

中国科学院綜合考察委員会資料

編 号:

密 級:

中国科学院治沙队1962年科学研究总结会议文件

植物直接固定榆林流动沙丘的研究



执笔人： 李滨生

（北京林学院）

1963·1 17

目 录

前言

- 一、流动沙丘的风蚀和沙埋对植物成活和生长的影响
- 二、流动沙丘的森林植物条件及造林部位的选择
- 三、榆林流动沙丘造林树种的选择
- 四、植物直接固沙方法
- 五、简短结论

植物直接固定榆林流动沙丘的研究

榆林专区的沙地，約有2200万亩，其中39.3%是流动沙地。

榆林属草原气候带，年降雨量400毫米左右，无霜期130—150天，有适于发展农牧业的自然条件是我国重要的农牧业生产基地。由于近百年来，草原的破坏，流沙面积日漸扩大，解放后，在党和政府的领导下，广大群众积极地开展了广泛的固沙造林活动，但流沙仍然在威胁着人民生活 and 整个国民經济的发展。这里治理流沙的任务是迫切的。

过去，治理流沙比較成功的方法是在机械沙障的保护下造林种草。这种成本比較昂貴的綜合固沙法，对于固定有限面积的軍要国民經济对象（铁路、村庄），无疑是可行的。但是它不能滿足大面积流沙地造林的要求。不用沙障保护，进行植物直接固沙的研究，无疑在国民經济上具有重要意义。

国内外有不少文献介紹植物直接固沙的方法。但在植物直接固沙的理論和技术方面还比較缺少系統的研究。

在自然条件比較恶劣的流动沙丘条件下，不扎沙障，又要得到比較滿意的造林成效，就必须研究制約流动沙丘植物生活环境条件以及植物和流沙生境条件的相互关系，沒有这些对流沙上植物生活全部規律性的認識是达不到植物固沙預期效果的。

本文着重研究榆林流动沙丘的森林植物条件，风蝕沙埋对乔灌木树种成活和生长的影响，用植物直接固沙方法等問題。

参加本題目研究工作的还有北京林学院的刘海濤同志，本文除了利用我們自己的研究資料外，还使用了由我指导的研究生周士威、張光林、陈世雄、鄧受益以及大学生常黑林、苏新琴、袁振东、李书卷等同志的調查資料，並参考了植物直接固沙方面有关的文献写成的。研究工作得到中国科学院治沙队、榆林专区林业試驗站、中国林业科学院治沙組的协作和帮

助，謹致以深厚謝意。

一、流动沙丘的风蝕和沙埋对植物成活和生长的影响

流动沙丘最本质的特征是它的流动性。榆林流动沙丘的移动方式是往复前进式的。根据榆林治沙試驗站风沙移动规律的观测资料，沙丘每年前进1—2米。迎风坡风蝕的深度达30余厘米，背风坡基部沙埋20—30厘米。由于这样剧烈的风蝕，常常是沙丘造林成活率低和生长不良的主要原因。别尔别克曾試驗过强风对植物生长率的影响，他証明，在风速每秒十米的条件下，树木的增长率比风速每秒5米的条件下小一倍，比平靜无风的条件下小3倍。齐藤孝藏认为在强风时，林木生理的危害是由于在土壤水分强烈蒸发，使地温下降的同时，树体本身也因为强烈蒸騰使体温下降，根的吸收作用衰退了，特别是对三要素之中的氮素吸收緩慢了，叶綠素消失了，因此常常使迎风面的树叶变紅。在沙丘上植物所受的风害要比一般土壤上植物所受的危害剧烈得多，因为沙丘的植物除了地上部分要受风害之外，还要遭受风蝕暴根的損害。

我們为了研究植物沙暴的生理机制，测定了反映植物水分生理变化的根吸水量、叶的渗透压、蒸騰强度。为了解裸根植物体内营养物质的积累和轉化的过程，分析了叶的营养成分（糖、蛋白質、叶綠素等成分的含量）。

用伤流法测定了裸根植物与未裸根植物的吸水量。发现同齡的3年生白沙蒿因风蝕裸根10厘米的比未受风蝕的夜間吸水量减少73.6%。同齡3年生花棒因风蝕裸根7厘米的比未风蝕的夜間根吸水量减少99.75%（見表1）。

