

黄淮海平原沙地风蚀的研究

高安 吴诗怡

(中国科学院兰州沙漠研究所, 730000)

摘 要

本文研究了沙地风蚀的环境因素及风蚀造成的危害。实践结果表明,禹城沙河沙地经采用“水利调控,林草结合,生物覆盖和立体农业”等配套技术,可以固定沙面,降低风速,提高土壤抗风蚀强度,有效地防治风沙危害。

本文还就沙地风蚀机理和风沙活动规律,探讨了风蚀的防治途径和措施,为黄淮海平原沙地农业开发提供依据。

关键词 风蚀, 风沙活动, 生态环境

沙地风蚀是引起土地沙化的原因,沙化土壤是风蚀的结果。因此,探讨土地沙化的成因,必须研究沙地风蚀,以期在沙区制订有效的抗风蚀措施,为黄淮海平原沙地农业开发提供依据和整治途径。

我国黄淮海平原约有沙地 203 万公顷^[5],因风蚀而造成的危害,使土地沙化,土壤肥力下降,生态环境日趋恶化。

为探讨沙地合理开发利用途径,建立“两高一优”沙地农业模式,中科院兰州沙漠研究所从 1986 年在山东禹城沙河地区 1000 公顷沙荒地,从事开发性试验研究,并进行了风蚀定位监测。

本文旨在通过沙地的农业开发利用,研究不同下垫面的风蚀过程,掌握风沙活动规律,探讨风蚀的防治途径和措施。

1 风蚀沙地形成的环境因素

风蚀沙地的形成必须具备丰富的沙物质基础和吹蚀沙粒的风为动力条件,其次是人为活动的干扰和破坏,可以说是自然因素和人为因素综合作用的历史产物。

1.1 基质条件

黄淮海平原是我国最大的河流冲积平原。据史书记载,黄淮海平原地区的黄河下游自古河道迁徙无常,溃决泛滥频繁,自大禹治水迄今的 4200 多年来,历经 26 次改道,其中大迁徙就有 6 次。黄河故道广布于淮河以北至燕山之间的广阔平原。自公元前 602 年,黄河第一次大迁徙后,在近 2600 年中,黄河溃决泛滥就有 1953 次,平均三年两决,百年一

次改道。黄河的改道和变迁,无疑对该区河系的形成和变迁起着决定性的作用。在鲁西北地区,黄河就历经五次大的改道。由于河流的改道,河沙交错沉积形成深厚的沙层,而泛流水去沙留,则形成大面积沙地。

时至今日,黄河故道的遗迹在该区有两条明显的故道和一片扇形地。第一条系公元前602年黄河第一次大迁徙自宿胥口(今河南省滑县)东行漯川至长青津,分行为东经滑县、濮县、清丰、南乐、冠县、堂邑、博平、高唐,再流经德州地区由夏津县的宋楼至平原县的王村店和陵县的东部,然后经吴桥、交河至沧县,再从天津北入渤海,历时长达470年。第二条是黄河第二次大迁徙(第五次改道)于公元11年自魏郡(今河南省南乐县附近)流经观城、范县、阳谷、茌平,再流经德州地区,由禹城北部的辛店、张集经临邑县的林子至商河县的沙河等乡,然后经惠民的博兴和利津的东北入海,历时944年。

近代的黄河决口泛滥更为频繁,主要发生在1885—1937年和1938—1946年,在山东的齐河和济阳两县的东、西孙耿一带形成一片冲积扇形地。

黄淮海平原沙地广布,沙源丰富。其中沙丘、沙地及沙质耕地约203万公顷,占总面积的5.9%。由于沙质土壤结构松散,质地粗松,以细沙和粉沙为主,占颗粒组成的70%以上,而且沙层深厚,土层浅薄,有机质仅为1—3g/kg,土壤粘粒甚微,胶结性能极差,移动频繁,因风蚀造成的沙害十分严重。

