

内蒙古阴山北麓干旱区不同种植模式对农田风蚀的影响

高旺盛¹, 秦红灵¹, 赵沛义²

(1. 中国农业大学, 北京 100094; 2. 内蒙古农业科学院, 呼和浩特 010031)

摘 要: 通过野外观测和室内试验, 研究阴山北麓干旱区不同的种植模式对农田风蚀的影响, 结果表明: (1) 研究区具有发生风蚀危害的潜在气候条件; (2) 土壤不合理的翻耕是造成农田风蚀的重要因素, 通过实行保护性的留茬免耕措施, 可以有效抑制农田土壤风蚀。(3) 不同作物种植条件下, 条播作物农田风蚀量小于穴播作物。为了有效防治农田土壤风蚀, 对作物进行高留茬处理和通过各种措施增加地表粗糙度, 可以达到最大的防风蚀作用。(4) 农事操作增大了土壤风蚀的潜在危险。
关键词: 农田风蚀; 种植模式; 干旱区
中图分类号: S 157. 43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2005)05-0122-04

The Effects of Different Planting Modes on Wind Erosion from Cropland in Arid Region of North of Yin Mountain of Inner Mongolia

GAO Wang-sheng¹, QIN Hong-ling¹, ZHAO Pei-yi²

(1. China Agricultural University, Beijing 100094, China;
2. Inner Mongolia Academy of Agricultural Science, Huhhot 010031, China)

Abstract: The effects of different planting modes on wind erosion from cropland are studied by field observation and lab experiment in arid region of north of Yin Mountain of Inner Mongolia. The results show that: (1) There exists potential climatic condition to take place wind erosion. (2) The irrational method of tillage is the vital factor to arose wind erosion from farmland. The measure of conservation tillage of no-tillage with stubble can effectively control the erosion. (3) Comparing the amounts of wind erosion by different of crops planting, the drill crop is less than hill-drop crop. In order to control the wind erosion, the measure to enlarge the stubble height and topsoil roughness is most effective. (4) The farming operation increases the potential danger of wind erosion from farmland.
Key words: wind erosion from farmland; planting modes; arid region

土地荒漠化是一个全球性的问题, 由于荒漠化的发展每年损失耕地 600 万 hm^2 , 其中以风蚀荒漠化最为严重^[1]。随着土地荒漠化的蔓延, 人类可耕种的土地日益减少, 粮食生产受到了严重威胁。中国是荒漠化危害最为严重的国家之一, 荒漠化土地面积为 267. 4 万 hm^2 , 占国土面积的 27. 3%, 其中由于土壤风蚀导致土地荒漠化的面积达到 61. 3%^[2]。根据《联合国防治荒漠化公约》规定的指标, 中国可能发生荒漠化地区分布在 29~49°N, 73~123°E, 总面积 331. 7 万 hm^2 , 囊括了中国所有的旱地面积^[3]。

土壤风蚀是指土壤及其母质在风力作用下发生的侵蚀、分选和搬运的过程^[4]。它一方面会造成表层大量富含营养物质的细微颗粒的损失, 导致土壤表层粗化, 土壤肥力下降和土地生产力的衰退; 另一方面将导致沙尘危害, 甚至沙尘暴。中国农业大学高焕文等研究表明, 北京沙尘暴 70% 的沙尘来自于北京外围的冬季裸露休闲的农田。中国科学院地学部“风沙问题专家组”对沙尘暴成分和来源进行了分析研究, 结果表明对京津造成严重危害的沙尘暴的沙尘源主要来自于内蒙古中部和河北省坝上地区约 25 万 km^2 的退化草地、撂

荒地及早作农田。来自于农田风蚀的细微颗粒是大气沙尘源的一部分, 但同时也是通过人类精心管理可以减少的一部分。对农田耕作的风蚀问题, 由于美国 30 年代的“黑风暴”引起了科学界的高度重视。国际上(主要是美国)对土壤风蚀的研究主要集中在对风蚀影响因子, 风蚀评价和风蚀防治模式与机理的研究和发展, 取得了较大的进展, 形成了比较完善的科学体系^[5~7]。