风蚀对植物根吸水力的影响

表 1

测定项目	高生长 (厘米)	莖 (厘米)	冠 幅 (厘米)	根 系 重 (克)	地上干 物质量 (克)	夜間12 小时根吸 水量 (克)	以未风蚀 的为100 的比值
3年生白沙蒿	19	0.40	20×13	0.750	2.051	96.5	100
风蚀10厘米 3年生白沙蒿	19	0.45	27×27	1.597	3.727	36.5	26.4
3年生花棒	48.5	0.30	50×50	1.032	2.940	190.0	100
风蚀7厘米 3年生花棒	9	0.30	12×10	0.874	0.271	7.5	0.25

用质壁分离法计算得出，受风蚀植株叶细胞原生质的渗透压有大为提高的现象。未受风蚀的花棒上部叶细胞原生质的渗透压为13.4大气压，而风蚀的花棒叶细胞原生质的渗透压为16.8大气压。由于裸根后植株吸水量的减少，叶原生质渗透压的提高，也导致植物蒸腾作用的减低。根据我们的测定受风蚀的沙蒿比未受风蚀的沙蒿蒸腾强度减低16%，花棒减低12.2%（见表2）。

风蚀对植物蒸腾的影响

表 2

测定时间	3年生白沙蒿 每分钟蒸 腾值 毫克/克 (鲜重)	3年生风蚀 12厘米白 沙蒿每分钟 蒸腾值 毫克/克 (鲜重)	测定时间	3年生花棒 每分钟蒸腾 值 毫克/克 (鲜重)	3年生风蚀 花棒每分钟 蒸腾值 毫克/克 (鲜重)	备 註
6月5日7点	18.74	17.46	7月24日7点	49.51	87.72	用伊万诺夫称量法
8月5日10点	91.79	53.82	8月5日11点	55.55	52.77	
8月5日15点	27.39	40.40	8月11日11点	47.54	23.32	
8月13日7点	14.95	11.74	8月24日10点	46.87	11.11	
平均	38.21	32.10	平均	49.86	43.73	
比值	100%	84%	比值	100%	87.8%	

叶細胞原生質滲透壓的提高是由于受风蝕的植株叶細胞里滲透活性物質积累的緣故。这一点由植物叶成分分析資料得到了証明，由表(3)上可以看出风蝕的植株单糖和总糖的含量比未受风蝕的增多了，但总氮和粗蛋白質減少了，叶綠素的含量也減少了，叶成分里单糖含量增高而蛋白質減少无疑是說明植物受风蝕后，沒有进行合成而水解过程加强了。

风蝕植物叶成分的測定

表3

測定項目	叶綠素 %	单糖 %	双糖 %	总糖 %	粗蛋白質 %	总氮 %
白沙蒿	—	0.234	0.087	0.321	17.690	2.83
风蝕白沙蒿	—	0.380	0.863	1.243	13.060	2.09
花棒	24.238	2.252	0.426	2.678	12.750	2.04
风蝕花棒	13.607	3.394	0.179	3.578	8.125	1.30

这种生理变化与植物受旱害时的生理現象是一致的。西隆江在研究旱害生理时指出“水分不足时植物的受害，首先是由于它的生物化学活动受到了破坏，他写道“干旱条件下，植物生理机能破坏(光合作用微弱，滲透压和吸水压提高等等基本原因，乃是水解过程的过度加强和植物合成能力的丧失”。我們研究植物风蝕生理的現象时，所見到的滲透压的提高和水解过程的加强等情况，說明风蝕造成植物死亡的生理本质正是与风害的后果，由风蝕所产生的旱害有不可分割的联系。

