

河北坝上农田、退耕地和天然草地土壤的可风蚀性

张志栋¹, 常春平¹, 郭中领¹, 王仁德², 邢春燕¹

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016; 2. 河北省科学院 地理科学研究所, 河北 石家庄 050021)

摘要: 对河北坝上农田、退耕地和天然草地土壤干团聚体稳定性(DAS_t)、土壤可蚀度(EF)和理化性质进行分析, 讨论了这3种土地利用类型土壤风蚀可蚀性的差异及其与土壤理化性质的关系。结果表明: 农田和天然草地 EF 与 DAS_t 值差异性显著($P < 0.05$), 天然草地和退耕地、退耕地和农田差异性不显著, 对于 EF 和 DAS_t , 天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田; 对于平均粒径, 农田 \approx 退耕地 $>$ 天然草地; 对于土壤机械组成黏粒与粉粒含量, 天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田; 对于砾石含量, 农田 $>$ 退耕地 $>$ 天然草地; 对于土壤有机质和全氮含量, 天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田。农田、退耕地、天然草地的 DAS_t 、 EF 系数与砾石含量、平均粒径有着显著相关性, 有机质、全氮含量和 DAS_t 在天然草地上极显著负相关; EF 与有机质、全氮含量在3种地类显著负相关。坝上地区草地和退耕地土壤肥力较高, 但表层土壤具有很高的风蚀潜力, 因此要限制开垦草地, 在必要的地区继续退耕还林还草, 提高地表植被的覆盖度, 防风固沙, 提高土壤肥力, 减少土壤风蚀。

关键词: 土地利用类型; 土壤风蚀; 可蚀性; 土壤理化性质

文章编号: 1000-694X(2018)01-0085-07

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2017.00084

中图分类号: P931.3

文献标志码: A

0 引言

土壤风蚀是土壤中的细颗粒和营养物质被风吹蚀、搬运的现象^[1], 是自然因素和人为因素相互作用的综合体现^[2], 对土地资源退化乃至彻底破坏、土壤肥力降低、交通或通讯阻断、草原退化等方面有着极为显著的影响^[3-4], 导致土壤理化性质和地表形态产生变化, 进而影响土壤风蚀可蚀性。河北坝上地区是京津冀风沙源治理的重要区域^[5], 由于特殊的气候条件、过度放牧、不合理的垦荒和耕作, 该地区土壤风蚀沙化问题尤为突出^[6]。根据查阅历史资料和实地询问, 坝上地区在20世纪50年代初以畜牧业为主, 土地地表多以天然草地覆盖, 20世纪60年代后由于人口增加, 大规模开垦, 天然草地受到破坏, 21世纪初坝上地区开始“退耕还林还草”工程措施, 植被部分恢复, 形成了目前草地、农田、退耕地交错的景观格局^[7-9]。

土地利用变化会显著改变土壤理化性质^[10], 许多学者对此进行了研究, 发现不同土地利用类型与其土壤的理化性质有着很大的关联性^[10-11], 不同学者从土壤的土壤含水量、粒径、pH、有机质、全氮等

因子进行分析研究, 发现地表覆被较好的土地利用类型土地肥力较高, 而粗颗粒较少^[12-20]。这些研究都是以理化性质为主来讨论, 没有针对可蚀性进行分析, 而对坝上地区风蚀可蚀性方面的研究相对更少。本文在采样点选择上通过对坝上康保地区的详细深入调查和分析, 决定把退耕地、天然草地和农田3种彼此临近分布的土地利用类型作为采样点, 通过野外调查和室内实验, 对3种不同土地利用类型进行土壤风蚀可蚀性研究。为坝上地区防风固沙、生态建设、土地利用及结构调整提供科学参考^[21-24]。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于河北省康保县境内($41^{\circ}25'24''$ — $42^{\circ}08'57''N$, $114^{\circ}11'21''$ — $114^{\circ}55'57''E$), 是中国北方农牧交错带中段地区^[5], 位于河北省西北部(图1), 此地区为温带大陆性半湿润气候向半干旱气候过度区, 冬春季大风多, 风向以西北风为主, 6级以上大风约 $60 d \cdot a^{-1}$, 降水量 $280 \sim 400 mm$, 地表类型以

收稿日期: 2017-09-03; 改回日期: 2017-11-15

资助项目: 国家自然科学基金项目(41330746, 41301291); 河北省软科学项目(13454213D); 河北省普通高等学校青年拔尖人才计划项目(BJ2016030)。

作者简介: 张志栋(1991—), 男, 河北赤城人, 硕士研究生, 主要从事土壤风蚀研究。E-mail: zhangzhidongll@163.com

通信作者: 郭中领(E-mail: gzldhr@163.com)