1.2 气候的风成条件

风在大气中为流动介质,风力是造成风蚀的动力。因此,风蚀就是地表的颗粒(粘粒、沙粒)在风力的推动下,随风起动、运行以及沉降的全过程。因此,风蚀是风和沙物质两个自然因子相互作用的结果。

黄淮海平原地处暖温带季风气候区,由于受蒙古高压气团和副热带高压气团的控制,大陆性气候特征十分显著。因此,季节性风沙活动是半湿润地区沙地的主要特征。

该区多年平均降水从南部的700mm,至北部逐渐减少到583mm,降水较丰,但年内降水分配不均,主要集中在夏季,初春、冬季则为干旱、多风季节。蒸发量从南部的1680—1818mm上升到北部的2250mm。以鲁西北地区为例,降水的分配春季占全年总降水的2.8%,秋季占16.9%,夏季占67.7%,冬季占2.6%,降水具明显的季节分配特点^[3]。

从信风状况而言,黄淮海平原每年从11月至次年5月是大风频繁发生的季节。以鲁西北地区为例,禹城大于7级以上的大风日多年平均为20天,聊城为27.3天,德州为13.8天;若以大于4.0m/s起沙风速统计,德州全年风沙日为161天,聊城为141天,菏泽为71天;每年风季多集中出现在3—5月,在此期间德州风沙日占全年总风沙日的70%,聊城占46%,菏泽占47%。可见,黄淮海平原由于冬、春季节降水稀少,气候干旱,大风频繁,正值植被枯萎之际,使得沙丘、沙地和沙质农田均处于大风袭击之下,为土壤风蚀和土地沙化的发生发展创造了条件。

1.3 沙地风蚀的人为因素

黄淮海平原沙地的形成有其历史原因,但人类对脆弱生态环境的破坏起着主要作用。表1系禹城沙河不同类型沙地的风蚀状况,测定结果表明,风蚀强度与植被盖度密切相关,植被覆盖度增加,沙地吹蚀深度减小。但人类若“乱垦、乱伐、乱牧”肆意破坏植被,沙区赖以稳定的植物保护层一旦遭到破坏,就会发生土壤风蚀和土地沙化。仅以山东禹

城沙河为例,据航片分析,该区在 1967 年流动沙丘面积仅有 15 公顷,占风沙地总面积的 1.56%;由于乱垦、乱伐,开荒种地,大量植被破坏,到 1982 年沙丘面积增加到 132.3 公顷,占总面积的 12.1%;至 1986 年沙河开发治理时,已增加到 203.3 公顷,占总面积的 18.6%。从 1967 年至 1986 年,沙丘面积共增加 188.3 公顷,因风蚀而造成的流沙埋压农田共有 186.3 公顷。土地沙化的扩大,已影响周围 1533 公顷农田生产和毗邻的 21 个自然村的生态环境。

表 1 禹城沙河沙地植被盖度与风蚀深度

Table 1 Vegetation coverage and wind-eroded depths of sandy lands in Shahe area of Yucheng County

类型 Type	植被盖度 Vegetation coverage (%)	1 米高度平均风速 Mean wind speed at 1m height (m / s)	吹蚀深度 Wind-eroded depth (cm / h)
流动沙丘	0	7.7	3.7
沙 地	10	7.7	2.8
沙 地	20	7.7	2.1

2 风沙地的形成特征

黄淮海平原由于历史时期黄河的迁徙和泛滥以及近代人类经济活动的影响,所形成的沙地主要分布在淮河以北和燕山以南的黄泛平原,黄河故道及黄河沿岸和引黄灌区的两侧。其范围涉及河南、河北、江苏、安徽和山东五省 316 个县市及北京、天津二市,面积达 203 万公顷。这些地区沙地广布,沙丘连绵起伏,生态环境恶化,农业生产属中低产地区。

黄淮海平原沙区的成土母质主要是河流冲积物和湖相沉积物。而风沙土则是在沙性母质上发育的土壤,其母质主要是沙质沉积物。由于经常受到风蚀和沙埋的影响,其成土作用微弱,并常被风蚀和沙埋所中断,难以形成完整的剖面,通常仅发育成 A(C)层剖面,多呈母质状态^[4]。在形态上是高低不平、连绵起伏的沙丘或缓起伏的沙地;其水热状况具有干燥性暖和温度回升快的特点,但因基质粗松、结构松散、移动频繁,极易风蚀和沙埋。

