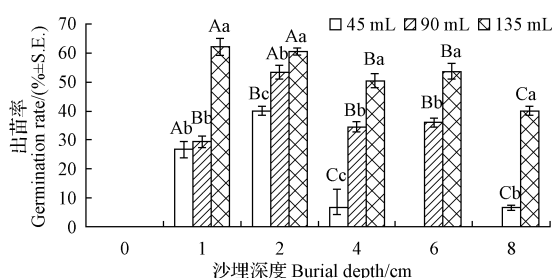


图2 沙埋深度和供水量对沙芥果实出苗率的影响

Fig. 2 Effect of different burial depth and rainfall on germination rate of *P. cornutum* fruit

注:根据 SPSS 13.0 分析,大写字母表示同一供水量,不同沙埋深度间的差异显著水平($P < 0.05$);小写字母表示同一深度,不同供水量间的差异显著水平($P < 0.05$)。下同。

Note: According to SPSS 13.0, capital letters indicated there were significant difference on each depth under the same rainfall ($P < 0.05$); lowercase letters indicated there were significant difference on each rainfall under the same depth ($P < 0.05$). The same below.

仅有 6.7% 出苗,其余维持在 30%~62%,为最高出苗率的 38%~88%。

由图 3 可知,斧形沙芥当供水量相同时,均以沙埋深度为 1 cm 的出苗率处于显著最高水平,其中当供水量为 135 mL 时,沙埋深度为 1 cm 和 2~6 cm 的各处理间差异不显著,均处于显著最高水平($P < 0.05$)。在沙埋 0、2、4 cm 时,供水量 90 mL 和 135 mL 之间出苗率差异不显著,处于最高水平;在沙埋 1 cm,供水量 45 mL 和 90 mL 之间出苗率差异不显著,显著高于 135 mL,因此 90 mL 供水量为最佳供水量。当供水量为 45 mL 时,沙埋深度为 1 cm 和 2 cm 的处理均能顺利出苗,出苗率维持在 20%~40%。当供水量为 90 mL 时,沙埋深度为 0~4 cm 的处理均能出苗;当供水量为 135 mL 时,各处理均能出苗,其中以沙埋深度 0 cm 出苗最少,约为 13%。

2.2 供水量和沙埋对出苗速率的影响

从图 4 可以看出,沙芥出苗速率随供水量的增加而增加,其中 135 mL 供水量出苗最快($P < 0.05$);在相同供水量条件下,沙埋深度 1、2 cm 的出苗速率显著高于 4~8 cm ($P < 0.05$)。

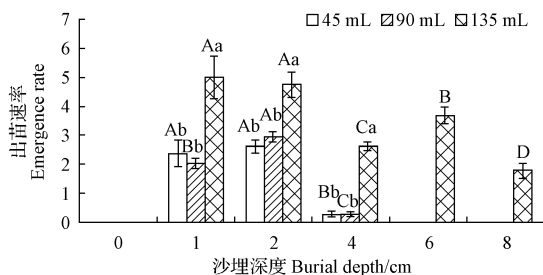


图4 沙埋深度和供水量对沙芥果实出苗速率的影响

Fig. 4 Effect of different burial depth and rainfall on emergence rate of *P. cornutum* fruit

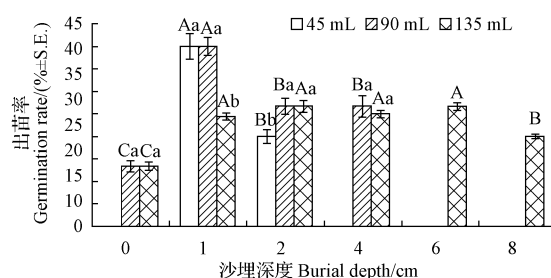


图3 沙埋深度和供水量对斧形沙芥果实的出苗率的影响

Fig. 3 Effect of different burial depth and rainfall on germination rate of *P. dolabrotum* fruit

由图 5 可以看出,斧形沙芥出苗速率对供水量的反应与沙芥略有不同。在沙埋深度为 1、2、4 cm 时,斧形沙芥供水量 90 mL 出苗速率显著快于 135 mL;沙埋深度为 6 cm 时,90 mL 和 135 mL 间差异不显著。在各供水量条件下,沙埋深度 1 cm 出苗速率快于或等于其余处理,其中 135 mL 供水量沙埋深度 1 cm 和 2~6 cm 出苗速率差异不显著,均处于最高水平;沙埋深度为 0 cm,出苗速率显著最慢($P < 0.05$)。