人工林、沙质丘陵天然草地、石质丘陵天然草地、退耕草地、耕地、退化草原等为主。

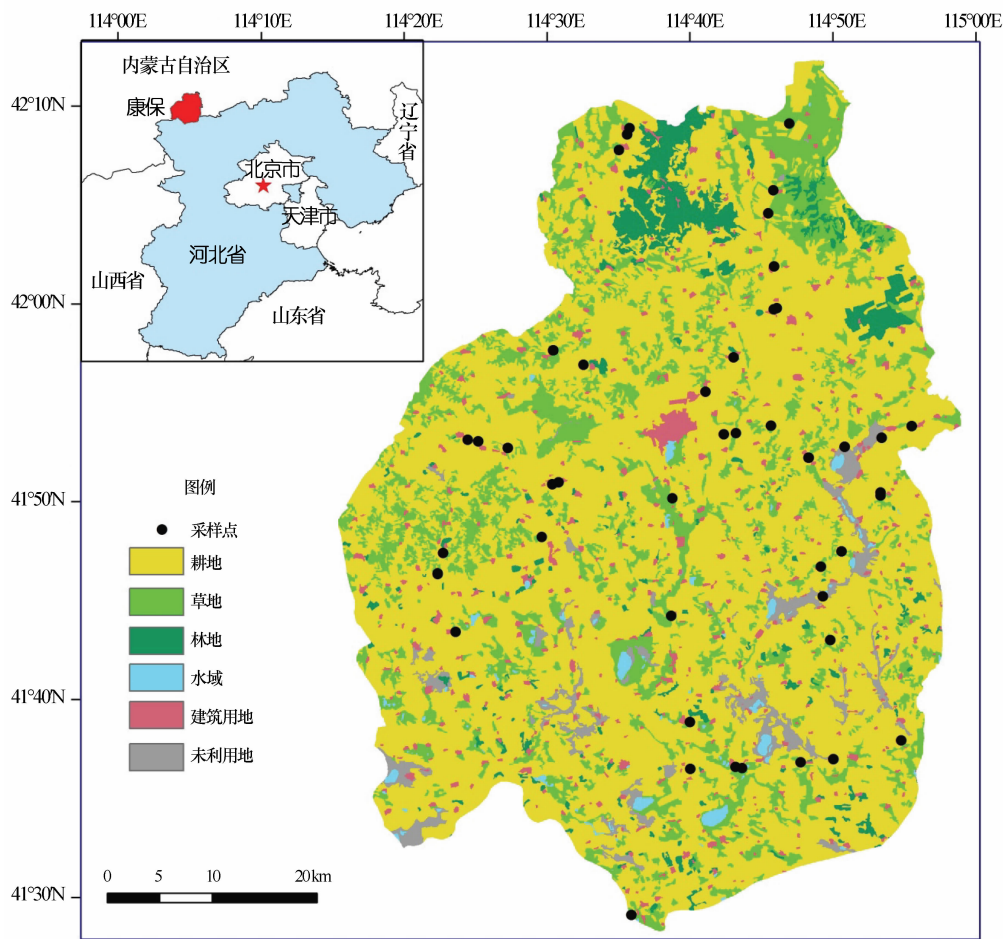


图 1 野外观测地点位置
Fig. 1 Location of sampling sites

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择

综合大范围实地考察与研究区域土地利用类型图等信息,在康保县内选取 39 个采样点(图 1),每个采样点农田和天然草地或退耕地相邻。样地选择以平坦地形为主,区域环境、成土母质等地理环境背景相似。选取的天然草地或退耕地位于农田的西北方或偏西北方,减少西北风(当地风蚀季主风向)吹蚀的农田土壤细颗粒对天然草地土壤理化的影响。退耕地通过查询资料和询问当地居民,选取退耕年限在 10~50 a 的样地。

1.2.2 采样及分析方法

采样时间为 2016 年 4 月中上旬,在春耕播种前进行。在 39 处野外取样点上,以农田和天然草地(退耕地)的界限为中心线,分别在中心线两侧确定农田和天然草地(退耕地)的 20 m×20 m 采样区。因为土壤风蚀可蚀性主要受地表土壤性质的影响,所以农田

天然草地和退耕地土样采集深度均确定为地表 5 cm^[25]。在采样区按照 S 型曲线设 5 个采样点,采集表层土样,先均匀混合然后取 5 kg 作为该采样点的样品。农田样品 39 个,对应的天然草地样品 16 个和退耕地样品 23 个,本次采集土壤表层样品 78 个。