风沙土的成土过程可分为三个阶段:

1. 流动风沙土阶段: 处于成土过程的最初阶段,其特征是沙丘植被生长稀疏,或者几无植被生长,呈裸露状态。通常植被盖度小于 15%,移动频繁。土体中有微生物活动并积累微量营养元素,有机质 1—3g / kg,初具土壤肥力特征;土壤机械组成细沙(粒径 0.25—0.05mm)占颗粒组成的 70—90%;干沙层 10—20cm,含水率在凋萎湿度以下(0.7—0.8%),其下含水率为 2—3%,土壤容重 1.5—1.6g / cm³。

2. 半固定风沙土阶段: 随着植被的滋生和繁育,植被盖度可达 15—35%。由于植被盖度增加,沙面渐趋固定,土壤抗风蚀作用增强,活动性减弱,沙丘形态介于固定和流动沙丘之间,通称半固定风沙土。

半固定风沙土由于植被的增加,改变了流动风沙土的地貌形态,其特点是沙丘植被增加,沙面紧实,沙丘变缓并有薄结皮形成,土壤剖面出现棕褐色腐殖质染色层,剖面分化明

显,有机质可达3—5g/kg,肥力增加,成土特征显著。

3. 固定风沙土阶段: 由于半固定风沙土植被不断增加,除沙生植物外,尚有地带性草本植物和灌木介入,逐渐向地带性植物群落演替,植被盖度可达36—40%。由于杂草丛生,枯枝落叶参与土壤形成过程,有机质明显增加到6—8g/kg,由于生草过程的增强,微生物活动加剧,土壤结皮明显形成。

固定风沙土随着土壤不断熟化,其水热状况和微生物群系有明显的变化,其特征是固氮菌明显增加,而土壤含水率逐渐减小,通常仅为1—2%,这是由于植物的吸收和蒸腾作用消耗大量水分所致。随着流动风沙土向固定风沙土的演替,微生物活动逐渐旺盛,而固氮微生物活性的增强,固氮能力的增加,对土壤肥力的提高和植物营养元素的改善有着一定的积极作用。

黄淮海平原沙地,由于地处湿润及半湿润地区,降水较丰,自然条件较为优越,有别于我国干旱及半干旱地区的沙漠化土地。除自然条件比较优越,改造利用较容易外,尚具有以下特点:

(1)从宏观地理分布而言,黄淮海平原沙地的分布范围和面积较小,即使在黄淮海平原分布较为集中,但也多以条带状或斑点状连片集中分布^[2]。然而,由于沙地分布在人口稠密、经济较为发达的地区,风沙活动同样对生态环境和农业发展造成危害。以鲁西北地区为例,在73.93万公顷的风蚀耕地中,每年吹蚀的土壤约2133.69万吨。

(2)黄淮海平原沙地因处于湿润及半湿润气候条件下,地表景观具季节性变异特征。在干旱、多风、少雨的春、冬季,地表以风蚀、沙埋为特征的景观明显;而在多雨、少风的夏、秋季,沙丘、沙地杂草丛生,呈现一片绿色,沙漠化景观消失,有些沙地甚至辟为农田,种植花生、豆类和西瓜。说明该类型沙地既有风沙活动不利的一面,又有着可开发利用的一面。

(3)从环境退化的特点来看,黄淮海平原沙地虽有风沙危害,但整个环境并未全部退化而使沙地丧失生产能力,仅是在绿色的原野中有斑点状风沙地貌的景观,并具有一定的生产能力。以禹城为例,沙河地区1000公顷的沙荒地,经过五年的开发利用,已使81%的沙荒地改造为人工高效林果生产基地。