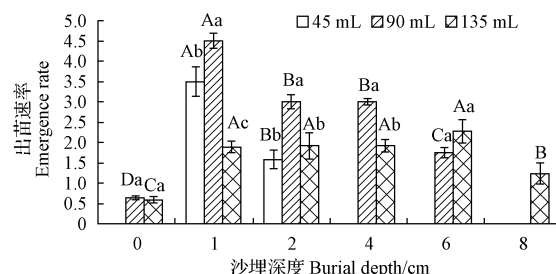


图5 沙埋深度和供水量对斧形沙芥果实出苗速率的影响

Fig. 5 Effect of different burial depth and rainfall on emergence rate of *P. dolabrotum* fruit

2.3 供水量和沙埋深度对出苗时间的影响

从图 6 可以看出,沙芥果实在 45、90 mL 供水量处理中,以沙埋 1 cm 第 10 天首先出苗;在 135 mL 供水量处理中,沙埋 1 cm 和 2 cm 第 10 天首先出苗;沙埋 0 cm,均未出苗。在相同供水量下,随着沙埋深度的增加,出苗时间推迟;沙埋相同深度时,供水量越大出苗越早。

斧形沙芥均是沙埋 1 cm 和 2 cm 首先出苗。沙埋 1、2 cm,供水量 45、90、135 mL 的出苗时间分别为 10、8、8 d;沙埋 4 cm,供水量 90 mL 和 135 mL 的出苗时间分别为 10 d 和 12 d;当沙埋深度为 0 cm 时,出苗最晚,供水量 90、135 mL 的出苗时间分别是 20 d 和 22 d,因此斧形沙芥果实在相同沙埋深度,供水量 90 mL 的出苗时间等于或早于供水量 135 mL。

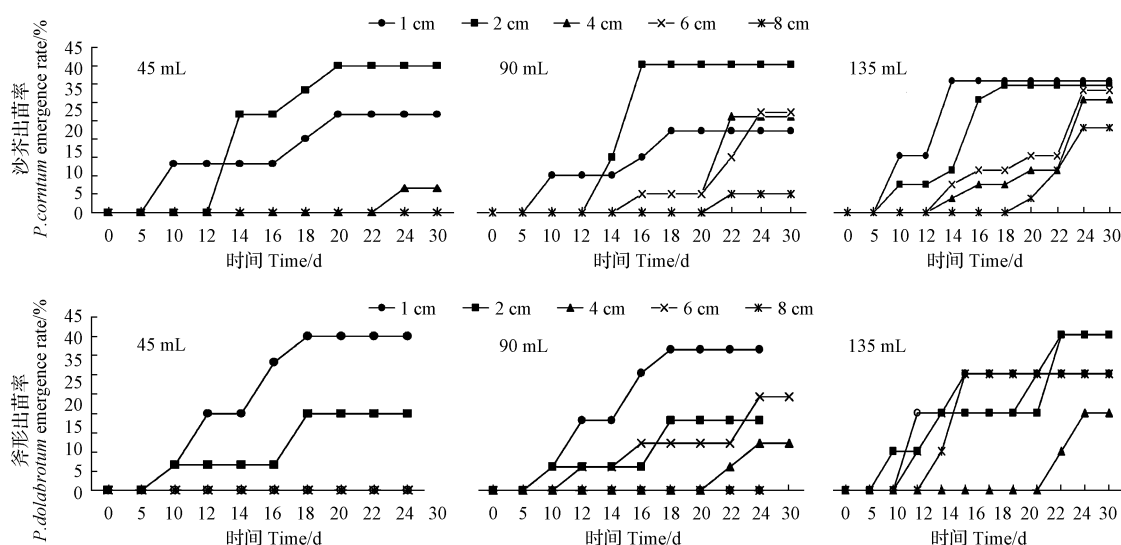


图6 供水量和沙埋深度对沙芥与斧形沙芥果实出苗时间的影响

Fig. 6 Effect of different burial depth and rainfall on time of seedlings emergence of *P. cornutum* and *P. dolabrotum* fruit

