矮沙冬青种子特性和萌发影响因素的研究

杨期和^{1 2} 葛学军¹ 叶万辉^{1 *} 邓 雄¹ 廖富林²

(1 中国科学院华南植物园, 广州 510650) (2 嘉应学院, 梅州 514015)

摘 要 对矮沙冬青(*Ammopiptanthus nanus*)种子的特性和萌发影响因素进行了初步研究,结果表明:种子不易传播;虫蛀率高,室温贮藏 60 d 的种子虫害率为 38%,易形成硬实,含水量为 7.68%的种子在 30 ℃温水中浸泡 90 h,只有 33.33%能吸水膨胀。种子萌发时不需光,在 15~30 ℃和室温(18~32 ℃)条件下,经 9 d 的萌发,发芽率均可达 80%以上,30℃时萌发最快,在 1~2 cm 深的沙壤中,种子出苗率可达 75%以上,超过 3 cm 显著降低,超过 6 cm 则低于 20%。种子在沙壤中萌发时,沙壤的适宜湿度为 19.35%~28.75%,高于 32.43%或低于 3.85%,很少有种子萌发,含水量分别为 19.36%、10.64% 和 7.68%的种子发芽率无显著差异,在 -10 ℃和 5 ℃下贮藏 7 个月,发芽率也无显著降低,但在室温和 35 ℃下贮藏 7 个月则显著下降,发芽率下降的速度与种子本身的含水量和贮藏温度正相关,在湿度分别为 7.41%、13.79%和 28.57%的沙壤中播种育苗,幼苗死亡率高达 77.49%、81.25%和 89.49%,即使用三唑酮拌种,死亡率亦高达 50.27%、69.53%和 76.03%,幼苗死亡率与土壤湿度正相关。

关键词 矮沙冬青 种子发芽 温度 光照 土壤 贮藏

CHARACTERISTICS OF AMMOPIPTANTHUS NANUS SEED AND FACTORS AFFECTING ITS GERMINATION

YANG Qi-He^{1 2} GE Xue-Jun¹ YE Wan-Hui^{1 *} DENG Xiong¹ and LIAO Fu-Lin²

(1 South China Botanic Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

(2 Jiaying College, Meizhou 514015, China)

Abstract The rare and endangered plant, *Ammopiptanthus nanus* is the only evergreen broad leaved plant in Xinjiang listed as a Category 1 National Protected Plant. It is a xerophytic relict species of the subtropical evergreen forests of the Tertiary and found only in the arid Tarim Basin. Previous studies have examined the anatomical characteristics and drought-resistant mechanisms of this species. In this paper, we examined seed characteristics, including germination in relation to temperature and various light regimes duration of storage, seedling emergence and survival rate in relation to soil moisture content (MC) and seeding soil depth, and effects of a fungicide treatment.

Our results showed that *Ammopiptanthus nanus* seeds were dispersed only short distance from the parent plants due to their morphological characteristics and high predation rates. the seed germination rate reached 38% in seeds stored for 60 d at ambient temperature (AT) of 18 - 32 ℃. The dried and ripened seeds of this plant often had impermeable seed-coats, and only 33.33% of the dried seeds with 7.68% MC absorbed water and swelled up after soaking for 90 h at 30 ℃. Seed germination did not require illumination. Germination percentage (GP) was above 80% when seeds were incubated for 9 d at 15 ℃, 20 ℃, 25 ℃, 30 ℃, 20/30 ℃ and AT, and seeds germinated most quickly at 30 ℃. The seedling emergence rates were greater than 75% when seeds were buried in 1 - 2 cm depth below the surface of sandy soil. Seedling emergence rates decreased with increasing soil depth and were less than 20% at 6 cm soil depth. The most suitable MC of sandy soil for seedling emergence was 19.35% - 28.75%; when soil MC was above 32.43% or below 3.85%, few seedlings emerged. After seed storage for 210 d at 10 ℃ and 5 ℃, MC of 19.36%, 10.64% and 7.68% had no significant effect on GP, but GP decreased significantly at AT and 35 ℃. The decreasing GP rate had a significantly positive correlation with seed MC or storing temperature. When sowing seeds and nursing seedlings in soils of 7.41%, 13.79% and 28.75% MC, the seedling mortality rates were 77.49%, 81.25% and 89.49% respectively. When seeds were treated with triadimefon, mortality rates were still as high as 50.27%, 69.53% and 76.03% in the three soil MC treatments, respectively. The seedling mortality rate had significant positive correlation with sandy soil MC.

