

# 白刺沙丘活化机理初探<sup>\*</sup>

李强民<sup>1</sup>, 肖斌<sup>2</sup>

(1. 景泰县林业局, 甘肃 景泰 730400; 2. 甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**从民勤不同类型白刺沙包的植被、土壤水分、结皮等特征方面,初步研究了白刺沙丘活化的机理。结果表明:在防护林内白刺沙包无论是植被状况、水分条件如何,沙丘均处于固定状态,而绿洲外围处于丘间地迎风面暴露表面积较大或丘间地孤立沙丘活化程度高,相对高度大的沙丘活化程度也高,低缓或密集沙丘群沙丘则较小。不同类型白刺沙丘土壤水分存在一定的差异性,同一类型沙丘水分在不同季节也表现出一定的差异性。不同类型白刺沙包植被生长状况差别也较大,主要表现在植被盖度、新梢生长量和枯梢率上。综合分析认为,沙丘固定等导致的土壤水分平衡失调、植被衰退、风蚀作用加剧、结皮破坏是白刺沙丘活化的重要因素之一,沙丘高度及所处位置也影响了沙丘的活化及程度。

**关键词:**白刺沙包;水分;植被;活化机理

**中图分类号:**S727

白刺属蒺藜科(*Zygophyllaceae*)白刺属(*Nitraria* L.)旱生灌木,抗旱、耐寒,为多分枝,耐盐喜潜水的多年生低矮灌木。白刺属在民勤县有5个种,其中唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)数量最多,是白刺属天然林中最为常见的一种。白刺具有耐沙埋、枝条萌生不定根和新枝的特性,随沙埋时间的持续,流沙在白刺植株周围堆积,沙丘会不断增高,白刺密度逐渐增加,最终形成不同大小的白刺灌丛沙包。由于白刺的这一特性,它能够很好的阻止流沙前移,防治土地沙化,是植物固沙中难得的优良材料之一。甘肃民勤分布有白刺天然林7.3万km<sup>2</sup>,在天然灌木林中占有比例最大,为31.5%,因此,白刺在民勤天然防沙治沙中发挥着至关重要的作用。

白刺属于深根性植物,根系发达,垂直根系可达10m,侧根也极为发达,主要通过吸收地下水 and 大气降水进行生长。然而近些年来,随着人类活动的过度的干预,尤其是对地下水资源的过度开发利用,导致地下水位持续下降,而民勤降水稀少,白刺沙包在固定后,表层结皮对降水产生了一定的阻隔效应,沙包对降水的吸收减弱,白刺因为水分条件失衡等原因出现了不同程度的衰退现象,固定沙丘重新活化,流沙四起,时刻威胁着绿洲的生存与发展。有关白刺方面的研究已有很多报道,从种子育苗、扦插造林、组织培养、光合生理生态、开发利用等方面进行了详细的研究<sup>[1-11]</sup>,然而针对目前由于水分亏缺等

原因导致的沙丘活化机理方面的研究报道很少。因此通过土壤水分、植被、结皮等特征的调查分析,探讨白刺沙包活化机理,找出白刺沙丘活化的真正原因,为合理治理活化沙丘提供有力的科学依据,促进白刺沙丘植被恢复,使其稳定发挥防风固沙作用。

## 1 研究区概况及方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于甘肃河西走廊东部石羊河下游的民勤县西沙窝,东经103°58',北纬38°34',海拔约1180~1500m。本区气候干旱少雨,蒸发强烈,属于典型的大陆干旱荒漠气候。年均降水量110mm,日降水量≥0.1mm的日数平均为36天,连续降水日数不超过2天,而且全年降水不均匀,变率大,多集中于在7、8、9三个月,平均降水量92.8mm,占年均降水量的73%。年均蒸发量2644mm,是降水量的24倍,5~6月蒸发最剧烈,月平均可达382.6mm,占全年的16%。年均温度7.4℃,最热7月,平均气温22.4℃,最冷1月,平均气温-10.3℃,平均年较差达32.7℃,极端气温年较差为62.4℃,极端最高气温38.1℃,极端最低气温-28.8℃,年平均日较差15.9℃,最剧烈可达28.3℃,≥10℃积温为3248.8℃。全年风沙日可达83d,多集中在2~5月份,年均风速2.5m/s,最大风速为23.0m/s。土壤类型主要有