3 结论与讨论

3.1 沙芥和斧形沙芥出苗对沙埋深度的响应机制

土壤表面的种子会由于风沙、雨水、凋落物分解以及自身结构等被埋在浅层土壤里^[11]。种子遭受沙埋后,再遇到适合萌发的温度、水分、光照时可能有4种命运:种子萌发且幼苗出土;种子萌发但幼苗没有出土,可能会受到真菌感染分解;种子进入强迫休眠或诱导体眠,成为种子库的一部分;种子没有萌发且被其它生物(例如啮齿类动物和真菌)破坏。毛乌素沙地由于风大而降雨少,日照多,气候干旱,广泛分布着干沙层,深度约为几厘米至几十厘米,但多数在0.7~5.0 cm范围内,年内最大值出现在夏季的中期。一定的沙埋深度给种子创造一个新的环境空间,为其提供温度、水分等条件。该研究表明,沙芥、斧形沙芥的出苗率与沙埋深度和降雨量密切相关,当月供水量为6月份平均降雨量的50%(22.5 mm)时,各沙埋深度的果实都不能出苗;当月供水量为6月份平均降雨量(50 mm)时,浅层的沙芥(1~4 cm)和斧形沙芥(1~2 cm)均能出苗;当供水量为7月份平均降雨量(100 mm)时,沙芥沙埋1~4 cm和斧形沙芥沙埋0~6 cm均能出苗;当供水量为7月份平均降雨量增加50%(150 mm)时,沙芥1~8 cm和斧形沙芥0~8 cm均出苗。因此推测当沙埋深度达到一定深度时,如果降雨量达不到需求,种子所处深度的水分低,启动不了种子萌发机制,种子进入强迫休眠或诱导体眠,成为种子库的一部分,或者随着风沙移动,深层次的种子逐渐变浅,当降雨量达到一定量,即打破休眠出苗。分布在沙层表面的种子,由于过度的光照、温度波动和供水后种子干燥等原因,往往不出苗;斧形沙芥曝露在沙层表面的种子在供水量为45、90 mL时仍具有约13%的出苗率时,

这可能与果皮特殊功能有关(图1)^[17]。

当供水量为135 mL时,沙埋深度8 cm的沙芥出苗率为最高萌发率的65%,斧形沙芥为最高萌发率的50%;当沙埋深度为0 cm,沙芥不出苗、斧形沙芥有13%的出苗率;同时沙芥适宜的沙埋深度为2 cm,斧形沙芥为1 cm,这说明种子质量较大的沙芥相对于质量较小的斧形沙芥(沙芥果实千粒重为71.99 g,斧形沙芥果实千粒重为25.52 g)更能适应于沙生环境,能从更深的沙埋深度中顺利出苗,这一结论与前人的研究结果类似^[9]。与同一生境其它植物相比,在适宜供水量的条件下,油蒿和籽蒿沙埋深度超过2 cm、柠条超过3 cm、羊柴超过5.0 cm则不能出苗^[8],沙芥和斧形沙芥均比较耐沙埋,这也可能是沙芥能生长在沙丘的坡面上、斧形沙芥多生长在缓坡上有关。

3.2 沙芥和斧形沙芥出苗对供水的适应机制

沙芥的适宜月供水量为135 mL,则适宜的降雨量为150 mL,为7月份的月平均降雨量增加50%;斧形沙芥的适宜月供水量为90 mL,则适宜的降雨量为100 mL,为7月份的月平均降雨量,则说明就幼苗出土而言,斧形沙芥比沙芥耐旱,这与不同土壤含水量对沙芥和斧形沙芥种子萌发的影响一致^[18]。在降雨量和沙埋深度双因子处理中,沙芥果实最佳出苗能力为135 mL供水量和沙埋深度2 cm,斧形沙芥最佳出苗能力为90 mL供水量和沙埋深度1 cm。结合毛乌素沙地降雨特点与该次试验结果,沙埋1.0~2.0 cm和100 mm以上月平均降雨量(7月份)是沙芥和斧形沙芥自然条件下出苗较好的重要条件。

毛乌素沙地沙子流动性很大,多风期始于3月份而在6月初结束,自然风是使种子得到覆盖的主要因素,6

月上旬飞播后植物种子能够获得浅层埋藏,到6月中下旬降雨逐渐增多时萌发。如果飞播过早,导致种子埋藏较深,这样就需要足够的降雨才能启动深层的种子萌发,因此建议飞播时间在6月上旬,以提高种子的出苗率,从而提高飞播工作的成效。