Key words *Ammopiptanthus nanus*, Seed germination, Temperature, Illumination, Soil, Storage

矮沙冬青(*Ammopiptanthus nanus*)是亚洲中部荒漠地区特有的常绿阔叶灌木,是地中海退缩、气候旱化过程中幸存的豆科子遗植物。由于自然历史因素和人类活动的影响,其分布区逐渐缩小,个体数量日益减少,处于濒危状态,已列入国家二级保护植物和新疆一级保护植物(王烨,1991;刘玉红等,1996)。在我国主要分布在西天山与昆仑山的结合部,以克孜勒苏柯尔克孜自治州的西部为主,集中在乌恰县,垂直分布海拔1 800~2 800 m。此植物是干旱地区很好的固沙和绿化观赏植物,而且其枝叶入药,具有祛风湿、活血、止痛的功效,因此具有重要的资源价值和经济意义,作为第三纪荒漠区系的残遗成份,它的存在为亚洲中部荒漠植物区系的热带起源学说找到了有力的证据,对于研究豆科植物的系统发育、古植物区系、古地理及第三世纪气候特征,都具有重要的科学意义(王庆锁等,1995)。

目前针对矮沙冬青的保护生物学研究已开展了一些工作,包括种群生态学、繁殖生物学和细胞学等方面的研究(王烨,1991;潘伯荣等,1992;1993;尹林克等,1993;刘玉红等,1996),已有少数学者对种子的形态结构和萌发特点做了初步探讨,但种子的贮藏特性及其在土壤中的萌发行为的研究鲜见报道。本文在前人研究的基础上进一步探索该植物种子的特性及其在土壤中的萌发和出苗状况,探讨其致濒机制,并为深入研究和保护这一珍稀濒危植物提供参考依据。

1 材料和方法

供试矮沙冬青成熟荚果于2002年秋季采自新疆乌恰县。选取健壮饱满、无损伤和无虫害的灰黑色种子进行萌发、贮藏和幼苗生长实验,萌发、贮藏和幼苗生长实验均于室内人工控制条件下进行。萌发和出苗实验每次处理均重复4次,每个重复50粒种子。

1.1 种子形态特性观测

果实采集回来后,先分离出种子,除去杂质,测定种子初始含水量、千粒重和种径。种子含水量测定采用种质库常规测定方法($(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、 (17 ± 1) h的烘箱测定),以鲜重为基础计算含水量;千粒重采用四次平均法,从净种子中随机数取1 000粒种子称重,重复4次;种径是随机测定30粒种子的长度,然后计算平均值。

1.2 种子萌发

实验在光温自动控制的培养箱中进行。温度设

置5、10、15、20、25、30、35、40、20/30 $^\circ\text{C}$ 和室温(18~32 $^\circ\text{C}$);光照设置:12 HL(每日连续12 h光照,光强为3 000~3 500 lx)和24 HL(全黑暗,透气但不透光的三层遮光纸箱中)。萌发实验所采用的种子为室温下风干7 d,萌发基质为0.8%~1%琼脂;胚根伸出且胚根长5 mm以上即视为萌发,实验持续9 d。

1.3 种子出苗率的测定

1.3.1 不同湿度的土壤试验

实验采用高为85 mm,瓶口直径为120 mm的塑料花瓶。温度为室温,光照为室内自然光照。种子分别置于沙层表面下1~8 cm。所用沙壤(1/2细沙+1/2粘土,均用孔径为1 mm的土壤筛过筛,下同)在80 $^\circ\text{C}$ 干燥箱中烘至恒重,后加入蒸馏水,使沙壤湿度达19%~22%,每天称重补充蒸发水分。实验所采用的种子在5 $^\circ\text{C}$ 下贮藏5个月,幼苗露出土面则视为出苗,实验持续14 d。