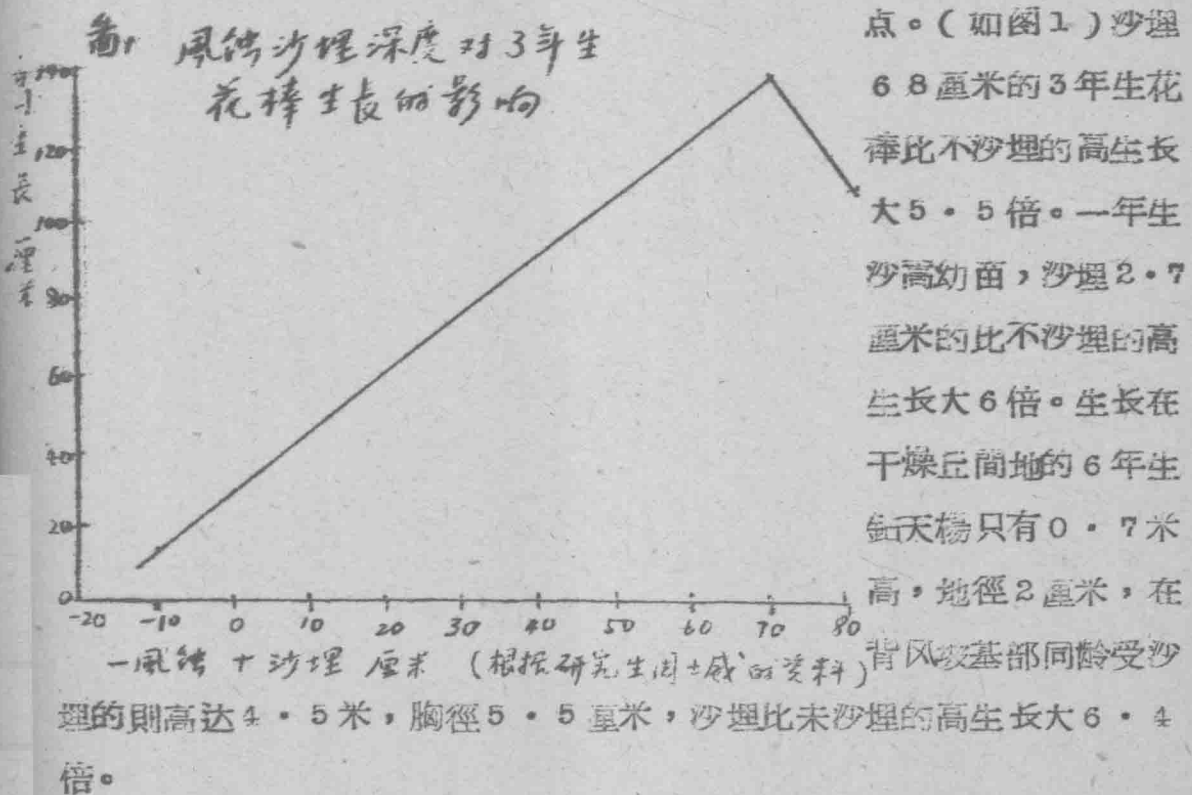
风蝕后，植物体的新陳代謝过程趋向于分解过程，而它的外部表現就是植物生长的停滞和逐漸的死亡。

我們对3年生花棒曾进行了人工风蝕的試驗，証明当风蝕20厘米以后，裸露出較多須根系时，新枝生长就开始停止，风蝕40厘米，主根大部外露以后，小叶开始枯黃，植物涉近于死亡。

风蝕不仅由裸根而导致植物生理的旱害，而更甚于一般的旱害的是伴随风蝕而来的机械損害(刮裂叶片、扭断根徑等)。例如，高生长只有3—5厘米的沙蒿，根系长30—50厘米，所能忍受的临界风蝕深度不超

过15厘米。沙蒿幼苗的死亡，除了风蚀对生理的危害之外，机械危害也是一个重要原因。一般2年生沙蒿幼苗在地下13厘米处的根茎粗为0.2毫米，只需10克的重力就可拉断，在野外的观察证明：风蚀后能在沙面上保存的植株的根径粗一般都在0.25毫米以上，小于0.25毫米过细的根径上多数是无头的（研究生 张光林）。