参考文献

- [1] 王涛. 我国沙漠化现状及其防治的战略与途径[J]. 自然杂志, 2007, 29(4): 204-211.
- [2] 闫峰, 吴波. 近40a毛乌素沙地荒漠化过程研究[J]. 干旱区地理, 2013, 36(6): 987-996.
- [3] 刘国军, 张希明, 李建贵, 等. 供水量及沙埋厚度对两种梭梭出苗的影响[J]. 中国沙漠, 2010, 30(5): 1085-1091.
- [4] 温都日呼, 王铁娟, 张颖娟, 等. 沙埋与水分对科尔沁沙地3种蒿属固沙植物出苗的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(9): 1-10.
- [5] 贺宇, 丁国栋, 汪晓峰, 等. 水分和沙埋对4种沙生植物种子萌发和出苗的影响[J]. 中国沙漠, 2013, 33(6): 1711-1716.
- [6] Cluff G J, Evans R A, Young J A. Desert saltgrass seed germination and seedbed ecology[J]. Journal of Range Management, 1983, 36(4): 419-422.
- [7] 聂春雷, 郑元润. 鄂尔多斯高原4种主要沙生植物种子萌发与出苗对水分和沙埋的响应[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 32-41.
- [8] 郑明清, 郑元润, 姜联合. 毛乌素沙地4种沙生植物种子萌发及出苗对沙埋及单次浇水的响应[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 5741-5752.
- [9] 苏延柱, 李新荣, 贾荣亮, 等. 沙埋对六种沙生植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6): 968-971.
- [10] 李文婷, 张超, 王飞, 等. 沙埋与供水对毛乌素沙地两种重要沙生植物幼苗生长的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1192-1199.
- [11] 刘国军, 张希明, 吕朝燕, 等. 不同供水条件下梭梭幼苗生长动态的研究[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 388-394.
- [12] 安桂香, 曾凡江, 刘波, 等. 胡杨种子出苗对沙埋和供水条件的响应[J]. 中国沙漠, 2011, 31(2): 436-441.
- [13] 赵一之. 沙芥属的分类校正及其区系分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1999, 30(2): 197-199.
- [14] 赵一之. 内蒙古珍稀濒危植物图谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.
- [15] 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.
- [16] 李海静, 王萍, 宝音德力格尔, 等. 沙埋深度对沙芥属植物种子萌发和出苗的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2012, 33(3): 39-44.
- [17] Zheng Y R, Xie Z X, Yu Y, et al. Effects of sand burial and water supplying regime on seedling emergence of six species in sandy land[J]. Annals of Botany, 2005, 95(7): 1237-1245.
- [18] 黄修梅, 郝丽珍, 王怀栋, 等. 沙芥与斧形沙芥种子萌发对土壤含水量的适应性[J]. 西北植物学报, 2012, 32(2): 355-361.

Effect of Sand Burial and Water Supply on Seedling Emergence of *P. cornutum* and *P. dolabratum* in Mu Us Sandy Land

HUANG Xiu-mei^{1,2}, HAO Li-zhen^{2,3}, ZHANG Feng-lan^{2,3}, YANG Zhong-ren^{2,3}

(1. Vocational Technology College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 2. Key Laboratory of Wild Peculiar Vegetable Recourse and Germplasm Enhancement, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 3. Agriculture College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: Taking *P. cornutum* a special species in China and *P. dolabratum* listed an endangered species in 1992 as materials, the effect of water supplying and sand burial on seedling emergence of *P. cornutum* and *P. dolabratum* were studied, a set of experiments were conducted under six depths of sand burial and four kinds of continual water supply. The results showed that the buried depth was closely correlated with water supply. When the water supply was 22.5 mm that would be 50% of the average rainfall of Mu Us Sandy Land in June, the seeds couldn't emerge. When the water supply was 50 mm (the average rainfall in June), the seeds could germinate on the superficial layer of *P. cornutum* (1—4 cm) and *P. dolabratum* (1—2 cm). When the water supply was 100 mm (the average rainfall in July), a few seeds could emerge well in 1—4 cm of *P. cornutum* and 0—6 cm of *P. dolabratum*. When the water supply was 150 mm (50% of water supply of the average rainfall in July), the seeds could emerge in 1—8 cm of *P. cornutum* and 0—8 cm of *P. dolabratum*. The emergence rate of *P. cornutum* would be increase with water supply increasing. For *P. cornutum*, there was the fastest emergence rate in 135 mL in all sand burial, and 2 cm in all the buried depth. For *P. dolabratum*, 90 mL was faster than 135 mL in the water supply of the seedling emergence, and 1 cm was the fastest seedling emergence in all sand burial depth. Based on our experiment results and precipitation characteristics of the Mu Us sandy land, there would be the important conditions for *P. cornutum* and *P. dolabratum* in 1.0—2.0 cm buried depth and 100 mm average rainfall.

Keywords: Mu Us Sandy Land; *P. cornutum*; *P. dolabratum*; sand burial; water supply; seedling emergence