我国对土壤风蚀的研究起步比较晚, 但近年来也有了一定的进展, 对影响土壤风蚀的因子进行了定量研究, 对风蚀程度分级指标进行了探索, 尤其在风沙防治措施方面以开发出了许多成动的模式^[8~10]。但还存在许多不足的地方, 特别在研究对象上, 研究多集中在沙漠及其边缘地带, 对北方干旱半干旱地区大面积裸露农田风蚀状况缺乏系统的深入研究。本试验以北方旱作农田为重点, 根据内蒙古阴山北麓自然环境与种植方式, 通过野外观测并结合室内试验结果, 深入探讨不同的种植模式对土壤风蚀的影响, 进一步创建风蚀荒漠化农田治理模式。

① 收稿日期: 2005-07-05
基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G 2000018606); 国家自然科学基金项目(30471010)
作者简介: 高旺盛(1963-), 男, 甘肃天水人, 教授, 博士生导师, 主要从事宏观农业、区域农业以及农业生态学等方面的研究。

1 研究区概况

试验在内蒙古农业科学院武川旱作试验站(N41° 08.344 ,E111° 17.580)旱地进行,海拔 1 555 m,是我国典型的半干旱偏旱农业区。该区年降水量仅有 250~400 mm,且主要集中在夏季。全年月平均风速达 4.5 m/s,5 月份风速最大,月均风速可达 6 m/s,盛行西北风或西风,全年 8 级以上大风天数平均在 23 d。全年积温 2 241~2 900 ,无霜期 90~120 d,只能满足一季作物的生长,每年 1~3 月份和 10~12 月份农田没有作物的覆盖,处于裸露状况,是风蚀经常发生的季节。试验区土壤为栗钙土,0~20 cm 土壤含有大量的营养物质(表 1),风蚀季节被风吹走的土壤流失了大量的 N、P、K 和有机质,给土壤肥力造成了很大的损失^[11]。

表 1 研究区农田土壤养分状况

农田类型	有机质/%	氮素/%	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
旱坡地	1.3	0.1	11	107.1
旱平地	2.3	0.2	6.8	93.4
平均	2.6	0.1	12.6	96.3

资料来源:郑大玮,妥德宝,2000。

2 材料与方法

2.1 试验设计

试验在 2003 年 10 月到 2005 年 4 月,设计土壤翻耕和免耕留茬两种土壤耕作措施,通过野外观测和室内风洞试验,考察不同耕作方式对土壤风蚀量及其相关影响因子的影响。为了进一步考察不同作物茬口对土壤风蚀量的影响,选择带状留茬间作轮作的油菜、苜蓿、草谷子和草玉米四种茬口,分析风蚀季节不同作物种植条件对土壤风蚀的影响。茬口带宽 6 m,长 120 m。播种时施用磷酸二铵 150 kg/hm²,尿素 75 kg/hm²,氯化钾 60 kg/hm² 作种肥。

2.2 测定指标与方法

2.2.1 土壤风蚀量

(1) 农田土壤风蚀量采用风蚀圈法,在秋季作物收获后埋下风蚀圈(直径 25 cm),使风蚀圈上缘与农田地表一致高。为便于取土,风蚀圈底部放置与其高度相同的透水透气较好的自制尼龙套,内部放置 1.6 kg 与放置地点基本质地相同土壤。埋前测定风蚀圈中土壤的含水量,折算土壤干土重。翌年 4 月份(基本在作物播种前)取出风蚀圈中土壤称重并测定其水分含量,折算干土重。比较两次干土重量差值,得出土壤损失量,单位面积土壤损失量即为这段时间土壤风蚀量。

(2) 土壤风蚀量。采用自制的简易沙尘收集器,在大风天气收集不同高度风蚀输沙量。收集器高 20 cm,由 4 个外径 5 cm,长 50 cm 的微化管阶梯式排列而成,在微化管的出口处用纱布封口。收集完毕把管中的沙尘倒出来,用 1/10 000 的电子天平称重,即得风蚀量。