灰棕荒漠土及风沙土,肥力很差,含盐量 0.146%,有机质为 0.1975%,全氮 0.0079%,全磷 0.116%,pH 值为 7.5~8。地下水埋深 18~25m。植被稀疏,类型单一,植被主要以天然白刺、红柳、沙拐枣及人工梭梭林为主。

## 1.2 调查方法

在民勤治沙生植物园附近选择处于不同发育时期的典型白刺沙丘 6 个,在春季、夏季以及秋季降雨

数天后分别测定不同类型白刺沙包的土壤水分,从 10cm 开始到 200cm,每 20cm 深测定一次水分,共计 10 层。同时对周围的环境进行调查,包括沙丘周围有无防护林带,地表有无结皮、结皮厚度以及沙包风蚀情况。在秋季进行植被等相关指标的测定,包括白刺沙包结皮厚度、植被盖度、枯梢率、覆盖率、新梢长度以及其他植被类型等进行全面调查。白刺沙包样地类型及特征见表 1。

表 1 不同类型白刺沙丘特征

类型	沙丘特点	植被特点	防护体系及特征
类型 I	沙丘固定,沙丘成片结皮完整,发黑	白刺完全衰退,仅有个别残枝存活	有密集完善防护林
类型 II	孤立固定沙包,迎风面风蚀严重	白刺生长较差,大部分枯梢	无防护林
类型 III	有积沙,无结皮	白刺生长旺盛,盖度高	背风面有防风固沙林
类型 IV	活化沙丘,无结皮,风蚀严重	白刺根系外露,盖度很低	无防护林
类型 V	沙丘固定,结皮完整	白刺中度衰退,生长中等	两层防护林
类型 VI	固定沙丘,有结皮	白刺稀疏、衰退	单层的防护林

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型白刺沙丘植被特征

从表 2 可以看出,不同类型白刺沙包在植被特征上表现出明显的差异性,其中以沙埋白刺沙包上的白刺生长最为旺盛,植被盖度大,新梢生长量也长,丘间低地固定沙丘白刺和防护林体系密集在白刺沙包衰退最为严重,白刺植被枯梢率高,植被盖度及新梢也最小,有的甚至完全死亡。而处于活化和防护林体系单一的白刺沙包,白刺生衰退处于中等状态。从演替角度来说,处于演替前期阶段的白刺地表没有结皮,而且有沙埋现象,此时沙丘对水分利

用率高,处于不断旺盛生长阶段,白刺沙包也逐渐在增高,加大,处于稳定类型,而处于演化中后期,白刺沙包表面开始形成结皮,对降水利用效率下降,白刺植被开始衰退,最终干枯死亡,白刺对于沙包的防风效应消失,白刺固定沙包开始活化。处于不同类型白刺沙包的其他植被类型也不一样,处于生长中等白刺沙包其他植被类型种类最多,处于演化中后期植被较少,到沙丘基本处于活化状态时,植被类型又有增加,主要有沙米 (*Agriophyllum squarrosum*)、黄花补血草 (*Limonium aureum*) 和白茎盐生草 (*Halogeton arachnoideus*)。其中画眉草 (*Eragrostis pilosa*) 是沙丘固定后一种常见的禾本科植物种类。

表 2 不同退化类型白刺沙包植物及地表特征

类型	白刺高度 (cm)	枯梢率 (%)	植被盖度 (%)	新梢长度 (cm)	其他植被
类型 I	15.17	95	10.25	1.7	砂蓝刺头、黄花补血草、画眉草
类型 II	25.31	85%	40.63	3.02	白茎盐生草
类型 III	48.67	3.26	96.8	31.25	黄花补血草、沙米、猪毛菜
类型 IV	25.25	80.54	25.38	5.4	沙米、五星蒿、黄花补血草
类型 V	37	22.55	95.36	8.2	白茎盐生草、五星蒿、黄花补血草、画眉草
类型 VI	12.75	70.22	8.56	4.25	画眉草、黄花补血草