1.3.2 不同深度的土壤试验

取出在80 $^\circ\text{C}$ 干燥箱中烘至恒重的沙壤50 g置于内径150 mm玻璃培养皿中,分别加2、4、8、12、16、20、24、28、32 g蒸馏水,使湿度为1.96%~35.89%(水重/(土重+水重))。种子置于培养皿底部,在室内自然光照下进行萌发和出苗实验。实验所采用的种子在5 $^\circ\text{C}$ 下贮藏5个月。实验持续9 d。

1.4 种子干燥和贮藏后的发芽力变化

刚采集的新鲜种子含水量为19.36%,在室温下自然风干7 d和在密闭干燥器中无水硅胶脱水7 d(种子与硅胶的重量比为1:25),含水量分别降至10.64%和7.68%。将3种不同含水量的种子在-10 $^\circ\text{C}$ 、5 $^\circ\text{C}$ 、室温(18~32 $^\circ\text{C}$)和35 $^\circ\text{C}$ 的4种温度条件下密封贮存7个月,每隔1个月再测定贮存种子的发芽率。由于干燥后的种子有硬实现象,因此在萌发之前先用50~60 $^\circ\text{C}$ 的温水浸泡6 h。发芽实验均在30 $^\circ\text{C}$ 12 HL条件下进行,实验持续9 d。

1.5 幼苗存活率测定

将沙冬青种子播种在盛有沙壤的高为85 mm,瓶口直径为120 mm的塑料花瓶中,种子置于表面下1~2 cm。补充蒸发水分使沙壤湿度分别控制在7.41%、13.79%和28.57%左右。种子用20%三唑酮(粉锈宁)乳油拌种(按种子重量的0.25%),以不做拌种为对照,比较萌发后9~49 d的幼苗存活率变化。

1.6 发芽率和发芽指数的计算

发芽率(%)=(发芽种子数/试验种子数) $\times$ 100,发芽指数= $\sum$ 逐日发芽种子数/相应发芽日数。

1.7 试验数据分析方法

用 Microsoft Excel 2000 对数据进行方差分析、图表分析,多重比较采用 LSD 检验,采用 $\alpha = 0.05$ 的显著水平。

2 结果和分析

2.1 种子特性

矮沙冬青种子呈扁肾形,种皮革质光滑,子房披针形,长 (5.70 ± 0.18) mm,宽 (4.65 ± 0.14) mm,厚 (1.42 ± 0.10) mm,千粒重(干重)为 (32.77 ± 1.24) g。

室温下贮藏两个月的种子,总体虫害率高达 $38.00\% \pm 4.42\%$ 。种子颜色大致有 3 种:黄绿色、墨绿色和灰黑色。以黄绿色种子最幼嫩,墨绿色次之,灰黑色最成熟。观测发现,3 种不同颜色的种子虫害程度明显不同,黄绿色高达 $92.80\% \pm 4.60\%$,墨绿色为 $44.80\% \pm 4.82\%$,而灰黑色仅为 $17.60\% \pm 5.73\%$ 。种子成熟程度决定种皮硬度,成熟度低则种皮软,易为害虫蛀食。

将 3 种不同含水量的种子置于 30℃ 温水中浸泡,含水量 19.63% 的种子 6 h 后全都吸胀;含水量 10.64% 的种子 6 h 后吸胀率为 $36.67\% \pm 7.02\%$,78 h 后高达 92%;而含水量 7.68% 的种子浸泡 6 h 吸胀率仅为 $12.00\% \pm 4.00\%$,浸泡 90 h 也只有 $33.33\% \pm 10.07\%$,硬实率随含水量不断降低而逐渐升高(图 1)。

2.2 光照和温度对种子萌发的影响

在不同温度时,光照和黑暗条件下矮沙冬青种子发芽率和发芽指数差异不显著,光照对种子萌发无显著影响,表明种子是光中性种子(Non-photoblastic seed)。