(4)黄淮海平原沙地地表虽有风沙活动所形成的地貌形态,但从其发育规模和形态特征来看,其形态结构都较简单,如片状流沙、灌丛沙堆或雏形新月形沙丘等,还有相对高差不大的风蚀地等。这些风沙地貌大部分是发育在起伏不大的沙质地表上。故开发利用时便于平沙造田和连片经营,具有治理周期短,见效快的特点。如山东禹城沙河的沙丘经整治后,沙丘面积由18.6%降至0.81%,并辟为果树生产基地。

(5)从国土整治的角度考虑,黄淮海平原是我国主要农业生产基地。因此,其沙地的开发和利用,不能仅限于沙害的防治,更重要的是开发和防治并举,快速恢复和提高土地的生产力,逐步向“高产、优质、高效”农业发展,以取得高经济效益。

3 沙地风蚀及其危害

3.1 沙地风蚀

土壤风蚀是造成土壤沙化的主要原因,也是风沙危害的基础。风蚀是风力作用于沙

性物质所形成的风沙运动,当风吹蚀地表时,风的推动力将地表松散的细物质(沙粒、粘粒),随风起动、运行并沉降于它处。风蚀通常分为吹蚀和磨蚀。吹蚀是指风吹蚀地表时,将地表松散的沉积物吹扬,使地表遭到破坏;磨蚀是风挟带沙粒贴地或离地运行时,风沙流中所携带的沙粒对地面物体的冲击和磨擦。由此可见,风蚀不仅对地表有巨大的破坏作用,对生长的植被和农作物也产生冲击或磨损。

据初步研究,在风蚀过程中,随气流漂移和搬运的沙量并非上下均匀分布,而是随高度按指数规律递减^[1],即沙量主要集中在贴近地面的气流层中。图1是20cm高程范围内新垦沙地风沙流的结构曲线,表明土壤风蚀的最大输沙量出现在0—2cm的下层,其含沙量占总沙量的28.5%,在0—4cm高程内的含沙量可占40%以上。又据在禹城沙河沙地冬小麦田和休闲地测定,沙量同样集中在0—2cm和0—4cm高程内(表2)。测定结果表明:小麦田和休闲地比较,0—2cm高程内的含沙量分别为16%和23.46%,说明土壤下垫面不同,其风蚀程度各异,当增加地表生物盖度,可有效地提高土壤的抗风蚀强度。

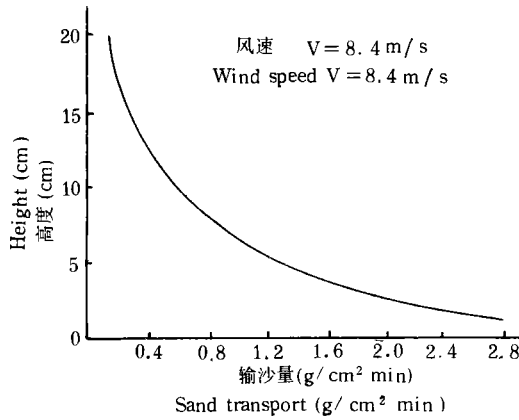


图1 新垦沙地风沙流结构曲线

Fig.1 The curve of wind-sand flow structure of newly reclaimed sandy lands

3.2 沙地风蚀的危害

沙地风蚀所造成的后果,在于引起沙区整个生态系统失衡,生态环境日趋恶化,土地退化,肥力锐减,土地生产力下降。主要表现为:

3.2.1 地形破碎 沙地风蚀的明显标志就是地表形态发生明显的变化。以禹城沙河地区为例,无论沙丘、生草沙地或滩地遭风蚀后,一般都历经表土风蚀、风蚀槽、风蚀洼地和风积沙堆等地表形态的形成过程。其演变规律如下:



丘—新月形沙丘或沙丘链等一系列地表形态的演变过程,使原始完整的地貌单元切割破碎,形成不毛之地。

表 2 禹城沙河地区沙地风蚀输沙量

Table 2 The rate of sand transport by wind in the Shahe area of Yucheng County

类型 Type	测定风速 Wind speed (m/s)	测定高度 Height (cm)	输沙量 Sand transport (g/cm ² ·min)	占总沙量 Of the total sand (%)
休 闲 地	6.8	2	13.8	23.46
		4	11.4	19.38
		6	7.2	12.24
		8	6.6	11.22
		10	4.2	7.14
		12	4.2	7.14
		14	3.6	6.12
		16	2.4	4.08
		18	1.8	3.06
冬 小 麦 地	6.8	20	3.6	6.12
		2	2.4	16.00
		4	1.2	8.00
		6	1.2	8.00
		8	1.2	8.00
		10	1.8	12.00
		12	1.8	12.00
		14	1.2	8.00
		16	1.2	8.00
18	1.2	8.00		
20	1.8	12.00		

表 3 禹城沙河不同类型沙地土壤机械组成

Table 3 Soil mechanical composition of different sandy lands in Shahe area of Yucheng County

类型 Type	深度 Depth (cm)	盐酸洗失量		颗粒组成					
		Leaching loss of HCl (%)		Particle size distribution (%) (粒径 size: mm)					
				1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001
裸沙地	0—20	7.68	0.05	86.69	4.11	0.69	0.87	1.35	2.91
花生地	0—20	8.68	微	78.15	9.20	0.65	2.27	1.05	3.97
黄豆地	0—20	9.67	微	64.67	18.28	1.58	3.14	2.66	7.38

3.2.2 地表物质组成粗粒化

沙地因风蚀使地表粉、细沙粒吹失,致使土壤物质组成

粗粒化;而被吹扬的粉、细沙粒随风飘移,遇障碍物时受阻沙落,并堆积成形状各异的沙堆。对固定沙丘或生草沙地的草皮层,一旦风蚀破口,下伏沙物质就会大量被风吹扬逸出,而堆积成沙丘。表 3 为禹城沙河不同类型沙地的颗粒组成,虽土地利用类型不同,风蚀程度各异,但机械组成中均以细沙为主,占颗粒组成的 64—86%,说明土壤因风蚀使表土层粗粒化。

3.2.3 耕层变薄,肥力下降 沙地因风蚀破坏了表土层,使耕层变薄,沃土吹蚀,土壤肥力下降。分析表明,禹城沙河沙地耕层有机质一般仅有 1—3g/kg,高者也不足 4g/kg,土壤肥力较低(表 4)。在鲁西北的德州、聊城、菏泽等六地、市、县的平原沙区,年均风蚀深度约 2.22mm,由此换算,每年因风蚀而损失的有机质 17.07 万吨,氮 1.37 万吨,磷 2.84 万吨,钾 2762 吨。可见土壤风蚀给农业生产带来的巨大损失!

表 4 禹城沙河沙地养分分析

Table 4 The soil nutrients of sandy lands in Shahe area of Yucheng County

类型	剖面	深度	有机质	全氮	全磷	水解氮	速效磷
Type	Profile	Depth (cm)	O.M. (g/kg)	Total N (g/kg)	Total P (P ₂ O ₅ g/kg)	Hydrolyzable N(mg/kg)	Available P (P ₂ O ₅ mg/kg)
利用一年	u-15	0—8	1.72	0.15	1.02	21.0	5.3
沙地		8—21	2.97	0.17	1.52	17.3	3.9
利用二年	u-12	0—8	3.50	0.26	1.74	50.2	43.3
沙地		8—21	3.07	0.17	1.32	34.7	5.8

4 沙地风蚀的防治

土壤风蚀的内在因素,是沙土结构松散,沙粒胶结能力差。因此,风蚀防治的机理也就在于设法增加地面的粗糙度,固结和稳定沙面,防止沙粒“活化”而频繁移动。目前,国内外防治土壤风蚀而控制土壤沙化的方法和措施较多,形式多样,可归纳以下几个方面。