从上述研究资料可以证明风蚀对植物生长是不利的，严重的甚至会死亡。但沙埋对植物的生长和风蚀完全不同。根据我们对不同深度沙埋的沙蒿、花棒、旱柳、小叶杨的调查资料证明，一定程度的沙埋能促进植物生长。由图可以看出，沙埋只要不超过花棒高生长的 $\frac{1}{2}$ 有愈埋生长愈旺的特点。（如图1）沙埋



沙埋所以能促进植物生长其主要原因是上述沙生灌木和某些阔叶乔木（钻天杨、旱柳、小叶杨等）在复沙以后能萌发大量的不定根。基本上可以看出这样的规律性，被沙埋的植物，在沙埋层内，萌发的根数和沙埋的深度成正相关，沙埋愈厚不定根的总量也愈多（见表4）。此外沙埋后水

分、养分条件也变得适宜，有利于植物生长也是一个重要原因。因为，沉积的沙粒多是細粒的，沙地持水量增大，而且沙埋处也非常疏松，通气性良好。

毫无疑问，过度的沙埋对植物生长也是不利的。

沙埋深度和沙柳地上部分及根系生长情况

表4

灵武沙地、立地条件地下水0.8米新月形沙丘鏈的湿润丘間地

沙埋(厘米)	树高(厘米)	新梢(厘米)	地徑(厘米)	丛幅(平方米)	沙埋层内发根情况			备註
					根数	最大根长(厘米)	最大根粗(厘米)	
140	290	46.6	2.5	18.65	247	68	0.42	5株平均 挖根3株
105	258	32.6	1.7	30.60	168	143	0.27	"
38	245	35.0	1.1	11.80	107	36.5	0.18	"
0	198	24.8	0.87	2.56	—	—	—	6株平均

調查日期: 62年8月8日 56年造林 調查人: 袁振东 李书卷

M. II. 彼得洛夫认为沙埋时期影响很大，如果植物是在夏季干燥时期被沙埋，植物可能很快的死亡，但在春季沙埋，可以为植物在复埋部分生长不定根，創造良好的条件，有了这种不定根就可以增加植物养分的供应和促进植物生长，他指出在流沙地里种植植物时，应当防止植物全部被埋或沙暴。

根据我們的調查，在草原地带，对于大多数沙生灌木來說，沙埋深度不应该超过灌丛的 $\frac{1}{2}$ 。因为植物体要依靠地上部分的叶(某些沙生植物的嫩枝)进行光合作用，如果过度沙埋积累养分的部分就要减少，因而就会影响生长。对乔木树种來說虽然树干是不怕沙埋的，但为了取得用材，大

部分由于成埋也是不利的。

根据我們人工沙埋的試驗，在炎热的夏季虽然没有全埋，但过度沙埋也会造成植物的死亡。例如：在背风坡露出地面高31厘米的3年生花棒人工沙埋大部分，只露出5厘米，被埋的枝叶3天就凋萎了，經18天露出的頂部也全部枯干。由此可見过度沙埋也能造成植物的死亡。

根据上述风蝕和沙埋的研究，可以看出风蝕对植物的危害，风蝕除了对植物机械損害之外，还是导致植物体新陳代謝过程破坏的根本原因，伴隨风蝕裸根而来的是植物生理的旱害，勿須全部裸根，只須露出大部分根系植物就会死亡。为了使沙丘上的植物正常的生长发育，必須防止风蝕。为了促进植物生长，應該創造适当沙埋的条件。

另外，由上述的研究也可以得出这样結論：在流动沙丘造林一般地提出防止风蝕沙埋的原則是不恰当的，應該是防风蝕而促进适当的沙埋，这一观点应成为指导制定流动沙丘造林技术的基本原則，第二既然风蝕生理的本質与植物的旱害生理在很大程度上是一致的，因此，提高植物抗旱能力，也必然会对提高抗风蝕能力方面产生良好效果。为了适应沙丘风蝕的特点，在选择固沙植物种时，挑选抗旱性强，根系深而广，抗风蝕力强的树种就具有重要的意义。