矮沙冬青种子在 10~30℃ 恒温和室温下萌发,发芽率均可达 80% 以上且无显著差异。在 25、30、35℃ 和室温时,浸泡 12 h 即有种子萌发,30℃ 时萌发最快,适宜温度下种子集中在萌发开始后的 1~3 d,高于 35℃ 种子霉烂率达 50% 以上(图 2)。室温和 20/30℃ 条件下,发芽率与 15~30℃ 恒温并无显著差异,发芽指数与 20~30℃ 差异亦不显著。故种子能在较宽的温度范围内萌发,变温对萌发并无显著促进作用。

2.3 埋藏深度对种子出苗的影响

土壤埋藏深度对种子出苗率有极显著的影响。在 1~2 cm 时,出苗率可达 75% 以上,深度增加则显

图 1 不同含水量的种子吸水不同时间后吸胀率的变化
Fig.1 Changes of imbibed seed rate after various soaking time
MC:含水量 Moisture content

图 2 光照和温度对沙冬青种子萌发的影响
Fig.2 Effect of light and temperature on seed germination of *Ammopiptanthus nanus*
AT:室温 Ambient temperature

著下降,当深度达 3 cm 时,出苗率降至约 60%,增至 4 cm 以上则降至 50% 以下(图 3)。翻开深层土壤,对未出苗种子进行观察,发现大多数胚根已伸出,但均死亡霉烂。

2.4 土壤湿度对种子出苗的影响

土壤湿度是影响矮沙冬青种子萌发出苗的另一重要环境因素。种子在不同湿度的土壤中萌发时,出苗率和出苗速度存在显著差异。试验表明,矮沙冬青种子萌发的适宜土壤湿度为 19.35%~28.57%,在此湿度范围内,出苗率高且出苗较整齐,低于 19.35% 或高于 28.57% 时种子萌发受到抑制,当土壤湿度高于 32.43% 或低于 3.85% 时,很少有种子出苗(图 4)。

图 3 土壤深度对种子出苗率的影响

Fig.3 Effect of soil depth on seedling emergence rate

图 4 土壤含水量对种子出苗率的影响

Fig.4 Effect of soil moisture content on seedling emergence rate

2.5 干燥贮藏对种子发芽率的影响

含水量不同的 3 种沙冬青种子的发芽率无显著差异,表明种子有很强的脱水耐性,在 -10 ℃和 5 ℃贮藏 7 个月,发芽率并无显著降低,说明矮沙冬青种子是一种正常型种子(Orthodox seeds)。在室温和 35 ℃下贮藏,发芽率随着贮藏时间的延长而不断下降(图 5)。含水量为 19.36% 的种子在室温和 35 ℃贮藏 7 个月,发芽率(G)与贮藏时间(M ,月)之间的回归方程分别为 $G = -6.01M + 90.11$ ($R^2 = 0.92$)和 $G = -13.47M + 82.22$ ($R^2 = 0.96$),含水量 10.64% 种子的回归方程为 $G = -3.90M + 89.33$ ($R^2 = 0.85$)和 $G = -13.03M + 95.78$ ($R^2 = 0.97$),而含水量 7.68% 的种子则为 $G = -3.50M + 89.17$ ($R^2 = 0.86$)和 $G = -7.70M + 91.78$ ($R^2 = 0.95$)。发芽率与贮藏时间(月数)之间存在显著的负相关,斜率越小表示下降的越快。含水量相同的种子,在 35 ℃贮藏时发芽率下降的速率显著大于室温时贮藏($p = 0.01$)。在室温和 35 ℃贮藏,含水量越高则发芽率下降速度也越快,因此发芽率的下降速率与种子本身的含水量和贮藏温度呈显著的正相关。