### 2.2 不同地理位置白刺沙包特征

从调查的初步结果来看,在防护林内即使白刺已经衰退死亡,但白刺沙包仍处于固定状态,而绿洲外围白刺沙包白刺开始衰退,沙丘就会出现不同程度的活化现象,尤其是丘间地一些孤立的沙丘最为明显,而伴有流沙掩埋的一些年龄较小的白刺却能够旺盛生长。因此从白刺沙包所处的位置来说,防护林体系内白刺沙包不易活化,而处于绿洲外围孤

立的沙包容易活化。丘间低地孤立沙丘植被开始衰退,白刺沙包就有逐渐活化的趋势,而且一旦沙丘活化,植被又会遭受风蚀,根系外露,白刺沙包逐渐变小,直至沙包被风化、消亡。防护林密集在白刺沙包即使白刺全部死亡,沙丘仍处于固定状态,主要是防护林降低了风速的作用。表 3 为不同位置白刺沙包活化程度及特征,防护林内白刺沙包活化程度最低,防护林外围白刺沙包群活化程度剧中,丘间低地则

最高。从地表特征来看,防护林内基本都有结皮,厚度大;丘间低地的白刺沙包结皮逐渐开始破坏,厚度递减;白刺沙丘群基本处于风蚀与积沙并存的阶段,在迎风坡有风蚀,背风坡有积沙。

表 3 不同位置白刺沙包活化程度及特征

白刺包位置	活化程度(%)	结皮平均厚度(cm)	地表特征
防护林内	0~5	1.75	全部有结皮,厚度和颜色随防护体系而不同
丘间低地	50~75	1.55	丘间地孤立沙丘结皮破坏严重,两侧白刺沙包表面也有不同程度风蚀
白刺沙丘群	40~60	0.21	处于发育前期白刺无结皮,在迎风坡有风蚀,背风坡有积沙。靠迎风坡前中部有结皮,背风坡没有

2.3 不同类型白刺沙包土壤平均含水率及月变率

从表 4 可以看出,不同类型不同位置的白刺沙包水分表现出很大的差异性,从总体趋势来看,5 月份,丘间低地孤立白刺沙包水分最低,其次依次为严重退化白刺沙包、严重活化白刺沙包、生长中等白刺、稀疏固定的白刺沙包,最大为有积沙覆盖、生长旺盛白刺。孤立白刺沙包四周没有障碍物,沙丘四周由于风的作用和阳光照射,蒸发量大,所以土壤含水量很低。而生长旺盛白刺沙包由于地表没有结皮,降水很容易下渗,水分条件相对较好。

而衰退严重,稀疏地白刺四周有白刺沙包群,一是由于植物稀疏,蒸腾作用小,二是四周白刺会影响

该白刺沙包的水分。而其他类型均处在中间类型,因此不同立交条件,不同类型沙包土壤含水量是存在一定差异的。从三个季度来说,三个季度土壤水分基本表现出相似的规律性,9 月份土层土壤含水率急剧增加,这与秋季降水直接有关。从水分增减率来看,7 月份有积沙白刺沙包水分增加最多,防护林内严重退化类型呈负增长,其他具有小幅增加。到 9 月份孤立衰败白刺沙包水分增长最快,其次是严重活化沙丘,最小的是白刺稀疏沙包。从三个月平均土壤含水率排序来看,有积沙白刺沙包水分条件最好,其次依次是沙丘严重活化白刺沙包、生长中等白刺、稀疏退化白刺、有防护林且白刺退化严重沙包,最后是孤立白刺沙包。

表 4 不同月份土壤平均平均含水率及变率

类型	5月平均 含水率(%)	7月平均 含水率(%)	9月平均 含水率(%)	7月增 减率(%)	9月增 减率(%)	土壤水 分排序
类型 I	1.48	1.45	1.97	-1.83	35.67	5
类型 II	0.98	1.03	1.71	4.93	65.53	6
类型 III	1.74	1.94	2.63	11.47	35.65	1
类型 IV	1.52	1.60	2.40	5.46	49.58	2
类型 V	1.54	1.57	2.01	2.03	27.87	4
类型 VI	1.65	1.74	2.04	5.57	16.85	3