二 流动沙丘的森林植物条件及造林部位的选择

在造林流动沙地，多年来造林經驗証明利用水分、养分条件比較好的丘間地造林是一条比較成功的經驗。

但是，在地下水很深、干燥而貧瘠的丘間地（沙丘伏蓋在基岩和古紧沙土上的），如果营造乔木林，一般成活率不高，生长緩慢，这里只能营造小叶錦鸡儿灌木林，但生长得也很緩慢，很难迅速的起到固沙作用。

值得研究的問題是在丘間地干燥而貧瘠的流动沙丘，造林时选择那一个部位比較合适呢？

近几年来造林实践証明了，以前認為是不宜于造林，丘間地干燥的

高大流动沙丘的背风坡基部和迎风坡上部(不包括丘頂在內)却是宜林性質較好的部位。根据我們对沙蒿生长調查的資料証明,在地下水很深的高大櫟窩状沙丘上,沙蒿生长得最好的部位是背风坡基部,平均高118厘米,迎风坡上部次之,平均高42厘米,迎风坡中下部生长得最差,平均高12.5—18.9厘米。沙丘上植物生长的这种規律性和沙坡头試驗站,在地下水很深的格状沙丘上,在沙障的保护下,栽植花棒、白沙蒿、扦插黃柳等造林試驗工作中,所得出的結論是一致的(李鳴岡1959年)。在苏联的阿什哈巴德地区,地下水很深的往复前进式的大新月形沙丘上,栽植沙拐枣的經驗也証明迎风坡上部比迎风坡中下部好。A. M. 布拉沃尔維奇指出“观察証明,栽植造林的生长分布具有十分确定的規律性;愈是分布在坡上部的植物,发育地愈好,第10行树苗的平均高度比第一行的大3倍”(4)(註:第1行是迎风坡的最下部)。

为什么沙丘上植物生长有这种規律性呢?李鳴岡先生认为造成上述植物生长規律性的主导因素是沙丘的松紧度,是由于迎风坡上部及背风坡基部比迎风坡中部疏松的緣故(5)(1)。

根据A. M. 布拉沃尔維奇的研究資料,在阿什哈巴德大新月形沙丘迎风坡上部水分比迎风坡下部多,而且上部沙层也比下部沙层疏松,他认为疏松沙层能造成土壤内部水气凝結的最适宜的条件,因此,增加了沙地含水量(4)。

疏松的沙层能够促进植物生长,这一点是没有疑問的,但把沙层疏松看成是制約流动沙丘上植物生长的主导因素的論証是不夠的。如果松紧度是沙丘上制約植物生长的主导因素,那最疏松的地方植物生长的应该最好,但是事实上却不是这样,根据沙坡头試驗站測定的資料,迎风坡上部0—200厘米沙层的孔隙度为47.6%松紧度1.2厘米/公斤,落沙坡脚的孔隙度为43.4%,松紧度为0.6厘米/公斤这就是說迎风坡上部远比落沙坡脚疏松,但从生长情况来看,背风坡黃柳却比迎风坡上

部的黃柳高生長大82%，葦蒿大14%。因此可以得出結論，土壤鹽度並不是主導因素。那麼在流動沙丘上那一個因素是主導因素呢？

B·P·威廉士院士曾指出過對於植物生活的主要因子可分為宇宙因子（光、溫度、空氣條件）及地體因子（水分、養分條件）。但在流動沙丘的條件下，僅考慮上述因子是不夠的，因為流動沙地的風害和風蝕，沙埋作用在很大程度上影響了植物的生活，因此，風害和風蝕沙埋的作用也應該包括在影響植物生活的主要生態、因子之內。

在相對高差不大的流動沙丘的條件下，影響植物生活的宇宙因子：光照、溫度、空氣成分差異不會很大，不論迎風坡和背風坡光照和溫度條件都是足夠的，對於背風坡來說在炎熱夏季光照可能更強，溫度可能更高一些，甚至會對植物產生不利影響，但實際上背風坡植物生長反而最好，這一點證明光照、溫度、空氣成分等因素並不是造成背風坡植物生長最好的主導因素。