2.6 土壤湿度对幼苗存活率的影响

矮沙冬青幼苗在土壤中的生长试验表明矮沙冬

青幼苗易烂根而死亡。在湿度为 7.41%、13.79% 和 28.57% 的沙壤中生长时,死亡率分别为 77.49%、81.25% 和 89.49%,即使用三唑酮拌种,死亡率亦高达 50.27%、69.53% 和 76.03%,幼苗死亡率与土壤湿度呈显著的正相关。在湿度为 7.41%、13.79% 和 28.57% 的沙壤中生长的幼苗存活率(S)与播种后天数(D)的回归方程分别为 $S = -16.11D + 119.29$ ($R^2 = 0.99$), $S = -15.81D + 107.68$ ($R^2 = 0.96$), $S = -17.92D + 108.71$ ($R^2 = 0.95$);用三唑酮拌种后,回归方程分别为 $S = -9.32D + 115.28$ ($R^2 = 0.88$), $S = -13.89D + 114.13$ ($R^2 = 0.99$), $S = -14.85D + 115.62$ ($R^2 = 0.99$)。幼苗存活率随湿度增大而降低。此外,还发现根的长度明显大于地上部分,当幼苗在湿度 7.41% 的沙壤中生长时,其根系长度、根和茎的直径明显大于在湿度 13.79% 和 28.57% 沙壤中生长的,但茎长度则刚好相反,因此土壤湿度过大,反而不利于根系生长。用三唑酮拌种,提高了幼苗的存活率,但效果并不是很理想。

图 5 不同贮藏温度对种子萌发的影响

Fig.5 Effect of storing temperature on seed germination percentage (GP) of *Ammopiptanthus nanus* MC: 同图 1 See Fig.1 AT: 同图 2 See Fig.2

3 讨论和结论

矮沙冬青的繁殖方式是种子繁殖。种子虫蛀率

图 6 沙冬青不同播种天数后的幼苗存活率
Fig. 6 Seedling survival rate at different days after sowing of *Ammopiptanthus nanus*
MC 同图 1 See Fig. 1

高 室温贮藏两个月的种子平均虫蛀率为 38% ,成熟度最低的黄绿色种子甚至高达 92% 以上 ,其它一些研究也发现自然生境中未成熟的沙冬青种子虫蛀率达 90% 以上(王焱等 ,1991a ;杨建中 ,2002) ,虫害损伤大量种子 ,因而减少了天然更新的繁殖材料。种皮光滑 ,没有类似其它荒漠植物种子的特有附属物 ,种子粒大且较重 ,不易为动物和风力传播 ,自然情况下只能凭借天然降水形成的地表径流从山坡地带入谷底或河床内 ,极其有限地扩大种群分布的范围 ,这与潘伯荣等(1992)的结论一致。矮沙冬青种子与其它许多豆科植物相似 ,干燥脱水时易形成硬实 ,而其原生分布地区年均降水量仅 13.4 ~ 163.3 mm ,蒸发量却高达 2 564.9 ~ 2 609.6 mm ,在这种干旱的气候中 ,虽有些种子不受虫害或损伤 ,但易脱水形成硬实。

矮沙冬青种子萌发时不需光 ,在 5 ~ 40 ℃ 范围内均有种子萌发 ,种子萌发时对光温具有较广泛的适应性 ;在 20 ~ 30 ℃ 和室温时 ,种子萌发率高且萌发快 ,30 ℃ 时发芽状况最好 ,这也从一个侧面反映了矮沙冬青起源于热带。与其它豆科植物种子一样 ,沙冬青种子萌发时需要吸收较多的水分 ,种子吸水量约达种子干重的 4 倍 ,较高的土壤湿度有利于种子吸胀萌发 ,在沙壤中萌发时 ,沙壤的适宜湿度为 19.35% ~ 28.75% ,但湿度过高 ,超过 32.43% ,易造成土壤中氧气不足 ,发芽率反而下降。矮沙冬青多

生长在干旱的山坡地 ,多砾石、岩石 ,粗砾多裸露地表 ,植被稀疏 ,土壤保水性能差 ,坡度又多在 20° ~ 40° 之间 ,降水极易流失(潘伯荣等 ,1992) ,春季气温适宜 ,但土壤湿度过低 ,夏季月平均降水可达 32.8 mm ,湿度有时可满足发芽条件 ,但此时温度又过高。