1. 营造固沙林和农田防护林: 固沙造林防止土壤风蚀和沙化,这是根治风沙危害最为经济有效的生物措施。禹城沙河地区流动沙丘不足 35 公顷,但在风季形成风沙流,可严重影响周围 1533 公顷农田。因此,在流动沙丘前缘的下风处,营造防沙、阻沙村带,以拦截沙丘前移和降低风沙流的速度,减小风沙流携沙能力,起到固定沙源的作用;其次,在平垦的沙地上营造农田防护林,采用窄林带小网格的疏透结构,一是可拦阻主沙源的风沙流,减弱其速度,二是固定沙面防治“就地起沙”。

2. 留茬休闲: 沙地采用留茬休闲,可提高土壤抗风蚀强度,减小土壤的风蚀。据耕翻与留茬对比试验,耕翻地细沙量占 82.5%,而留茬地因地表吹蚀明显减少,细沙量仅占 37.76%,而粉沙量相应由 13.75%增加到 48.07%。

3. 适当扩大冬小麦播种面积: 沙地的开发利用应尽力增加地表生物盖度,以增加地面的粗糙度。因此,沙地要随开垦随种植,不可搁置撂荒,以免造成人为沙化。而适当增加冬小麦播种面积,增加春、冬季地面生物盖度,可防止干旱、多风季节的土壤风蚀。采用

麦-瓜、麦-花生间作套种,利用高秆作物挡风,保护春播作物,可明显减小风蚀,提高沙地的起沙风速。据测定裸沙地起沙风速为 4.0m/s ,小麦地为 5.2m/s ,生草沙地为 4.8m/s ,二年生果园为 6.8m/s 。

4.地面垫铺或薄膜覆盖: 为避免早春风蚀,利用麦秸垫铺作物、果树行间或用塑料薄膜覆盖西瓜、花生、棉花等作物,既可防止因风蚀埋苗,又可蓄水保墒和提高地温。据试验采用地膜覆盖可提高地温 $3\text{—}5^{\circ}\text{C}$,土壤含水率提高 $10\text{—}15\%$,作物增产 $8\text{—}15\%$ 。

5.以水压沙,适墒播种: 沙子“喜风怕水”,春播适时灌水造墒,既能适墒播种,又可以水压沙,是简单易行的防止风蚀的有效措施。

地处黄淮海平原的禹城万亩沙荒地,自1986年开发利用以来,经采用“水利调控、林草结合、生物覆盖和立体农业”等综合治理配套技术,取得了明显效益。流沙面积由 18.6% 减至 0.81% ,起沙风速由 4.1m/s 提高到 6.8m/s ,输沙量由 $14.9\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 降至 $4.3\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$,不仅有效地控制了沙害,而且改善了沙区生态环境。昔日的沙荒地,如今已初步建成了高效的农业生产基地。

参 考 文 献

1. 朱震达、吴正、刘恕,1980: 中国沙漠概论(修订版)。1—7页,36—50页;科学出版社。
2. 朱震达,1989: 中国沙漠化研究进展,中国沙漠,第9卷,第1期,5—10页。
3. 程维新等,1993: 洼地整治与环境生态。151—158页,174—179页,科学出版社。
4. 高安,1989年: 黄淮海平原风沙化土地合理开发与利用,中国沙漠,第9卷1期,38—43页。
5. 中国科学院南京土壤研究所黄淮海综合研究组,1984: 黄淮海平原主要低产土壤类型图及说明书,西安地图出版社。

STUDY ON WIND EROSION OF SANDY LANDS IN HUANG-HUAI-HAI PLAIN

Gao An and Wu Shiyi

(*Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou 730000*)

Summary

This paper deals with the environmental factors and the damages of wind erosion occurring in sandy lands of shahe area of Yucheng County in Shandong Province. The practical results showed that such techniques as water conservancy project, planting trees and grasses, biological mulching and stereoscopic farming measures could effectively stabilize sand surface, reduce wind velocity and increase the resistance to wind erosion, thus halting the wind-sand hazards. In addition, the paper also discusses the wind erosion mechanism and the laws of wind-sand activities, which may provide a basis for the agricultural development of sandy lands in the Huang-Huai-Hai plain.

Key words Wind erosion, Wind-sand activity, Ecological environment