2.2.2 地表粗糙度

近地面平均风速减少到 0 的某一高度,它表征地表的粗糙程度,可以反应地表风速的减弱作用以及对风沙流的影响,取决于地形的起伏、植被覆盖、地表团聚体及颗粒组成等。可由下式计算^[12]:

$$K = \exp[(U_1 \ln Z_2 - U_2 \ln Z_1)/(U_1 - U_2)]$$

式中:K——地表粗糙度,cm;Z₁,Z₂——地表以上两个不同高度,cm;U₁和 U₂——Z₁和 Z₂ 高度处的风速本试验风速变

化采用 QDF-3 型热球电风速计测定,计数采用长周期数据采集器,计数步长为 1 min。试验中采用 2 m 和 0.5 m 处的风速进行测算,计算不同茬口的地表粗糙度。

2.2.3 土壤重量含水量

考虑到表层土的含水量影响土壤风蚀量较大,且在 4 月份之前,10 cm 以下土层没有完全化冻,我们取 0~5 cm,5~10 cm 两个土层的土壤水分,采用烘干法测定。

2.2.4 土壤容重

采用环刀法。

2.2.5 土壤坚实度

采用浙江大学研制 GT-1 型土壤坚实度计测定。

2.2.6 留茬地残茬覆盖度茬高

本实验作物收获后的留茬地残茬覆盖度利用“样线法”来测定。实验中取两根长 6 m 且带有刻度的绳子,沿农田对角线的方向垂直放置。观测两根绳子 0~1 m 和 2~3 m 处残茬截取绳子的长度。两根绳子 4 个区间绳子截取长度的平均值即为残茬覆盖度。茬高利用多点取平均值的方法得出。

3 结果与分析

3.1 研究区风蚀潜力

Chepil 等认为气候条件决定着年土壤风蚀水平,通过风速、降雨和温度等因子可以综合体现气候条件对风蚀的作用。关于风蚀气候侵蚀力的估算,国外已经提出了许多公式,本文中风蚀气候侵蚀力的计算采用 1979 年联合国粮农组织的修正公式:

$$C_{WE} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n U^3 D \frac{ETP_i - P_i}{ETP}$$

式中:C_{WE}——风蚀气候侵蚀因子指数;U——月平均风速(m/s);P_i——月降雨量(mm);D——月天数;ETP_i——月潜在蒸发量(mm);其中,潜在蒸发量采用程文天等人(1980)的气温、月相对湿度公式:

$$ETP_i = 0.19(20 + T_i)^2(1 - R_i)$$

式中:T_i——月平均气温(°C);R_i——月相对湿度(%)。

利用近 10 年的武川县气象资料,得出其气候侵蚀力指数。如图 1 所示,春季(3~5 月份)气候侵蚀力指数最大,这一阶段降雨少,气温回升快,早晚温差较大,空气十分干燥,表层土壤由于冻融交替变得十分松散,由于风多风大,土壤极易发生风蚀。由此也可以说明,该地区具有发生风蚀危害的潜在气候条件。

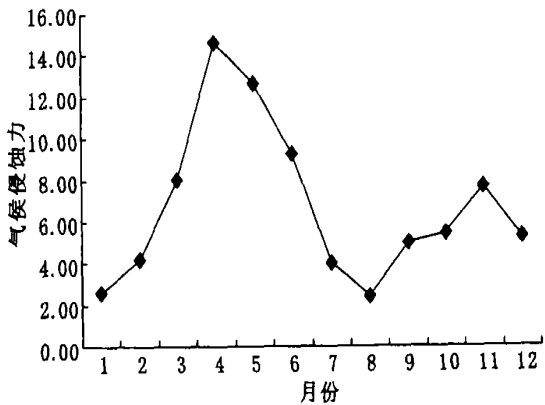


图 1 武川县风蚀气候因子月动态变化

3.2 不同耕作方式对土壤风蚀的影响

利用风蚀圈法测定留茬免耕地和秋翻裸地农田土壤风蚀量的结果表明(见表 2),与秋耕裸地相比,留茬免耕地的风蚀量减少了 66.67%。这表明留茬免耕的保护性耕作可以明显减轻农田土壤的风蚀。分析其原因可以归纳为以下几点:(1)免耕留茬,由于地表残茬的作用,降低了地表风速,增加了地表粗糙度。本试验研究结果表明,翻耕地地表粗糙度为 1.22 cm,免耕地地表粗糙度 6.92 cm,比翻耕地增加了 5.70 cm。(2)增加了土壤表层水分含量。土壤表层水分含量是土壤风蚀的重要影响因子。多点测定表明,与传统翻耕地相比,实行保护性耕作可明显增加土壤表层水分含量。与翻耕地相比,免耕地表层 0~5 cm 土壤水分含量增加了 2.66%,5~10 cm 增加了 3.16%。(3)增加地表坚实度,增强土壤的抗风蚀能力。免耕避免了土层结构的破坏,维持了土层较高的土壤坚实度。由表 2 可见,免耕增加了表层平均硬度,翻耕地为 0.108 kg/cm³,免耕地为 1.462 kg/cm³,增加了 1.354 kg/cm³。