矮沙冬青属于子叶出土型植物。种子萌发后 ,下胚轴迅速延长 ,初期曲成弧状 ,子叶出土后逐渐伸直 ,种皮留土或随子叶出土脱落。埋土过深不利于萌发出苗 ,在 1 ~ 2 cm 深的沙壤中 ,出苗率可达 75% 以上 ,超过 3 cm ,出苗率显著降低。在野外发现种子如果直接露在地表或太薄(小于 0.5 cm) ,也不利于出苗 ,主要在于沙层容易风干 ,有些种子胚根露出地面 ,易失水而死亡。种子在土壤中埋得太深 ,可能由于通气不畅导致种子不萌发 ,或者由于储藏物质不足以支持幼苗伸出土表面而窒息死亡 ,也可能因为降雨量太少 ,降水不能渗入下层而使下层土壤湿度过低。而沙漠地区经常发生的风沙运动往往将落地种子掩埋在深层沙壤中 ,导致种子萌发和出苗困难。

矮沙冬青种子是正常型种子 ,含水量由 19% 降低至 8% ,发芽率并无显著下降 ,王焱(1991)发现自然保存 1 年的矮沙冬青种子 ,发芽率为 70% 左右 ,3 年发芽率为 60% ,因此种子耐脱水和贮藏 ,有利于其在恶劣的生境中等待时机而得以萌发 ,这是矮沙冬青对生境的一种适应 ;但在矮沙冬青的自然分布区 ,夏季白天的气温往往高于 35 ℃ ,甚至超过 60 ℃ ,在这些高温条件下种子活力大大降低。

矮沙冬青幼苗不易成活 ,在湿度为 7.41% ~ 28.57% 的沙壤中 ,幼苗死亡率高达 77% ~ 89% ,其它学者也发现矮沙冬青幼苗抗逆性弱 ,易感染根腐病和引起虫害(李叶春 ,1989 ;潘伯荣等 ,1992)。矮沙冬青根系为直根系 ,在生长过程中 ,根的生长速度明显大于地上部分 ;幼苗的存活率随土壤湿度降低而升高 ,这反映了矮沙冬青对沙生环境的适应性 ,但这是人工灌溉条件下的试验结果 ,在新疆荒漠地区 ,表层土壤湿度极低 ,通常低于 5% ,有时甚至为 0 (邓雄等 ,2003) ,干旱的气候导致植物幼苗很难生长。人工播种育苗时 ,应注意土壤湿度 ,土壤湿度过大 ,土壤透气性差 ,幼苗易发生根霉病而腐烂。使用一些豆科植物育苗过程中常用的杀菌剂三唑酮拌种(南志标等 ,2002) ,幼苗存活率有所提高 ,但死亡率仍高达 50% ~ 76% ,尚需进行更深入的研究 ,寻求更有效的方法来防病育苗。

一般说来 ,造成植物濒危的原因有两大方面 ,一

是植物本身的生物学特性,二是外界的因素,即环境胁迫的作用和人类活动的干扰破坏(陈灵芝,1993)。矮沙冬青的种子萌发对沙生环境表现出一定的适应性。种子萌发不需光,萌发的温度范围较广且有较长的寿命,其他学者的研究表明种子萌发和幼苗生长时有较强的耐盐性(王焘等,1991b;李慧卿等,2000),但矮沙冬青种子萌发和出苗也存在着脆弱环节。种子不易传播、高虫害率和硬实率以及幼苗的高死亡率是导致种群更新困难的内在原因。矮沙冬青自然分布区生境的恶劣,特别是干旱的气候条件,很难满足种子发芽和幼苗生长所需的水分,是导致种群衰退的外在环境因素。民间采集其枝叶作药用,砍伐茎枝作薪材,导致在低海拔和靠近居民点的分布数量逐日减少,更是加快了种群的衰退速度。