注:增减率为相对于前一个月份的。

2.4 不同类型白刺沙包土壤水分季节变化特征

在干旱区,土壤水分是植被得以生存最基本的条件之一,随着地下水位的下降,地下水逐渐变的很难被植物所吸收利用,只能靠获取有效的降水来完成生长过程。民勤气候干旱少雨,且降雨主要集中在每年的 7、8、9 月份,因此在春夏季,白刺主要利用土壤水分和凝结水分来满足植物生长所需得水分,到降雨季节,大气降水才能够被植物所利用。

图 1 为不同类型白刺沙包在春、夏和秋季(雨季结束后)的土壤含水量。从图中可以看出,不同类型的白刺沙包在不同的季节土壤含水率表现出一定的规律性,在 5 月和 7 月份,白刺沙包土壤含水率最高值出现在 20~60cm 之间的土层中,9 月份则出现在 20cm 左右的土层中,这与降水的季节分配有

很大关系。9 月份不同类型白刺沙包各层土壤含水率有增加的趋势,尤其对 0~40cm 深度的土壤含水量影响较大,而且不同类型的沙丘表现出相似性。从 40cm 以下深度的土壤含水率来看,三个月基本接近,土壤水分 9 月份为比 5 月和 7 月稍高,说明降水对土壤水分补给有一定的作用。从沙丘类型上来说,降水对退化严重但已固定的沙丘、孤立的白刺沙包、白刺稀疏的固定沙包土壤水分补给较好,其他三种类型除表层,补给量都较小,这与白刺自身生长消耗水分有关,重度活化沙丘由于沙面活动,蒸发强烈,对深层水分补充有限,而生长中等的白刺和旺盛生长的白刺由于自身枝叶繁茂,蒸腾作用消耗的水分就较多,在表层因枝叶的遮荫作用,可以防止土壤水分因蒸发的消耗,土壤含水量相对较大。

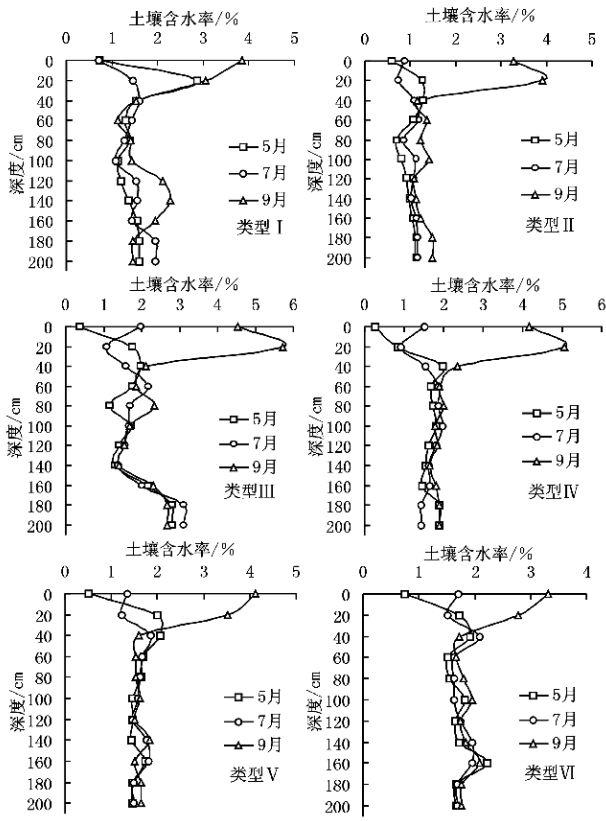


图1 不同类型白刺沙包土壤水分季节变化特征

### 3 讨论与结论

不同类型白刺沙包水分特征, 植被特征存在明显的差异, 而且处于不同地理位置白刺沙包植被衰退和沙丘活化程度不相一致。从白刺沙包所处的位置来说, 防护林内白刺沙包无论植被、水分条件如何, 白刺沙包均处于固定状态, 说明防护林对防治白刺固定沙包活化发挥了积极的作用, 其主要原因是由于防护林体系的存在, 促进了白刺沙包结皮的形成, 而结皮的形成制约了水分的吸收, 最终导致白刺沙包退化, 但是防护林体系的存在降低了风速, 减小了风蚀作用, 白刺即使全部死亡, 沙丘仍处于固定状态。因此在防护林内白刺沙包一旦固定, 白刺植被基本上呈退化状态, 而且防护林体系越完整, 白刺退化现象越严重。在绿洲外围的孤立的白刺沙包水分条件差、植被明显退化。在一些靠近绿洲边缘有积沙的白刺沙包生长旺盛, 无论是新梢长度, 还是覆盖率都很高, 因此被沙埋白刺对降水有很好的吸收作用, 能够补给土壤水分, 促进植物旺盛生长。