	土壤坚实度	风蚀量/	地表粗糙	土壤水分/%		容重/
	(kg·cm ⁻³)	(t·hm ⁻²)	度/cm	0~5 cm	5~10 cm	(g·cm ⁻³)
翻耕地	1.462	4.89	1.22	1.74	3.61	1.45
免耕地	0.108	1.63	6.92	4.41	6.77	1.58
相对与翻耕地的增加量	1.354	3.26	5.7	2.66	3.16	0.13

3.3 不同作物种植条件对土壤风蚀的影响

不同农作物由于自身的生理特性和种植制度、田间管理的特性,对土壤养分和水分的消耗各异。本试验选择研究区种植面积最大的 5 种作物:马铃薯、苡麦、油菜、草谷子和草玉米,考察作物收获后不同作物茬口对土壤风蚀量的影响。

3.3.1 不同作物茬口对土壤风蚀量的影响

作物留茬可以明显降低农田土壤风蚀量,由表 3 可见,各种茬口的风蚀量大小依次为马铃薯>草玉米>油菜>苡麦>草谷子。与马铃薯裸地相比,各种留茬作物风蚀减少率分别为草玉米茬 73.1%,油菜茬 74.8%,草谷子茬 91.6%,苡麦茬 80.5%。总的来看,条播作物(留茬作物)风蚀减少率大于穴播作物(马铃薯),残茬密度越大,减少风蚀的程度越明显。

作物茬口	残茬高度	残茬密度/	残茬盖度	风蚀量/	相对裸地风
	/cm	(万株·hm ⁻²)	/%	(t·hm ⁻²)	蚀减少率/%
草玉米茬	15.02	19.5	8	4.02	73.1
油菜茬	16.43	31.5	12.1	3.76	74.8
草谷子茬	14.06	447	25	1.25	91.6
苡麦茬	15.02	367.5	23.3	2.91	80.5
马铃薯裸地	0	0	0	14.92	-

3.3.2 残茬特性对土壤风蚀量的影响

对残茬高度、密度和盖度与风蚀量之间分别作相关分析,结果表明残茬高度、密度和盖度与风蚀量均成负相关关系,分别为-0.96、-0.57和-0.82,其中残茬高度与风蚀量相关系数最高。这说明对于作物残茬,高度是影响风蚀最重要因素,其次是盖度,然后才是残茬密度。在研究区,由于饲料紧张,除油菜秸秆几乎被全部从地里移走,造成土地裸

露面积大,农田风蚀严重。因此,在秸秆无法全部保留的情况下,对作物进行高留茬处理,可以起到很好的防风蚀效果。

3.4 土壤表层特性对农田风蚀量的影响

对土壤表层 0~5 cm 水分含量、土壤坚实度和地表粗糙度与风蚀量之间分别作相关分析(表 4),结果表明土壤表层 0~5 cm 水分含量、土壤坚实度和地表粗糙度与风蚀量均成负相关关系,地表粗糙度与风蚀量相关系数最高。这说明对于土壤表层特性来说,粗糙度是影响风蚀最重要的因素,其次是表层 0~5 cm 水分含量,然后才是土壤坚实度。地表粗糙度增大,对风的阻力就越大,可以有效的减弱风速对风沙流的影响,降低近地表风速,从而减轻地表风蚀危害程度。从表 4 可见,不同作物茬口,其地表粗糙度程度大小不同,田间测定结果为草谷子>苡麦>油菜>草玉米,作物茬口密度越大,粗糙度越大。土壤水分是影响土壤风蚀的重要因子,不同作物茬口其春季土壤水分含量也不一样,表层 0~5 cm 水分含量表现为苡麦>草谷子>草玉米>油菜。在土壤不同层次中,0~5 cm 这一层次的土壤水分对风蚀的影响程度最大,总的看来,农田表层土壤水分含量在春季普遍偏低(小于 5%),这也是造成春季土壤风蚀严重的一个原因。土壤表层的坚实程度,可以从一定程度来反映其抗风蚀能力的高低,由表 4 可见,不同茬口土壤坚实度表现为油菜>苡麦>草谷子>草玉米。