因此矮沙冬青既是一个自然濒危种,又是一个人为濒危种。对其保护方面,首先应加强就地保护,尽快建立矮沙冬青自然保护区,采取有效的保护措施,防止继续樵采和破坏,严禁砍伐和放牧;注意果实害虫的防治,果熟季节适时采种并贮藏在较适宜的条件下以降低种子硬实率;在条件许可的情况下,逐步配合整地措施,合理利用径流水,采取汇集雨雪水的方法,在合理的季节人工播种造林,注意防治根腐病提高幼苗存活率,从而增加原产地矮沙冬青的种群数量。此外,还应进行迁地保护的研究,积极开展繁殖试验和引种驯化,利用已掌握的育苗技术保育一定数量的苗木,这为今后更广泛地开展生理、生态、遗传、经济等方面研究提供了材料,也为进一步人工栽培及扩大繁殖系数奠定了基础。

参 考 文 献

Chen, L. Z. (陈灵芝). 1993. The state of biodiversity in China and conservation strategy. Beijing: Science Press. (in Chinese)
Deng, X. (邓雄), X. M. Li (李小明), X. M. Zhang (张希明), W. H. Ye (叶万辉), F. Andrea & R. Michael. 2003. Studies on gas exchange of *Tamarix ramosissima* Lbd. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **23**: 180 ~ 187. (in Chinese with

English abstract)
Li, H. Q. (李慧卿), W. Y. Ma (马文元) & H. Y. Li (李慧勇). 2000. The resistant capability and prospects of *Ammopiptanthus*. World Forestry Research (世界林业研究), **13**(5): 67 ~ 71. (in Chinese with English abstract)
Li, Y. C. (李叶春). 1989. Report of investigation research on evergreen shrub *Ammopiptanthus nanus*. Journal of Xinjiang Forestry Science and Technology (新疆林业科技), **1**: 55 ~ 58. (in Chinese)
Liu, Y. H. (刘玉红), S. M. Wang(王善敏) & H. S. Wang (王荷生). 1996. A study on the chromosomal geography of *Ammopiptanthus* genus. Geographical Research (地理研究), **15**(4): 40 ~ 47. (in Chinese with English abstract)
Nan, Z. B. (南志标), G. Z. Ge(葛高祖) & C. J. Li (李春杰). 2002. Effect of pesticides on field controlling root rot of *Vicia faba*. Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报), **13**: 943 ~ 947. (in Chinese with English abstract)
Pan, B. R. (潘伯荣), Q. L. Yu (余其立) & C. Yan (严成). 1992. Study for the ecological environment and vulnerable reasons of the *Ammopiptanthus nanus*. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica (植物生态学与地植物学报), **16**: 276 ~ 282. (in Chinese with English abstract)
Pan, B. R. (潘伯荣) & S. F. Huang (黄少甫). 1993. A cytological study of the genus *Ammopiptanthus*. Acta Botanica Sinica (植物学报), **35**: 314 ~ 317. (in Chinese with English abstract)
Wang, Q. S. (王庆锁), Y. Li (李勇) & L. Z. Zhang(张灵芝). 1995. General situation of research on rare and endangered *Ammopiptanthus* plant. Chinese Biodiversity (生物多样性), **3**: 153 ~ 156. (in Chinese with English abstract)
Wang, Y. (王焘), L. K. Yin(尹林克) & B. R. Pan (潘伯荣). 1991a. Primary study on characteristics of *Ammopiptanthus* genus seeds. Arid Zone Research(干旱区研究), **2**: 12 ~ 16. (in Chinese with English abstract)
Wang, Y. (王焘) & L. K. Yin (尹林克). 1991b. Determination of salt-tolerance of two *Ammopiptanthus* plants. Arid Zone Research(干旱区研究), **2**: 20 ~ 22. (in Chinese with English abstract)
Wang, Y. (王焘). 1991. The seed characteristics of 14 species of the rare and nearly extinct desert plants. Seed(种子), **3**: 23 ~ 26. (in Chinese with English abstract)
Yang, J. Z. (杨建中). 2002. Study on distribution, conservation and utilization of *Ammopiptanthus nanus* in Kezhou. Xinjiang Forestry (新疆林业), **3**: 44. (in Chinese with English abstract)
Yin, L. K. (尹林克) & Y. Wang(王焘). 1993. Preliminary study on the phenological characteristics of *Ammopiptanthus* during flowering period. Chinese Bulletin of Botany(植物学通报), **10** (2): 54 ~ 56. (in Chinese with English abstract)