從養分條件來看，在流動沙丘上腐植質的含量極低（一般<1%），因此，影響養分的主要因素是沙地的機械組成。由表5上可以看出各部位0—100厘米沙層的機械組成情況，迎風坡中下部風蝕區細粒含量低於迎風坡上部風蝕沙埋區，背風坡基部虽然是沙埋區但細粒不但沒有增加，反而增加了粗中粒沙，這是可以理解的，因為這裡有不少沙粒是從迎風坡以沙紋方式滾落來的，而沙紋大部分是粗中粒沙。由此可見養分條件也不是造成背風坡基生長最好的主導因素。

背風坡基部沙層比較疏松，但不如迎風坡上部疏松，在雨後沙地含水量也比迎風坡上部及中下部風蝕區有所增加，而且保持時間比較長，這些因素沙坡頭試驗站都測定過，但上述兩個因素與迎風坡上部比較起來有的稍差一些，有的稍好一些，並不特別好。因此這兩個因素並不是造成背風坡基部比迎風坡上部植物生長好的主要原因。

由表6上可以看出沙丘各部位的风速情况是不同的，在西北风时，迎

风坡上部风速最大，背风坡基部风速最小。迎风坡中部比背风坡基部风速大一倍，而迎风坡上部风速比背风坡基部大二倍。正如前节我們所引用的一些試驗資料所証明的风速是影响植物有机物质积累的重要因素。因此，在探討背风坡基部植物所以比迎风坡上部植物生长得特別好的原因时，必須把风速的因子估計在內。

新月形沙丘不同部位 0-100 厘米层內的机械組成

地点：榆林沙地

表 5

沙丘部位	1-0.5 毫米	0.5- 0.25 毫米	0.25- 0.1 毫米	0.1- 0.01 毫米	0.01- 0.005 毫米	0.005- 0.001 毫米	<0.001 毫米
丘間地	7.24	14.79	54.94	22.08	0.56	0.63	0.14
迎风坡下 $\frac{1}{3}$	6.59	13.68	60.32	17.97	0.10	0.01	1.33
迎风坡中 $\frac{1}{3}$	1.84	7.88	68.44	20.51	0.06	0.01	1.26
迎风坡上 $\frac{1}{3}$	1.48	4.57	68.64	23.76	0.04	0.02	1.49
背风坡 $\frac{1}{2}$	0.79	6.54	72.09	19.96	0.53	0.01	0.08
背风坡基部	16.28	23.10	52.12	7.23	0.08	0.01	1.18

新月形沙丘鏈不同部位风速測定

測定日期 1961年4月29日

地点：榆林牛家梁

表 6

沙丘 序号	距地表 高度 厘米	沙丘各部位风速 米/秒							备 註
		迎风坡 下 $\frac{1}{3}$	迎风坡 中 $\frac{1}{3}$	迎风坡 下 $\frac{1}{3}$	沙丘頂	背风坡 上 $\frac{1}{2}$	背风坡 基部	丘間地	
1	20	5.45	6.15	6.69	9.64	10.0	1.5	3.55	測定值皆为 2次平均
	200	6.20	8.57	8.80	11.49	10.0	2.4	3.50	
2	20	3.05	3.98	7.21	8.18	—	3.45	4.45	
	200	4.55	6.28	9.23	8.45	7.2	4.13	4.80	
3	20	5.35	7.20	8.62	9.18	—	2.35	2.30	
	200	6.85	11.70	10.10	9.84	10.1	3.05	4.0	
3个沙丘 平均值%	20	100	126	173.5	202.8	183.5	64.5	86.2	
	200	100	149	164	171	155.5	58.2	73.9	

但是，在流动沙丘上仅仅考虑风对植物地上部分的影响是不够的，还必须考虑风作用于流沙表面的后果所造成的风蚀和沙埋。

根据榆林治沙试验站风沙移动观测总结资料⁽¹²⁾，可以看出榆林的沙丘是摆动前进式的。从沙丘上风沙流一年变化规律来看，不论吹西北风（占优势主风）或是东南风，迎风坡中部都是最严重的风蚀区，在迎风坡上部（沙丘迎风坡 $\frac{2}{3}$ 处不包括丘顶）风蚀比迎风坡中部轻，这里有沙粒的吹扬和堆积两种作用是风蚀沙埋区，在背风坡基部西北风时是沙埋区，东南风时从背风坡中部开始剧烈风蚀，在背风坡基部没有风蚀。在前节中我们曾证明了风蚀对于植物的不利作用和沙埋促进植物生长的有利作用在这一节中同样清楚地看到沙丘上各部位植物生长的好坏程度，也正是和植物所受的风蚀程度和是否有沙埋条件相吻合的。