作物茬口	0~5 cm 土壤	土壤坚实度/	地表粗
	水分/%	(kg·cm ⁻³)	糙度/cm
草玉米茬	2.86	1.094	0.35
油菜茬	2.62	1.462	0.52
草谷子茬	2.94	1.308	4.21
苡麦茬	3.16	1.33	1.56
与风蚀量之间的相关系数	-0.415	-0.182	-0.996

3.5 农事操作对农田风蚀量的影响

传统的农事操作如播种、整地、除草等由于直接与土壤接触,使土壤悬空,加快了土壤表层的干燥速度,创造了更多的可蚀性小颗粒,增大了土壤风蚀的潜在危险。试验采用自制的简易沙尘收集器对秋翻地未播种和播种后的农田不同高度(5 cm,10 cm,15 cm,20 cm)大风天气风蚀沙尘量同时时间收集,通过称重确定风蚀情况。结果见表 5,与未播种的秋翻农田相比,作物的播种环节明显增加了土壤的风蚀作用,播种后一次大风使农田地表 20 cm 内的输沙量平均增加了 71.90%。距地表 5 cm 处增加了 225.17%,10 cm 处增加 58.21%,15 cm 处增加了 42.63%,20 cm 处增加了 9.82%,增沙的效果随着高度的增加呈现递减的趋势,这与土壤风蚀在空间的梯度变化有关。土壤风蚀输沙活动主要集中在近地面运动,当高度大于 4 cm 以后,随着集沙仪高度的增加,集沙量呈现减少的趋势^[13]。

表 5 农田播种与未播种土壤风蚀量的对比							g
处理	收集时间	风速/ (m·s ⁻¹)	收集高度				总和
			5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	
秋翻地未播种	72	10	0.0298	0.0347	0.0448	0.0448	0.1541
秋翻地播种后	72	10	0.0969	0.0549	0.0639	0.0492	0.2649
增加率/%	-	-	225.17%	58.21%	42.63%	9.82%	71.90%

4 结论与讨论

农田土壤风蚀是气候、土壤和植被等多个风蚀影响因子的综合作用, 气候是产生风蚀的动力因素, 研究区多风少雨的干旱气候条件决定了其强烈的气候侵蚀能力, 但同时农田不同的种植模式对农田风蚀的影响也很大。分析农田风蚀影响因子(见表 6)可见, 农田土壤风蚀可以通过人类的精心管理有效的防治。

本试验分析阴山北麓干旱区不同的种植模式对农田风蚀的影响, 可以得出结论:

(1) 土壤不合理的翻耕是造成农田风蚀的重要因素, 通过实行保护性的免耕留茬耕作措施, 可以有效减小农田土壤的风蚀作用。与秋耕裸地相比, 免耕留茬地的风蚀量减少了 66.67%。

(2) 种植业结构对农田风蚀沙化的程度也有着重要的影响。不同作物种植条件下, 由于农事操作各异, 对土壤的消耗各异, 造成了不同作物茬口地表残茬覆盖的不同和土壤表层特性的不同, 这都显著影响了农田土壤风蚀量。总的来看, 条播作物农田风蚀量小于穴播作物, 残茬密度越高, 减少风蚀的程度越明显。为了有效防治农田土壤风蚀, 对作物进行高留茬处理和通过各种措施增加地表粗糙度, 可以达到最大的防风蚀作用。

(3) 农事操作增大了土壤风蚀的潜在危险。播种明显增加了土壤的风蚀作用, 一次大风作用播种后农田比与未播种的秋翻农田增加 71.90% 的输沙量。

参考文献:

[1] 覃志豪. 荒漠化防治[J]. 中国农业科技导报, 1999, 1(3): 119– 121.