自然植被的土壤水分主要来源是大气降水, 所以, 其变化随着降水的年变化而变化。一般是雨季末土壤含水量最高, 旱季末最低。从同一时间来不同类型白刺沙包看, 5月份丘间低地孤立白刺沙包

水分最低, 其次依次为严重退化白刺沙包、严重活化白刺沙包、生长中等白刺、稀疏固定的白刺沙包, 最大为有积沙旺盛生长白刺。以后土壤水分随降水而有不同程度的增减, 同一沙丘从不同时间来说, 9月份沙丘不同层次的水分均表现处增加的趋势, 而且是0~40cm表现的最为突出, 这与秋季雨季有关, 民勤降水集中, 主要集中于7、8、9月份, 降水对浅层土壤水分补给量较大。从水分增减率来看, 7月份有积沙白刺沙包水分增加最多, 防护林内严重退化类型呈负增长, 其他具有小幅增加。到9月份孤立衰败白刺沙包水分增长最快, 其次是严重活化沙丘, 最小的是白刺稀疏沙包。

通过综合分析认为, 不同类型的白刺沙包植被生长状况、水分特征等差别较大。沙丘固定等导致的土壤水分平衡失调, 植被衰退, 风蚀作用加剧, 结皮破坏是白刺沙包活化的重要因素之一。孤立沙丘水分条件较差, 主要是由于沙丘四周与阳光、风接触面积大, 水分易于蒸发, 这与石莎对不同地形条件对沙漠植物生长和沙地土壤水分的影响研究相吻合<sup>[12]</sup>。

在研究的过程中发现由于白刺所处的位置和周围的环境条件的差异, 白刺土壤水分特征, 植被生长状况等表现出一定的差异性, 同时由于难以找到理想的白刺类型作为试验对象, 对试验结果准确度难以把握。今后要加强沙丘活化原因及治理措施的研究工作, 通过研究和试验示范, 能够从根本上解决白刺活化的问题, 使白刺能够更好的发挥防护作用, 保护绿洲生态环境, 促进绿洲的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 刘建泉. 甘肃民勤西沙窝唐古特白刺群落的生态特性[J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(3): 15-17.
- [2] 张红晓, 康向阳. 白刺组织培养技术的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 56-64.
- [3] 任瑶, 陶玲. 甘肃省白刺属植物的数量分类研究[J]. 西北植物学报 2003, 23(4): 572-576.
- [4] 邢尚军, 张建锋, 郝金标. 白刺造林对重盐碱地的改良效果[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(6): 18-21.
- [5] 赵克昌. 白刺属灌木在黄土丘陵区荒山造林试验[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(4): 74-79.
- [6] 李清河, 张景波, 李慧卿, 等. 不同种源白刺幼苗生理生长对水分梯度的响应差异[J]. 林业科学, 2008, 44(1): 52-56.
- [7] 何炎红, 郭连生, 田有亮. 白刺叶不同水分状况下光合速率及其叶绿素荧光特性的研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(11): 2226-2233.

.....

(上接第 162 页)

- [8] 徐先英,孙保平,丁国栋,等. 干旱荒漠区典型固沙灌木液流动态变化及其对环境因子的响应[J]. 生态学报,2008,28(3):895-905.
- [9] 于春堂,慈龙骏,杨晓晖,等. 基于样带的唐古特白刺灌丛沙包空间格局尺度研究[J]. 生态科学,2007,26(5):394-400.
- [10] 杜建会,严平,俄有浩. 甘肃民勤不同演化阶段白刺

灌丛沙堆分布格局及特征[J]. 生态学,2007,26(8):1165-1170.

- [11] 王凌云,丁晨旭,王洪伦,等. 唐古特白刺果实多糖的提取工艺研究[J]. 食品科学,2008,29,(3):233-236.
- [12] 石莎,冯金朝,邹学勇. 不同地形条件对沙漠植物生长和沙地土壤水分的影响[J]. 干旱区地理,2007,30(6):845-851.