由上述影响植物生活主要因子的分析中可以看出造成沙丘各部位生长好坏的原因是多方面的，只有总的综合自然条件比较优越的时候，植物生长的才最好，但在主要因子当中也能看出其中起主导作用的因子。

背风坡基部所以能生长最好是因为这里在危害性最大的西北风时风速最小，没有风蚀，有沙埋，沙层疏松，水分条件也好，这些优点综合起来就超过了某些不利条件（如有时温度过高，细粒不多等条件）。因此，植物生长也比较最好。其次是迎风坡上部，虽然这个部位比背风坡基部更疏松，细粒含量也多，但这里西北风时风速最大，（在东南风时这里也是背风坡，风速比之其它两个部位也要小一些）有风蚀，但也有些沙埋，由于这里风大而且风蚀的不利条件超过了有利条件，因此总的综合自然条件居于第二位。植物生长也居于第二位。迎风坡中下部所综合自然条件是最坏的，这里有比较强烈的风蚀，沙层紧，水分条件也不好，细粒也因吹扬而减少了，所以植物生长效果最不好。但有时迎风坡下部有例外情况，如在密集的沙丘群地区，受到后一个沙丘的保护，就会比迎风坡中部风蚀轻一些。因此，应该注意这种特殊情况，区别对待。

經過上述的分析，現在已經比較清楚了，在流动沙丘上风蝕沙埋因素既是直接影响植物內部生理活动的因素，而且在一定程度上，又是影响植物外部生活环境条件（沙层松紧，細粒含量，含水量）的因素。因此，我們认为风蝕沙埋的因素是制約流动沙丘植物生长发育的主导因素。

也許有人认为沙层松紧，在沙丘上是和风蝕沙埋一致的，因此，沒有必要討論松紧度和风蝕沙埋，那一个因子是主导因素問題。我們认为这两个現象，不仅有因果关系，而且两者也有很大区别。疏松沙地呢？还是促进沙埋？观点不同，所用的方法和造成的后果並不一样。如果沒有必要的保护措施，弄松沙地的后果，会造成严重风蝕，所取得的实际效果，必然是相反的，而促进适当沙埋的观点，不仅能得到疏松沙层、增加細粒、增加水分的良好效果（实例見第四节花棒合理密播林地），而且不会发生不良的副作用。这就是为什么，在流动沙丘上，应该把风蝕沙埋因子看成是制約流动沙丘上森林植物条件主导因素的原因。

总结上述地下水深的流动沙丘各部位宜林性質的分析資料，可以得出以下的結論：

在丘間地养分貧瘠而且地下水很深的流动沙丘固沙造林时，应该充分利用背风坡基部的有利条件，但也应该注意背风坡可能产生过度沙埋的不利因素。

群众多年生产实践所創造的背风坡高桿造林的方法，正是建筑在对沙丘背风坡有利和不利条件，深刻理解的基础上，才創造出了，既能利用背风坡优越的植物生活环境条件，而又能克服背风坡过度沙埋不利因素的高桿造林方法。

此外，如果不是为了将沙丘拉平，那么，根据干燥丘間地流动沙丘迎风坡上部的森林植物条件优于迎风坡中下部的結論，利用迎风坡上部（不包括丘頂）造林，将比迎风坡中下部造林获得更好的成效。B·A·杜达斯基曾創造性的提出过迎风坡上部綠篱带状造林的方法，在苏联阿什哈巴

德鐵路固沙工作中實際應用的結果，也證明是比較成功的方法。這種方法就是利用地下水深的大新月形沙丘迎風坡上部較好的森林植物條件，平行沙丘脊，密植一行沙生灌木，依靠愈埋生長愈旺的特點，逐步使鐵路兩側的沙丘固定。為了造成人為的積沙，研究者還建議在株間于閉前，應設置兩行機械沙障以促進積沙。綠簍帶狀造林法，無疑是利用迎風坡上部优越生境條件，固定流沙的良好典範。應該指出的是在利用迎風坡上部造林時，必須採取一些防風蝕的措施，否則在受風蝕的情況下，很難發揮迎風坡上部良好的生活環境條件的作用。