[2] 卢琦. 中国沙情[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.

[3] 慈龙骏. 中国荒漠化气候类型划分于潜在发生范围的确定[J]. 中国沙漠, 1997, (2): 107– 111.

[4] 陈渭南. 蒙陕接壤地区土壤母质的风蚀试验研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(1): 33– 40.

[5] Chepil, W S. Climatic factor for estimating wind erodibility fields[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1962, 17(4): 162– 165.

[6] Chepil, W S, Woodruff, N P. The physics of wind erosion and its control[J]. Adv Agron, 1963, 15: 211 – 302.

[7] Fryrear, D W, Bilbro, J D, Saleh, A, et al. RWEQ: improved wind erosion technology[J]. J Soil Water Conserv, 2000, 55: 183– 189.

[8] 董治宝, 董光荣. 以北方旱作农田为重点开展我国的土壤风蚀研究[J]. 干旱区资源与环境, 1996, 10(2): 31– 37.

[9] 哈斯, 陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响——以河北坝上地区为例[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 10– 16.

[10] 李小雁. 土壤风蚀中有关土壤性质因子的研究历史与动向[J]. 中国沙漠, 1998, 18(1): 91– 95.

[11] 郑大玮, 妥德宝, 王岷田. 内蒙古阴山北率旱农区综合治理与增产配套技术[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2000.

[12] 张利, 修竹奇. 吉林省西部风蚀耕地侵蚀特征初探[J]. 中国水土保持, 1995, (8): 19– 20.

[13] 何文清, 高旺盛, 妥德宝, 等. 北方农牧交错带土壤风蚀沙化的影响因子风洞试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 1– 8.

表 6 农田风蚀影响因子分析

影响因子	危害	措施
气候/ 天气		
气候	由于自然的作用, 限制作物的选择	避免地表裸露, 种植耐性好的作物
风速/ 风向	决定风蚀量	实施风障措施, 改变地表状况
温度/ 湿度	影响地表的侵蚀能力	选择农业操作的合适时间
土壤特性		
团聚体大小	影响特定风力状况下的侵蚀能力	利用耕作措施创造大的土块
干的团聚体的稳定性	影响土块破碎成小颗粒的速率	控制后续的小颗粒移动
黏粒含量	产生抗侵蚀的土块	利用耕作措施使他们在地表
容重	颗粒的侵蚀能力	耕作
地表特性		
粗糙度(垄, 土块)	产生地表的剪切力, 捕获移动的颗粒	耕作; 控制后续的颗粒移动
地表结皮	稳定地表; 抗侵蚀	少耕(连续的耕作破坏地表)
表层水	影响地表侵蚀性	选择合适的作物和残留物
地宽	影响沉积物移动	实施风障措施; 减少大田宽度
地表覆盖		
作物类型	影响风, 土壤特性, 季节性	合适的作物轮作, 收获时间
作物残留物	减少风蚀	对作物的选择很重要
风障物	减少风速和地表裸露	优化种植地点, 保持作用时间
农业操作		
种床准备, 播种, 收获	通过工具和机械 直接悬浮土壤	减少操作的频率, 选择 需要少的农业操作的作物
使用保持水土的措施	通过载体直接作用土壤	使用地表稳定剂

书 讯

中国科学院水利部水土保持研究所吴钦孝研究员等著的《森林保持水土机理及功能调控技术》一书, 由科学出版社出版发行。此书系作者在近 40 年对黄土高原进行野外定位观测试验和科学考察的基础上, 开展植被恢复和森林保持水土功能与机理研究的系统总结。全书阐述了森林及其各组成部分的水土保持作用和效应, 林地土壤的水分分布和特征, 坡面产、汇流和小流域产流产少及其过程, 揭示了森林保持水土的机理、特征和规律; 通过强化多途径的植被恢复措施, 提出了调控森林水土保持功能的综合配套技术和适宜林草覆盖率, 为黄土高原地区的防护林体系建设、正确评价森林的水土保持作用及其综合治理与开发黄土高原提供了有关科学依据。全书约 40 万字, 测试数据丰富, 资料翔实, 附图 65 幅, 表格 149 个, 可供从事林业、植被、水土保持、水文生态、环境保护等专业的科研、教学人员和管理工作者参考使用。