三 榆林流動沙丘造林樹種的選擇

在榆林流動沙地，解放後十餘年來營造了大面積的灌木林和喬木林（主要是小葉楊、旱柳），根據一些調查資料証實，在流動沙丘上和干燥貧瘠的丘間地營造旱柳、小葉楊等闊葉喬木的用材林，不論是否採用沙障都不能成功。例如在新月形沙丘上的6年生旱柳，高生長只有0.8米，小葉楊也是如此，在干燥貧瘠丘間地的小葉楊7年生只有0.73米高，這種情況並不是個別現象，而是普遍的現象。流沙上養分、水分不足（幾乎沒有有機質），含水量2—3%比較穩定的濕沙層在沙丘表面下40—50厘米處，而小葉楊、旱柳等樹種在沙丘上根系只分布在表層，例如沙丘上5年生小葉楊，除1—2根側根深至1米處外，主要根系集中在10—40厘米深處（根據蘇新琴、常黑林調查的資料）。風蝕、水肥不足、根系分布不深，這些不利因素是旱柳、小葉楊在沙丘上造林失敗的主要原因。

因此，在上述這些立地條件與其營造旱柳、小葉楊的用材林，就不如選擇適合於該立地條件能生長得很好的經濟價值高的灌木，如花棒 *Hedysarum scoparium* 木蓼 (*Atraphaxis frutescens* K)、黃柳 (*Salix flavida* Sx. vet chang)、沙蒿等樹種。

在流沙區只有條件比較好的濕潤丘間地，會有粘質間層或埋藏土壤的

丘間地培育用材林才能得到成功，例如在有間歇性水流的含有粘土間层的丘間地9年生旱柳能高达5·25米多。

根据榆林农科所的总结认为，在榆林流动沙丘上采用沙柳、花棒、沙柳郎（蒙古岩黄耆）、木蓼、沙蒿等灌木、半灌木树种造林是可以成功的⁽⁶⁾。

我们仅重点地对花棒、黄柳、沙蒿的抗风蚀、抗旱性、生长情况做了试验和调查研究。

根据我们对花棒和沙蒿抗风蚀临界深度的试验和调查资料证明：抗风蚀和根系分布深度以及根的总长度有密切关系。直播2年生花棒高9·5—14厘米，根系60余厘米的植株，抗风蚀的临界深度可达26厘米。3年生栽植的花棒受自然风蚀，抗风蚀的临界深度达35厘米。3年生花棒抗风蚀深度与其侧根分布在40—80厘米层有密切关系。一旦风蚀露出较多的侧根系后，花棒生长就会停滞甚至死亡。

2年生沙蒿高生长只有3—5厘米，根系长40—60厘米，抗风蚀的临界深度一般不超过14—15厘米。3年生沙蒿抗风蚀深度可达38厘米。

综合上述资料可见一般1—2年生幼龄植物最怕风蚀，因为初期根系不深，而且比较细嫩，在幼苗初期一般裸根不能超过根系总长的 $\frac{1}{2}$ 左右，否则植物就要死亡。

我们采用了能反映植物干旱时期对水分适应性的叶细胞原生质的渗透压（用质壁分离法测定的），指标来比较植物的抗旱性。由表7上可以看出花棒叶细胞的渗透压是最大的，其次是白沙蒿，而渗透压最小的是黄柳，这种情况说明黄柳的耐旱性不如花棒和白沙蒿，从生长调查资料也可以证明这一点，黄柳在干旱沙丘上生长的远不如在湿润丘间地上生长的好。

沙丘上植物生长的速度，也是防风固沙能力的一个重要指标。生长快的植物，树冠能迅速于闭，就可能防止风蚀。从生长速度比较起来看，当年播种的花棒，到生长季末，高生长就能达到30厘米以上，3年高生长