土壤样品在实验室自然风干,其中部分样品过 2 mm 的筛,去除残留枯枝烂叶、草根及砾石。处理后,采用马尔文激光粒度分析仪(Mastersizer 3000)进行土壤颗粒组成的分析土壤质地按美国农业部分级标准划分。再取其中部分样品过 0.25 mm 的筛,测定土壤有机碳和全氮含量。有机质含量采用硫酸—重铬酸钾氧化法,土壤全氮含量采用凯氏定氮法。土壤团聚体稳定性 *DAS_t* 和可蚀度 *EF* 使用旋筛法测定^[25]。每个土样选取 4 kg 进行旋筛实验,每个采样点每次旋筛 2 kg 土样,旋筛分为 6 级(<0.5 mm, 0.84~0.5 mm, 0.84~2 mm, 2~5 mm, 5~20 mm, >20 mm),转速为 7 r·min⁻¹,时间为 25 min,旋筛结束后称重收集进行第二次旋筛再称重,再选取 2 kg

土样做一次重复实验(每个采样点土样选取两组,筛选 4 次),然后把样品分别第一次旋筛的两次重量相加作为最终样品第一次旋筛结果,把样品分别第二次旋筛的两次重量相加作为最终样品第二次旋筛结果,保证实验的精确度。

使用 Microsoft Excel 和 SPSS20.0 软件进行分析和制图,采用相关性分析和差异性检验对数据进行处理。

1.2.3 土壤可蚀度 *EF* 和干团聚体稳定性 *DAS_t* 的计算

土壤可蚀度 *EF*,用以下公式计算:

$$EF = \frac{W_{<0.84}}{T} \times 100\%$$
 (1)

式中: $W_{<0.84}$ 为第一次筛选中粒径 $<0.84\text{ mm}$ 的土壤质量, T 为总体土样的初始质量。

土壤团聚体稳定性 *DAS_t* 计算公式为^[25]:

$$DAS_t = \frac{(W_{>0.84})_1 - (W_{<0.84})_2}{(W_{>0.84})_1}$$
 (2)

式中: $(W_{<0.84})_2$ 表示第二次旋筛过后 $>0.84\text{ mm}$ 样品的质量; $(W_{>0.84})_1$ 表示经过一次旋筛 $>0.84\text{ mm}$ 样品的总质量。

2 结果与分析

2.1 土壤基本理化性质

3 种土地利用类型中农田和退耕地的平均粒径比较结果相似:农田 \approx 退耕地 $>$ 天然草地(表 1),是由于天然草地植被覆盖度较好,减少了风力侵蚀,加强了细颗粒物的沉积作用,使细颗粒物在蠕移、跃移过程中被阻拦^[26],最后在此沉积,农田和天然草地的标准差都在 $19\sim23\text{ }\mu\text{m}$ 左右,只有退耕地的标准

差高达 $42.22\text{ }\mu\text{m}$ 是农田和草地的 2 倍,这是因为退耕地受到人为因素和自然因素共同影响,相对土壤平均粒径相差较大。土壤质地中黏粒、粉粒、沙粒所占比重为:黏粒,天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田;粉粒,天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田;沙粒,农田 $>$ 退耕地 $>$ 天然草地。黏粒和粉粒粒径都较小,都呈现出天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田的规律,砂粒颗粒粒径较大呈现出农田 $>$ 退耕地 $>$ 天然草地,并且 3 种不同土地利用方式砾石含量:农田 $>$ 退耕地 $>$ 天然草地,这是因为农田长期规律性翻耕,每一次翻耕后正逢坝上地区春季风力较大的时期,风力的作用使农田的细颗粒物被吹蚀^[27],留下颗粒较大的物质,砾石含量较大,天然草地植被覆盖度较好,风力对其影响较小,退耕地处于两者之间。

土壤有机质和全氮的含量是评价土壤肥力的重要指标^[28]。有机质含量天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田,全氮含量也是天然草地 $>$ 退耕地 $>$ 农田,研究表明这两种物质在土壤表层较细颗粒中含量较高^[29],在风力侵蚀与沉积过程中,天然草地细颗粒物最多,其次是退耕地,再次是农田,农田由于长时间处于被风蚀的状态,土壤细颗粒消耗很多残留了较大的颗粒物,粗化最为明显,土壤养分大多以细颗粒物为载体,土地贫瘠,退耕地由于地表植被恢复,土壤肥力正在转好,天然草地既有利于细颗粒沉积,又有枯枝落叶动物粪便等的留存补充了土壤肥力,肥力最好。碳酸钙含量 3 种土地利用方式差距较小,处于 $3.25\sim3.57\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 且标准差在 $0.4\sim0.7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,说明土壤碳酸钙含量没有因不同的土地利用方式而发生变化。

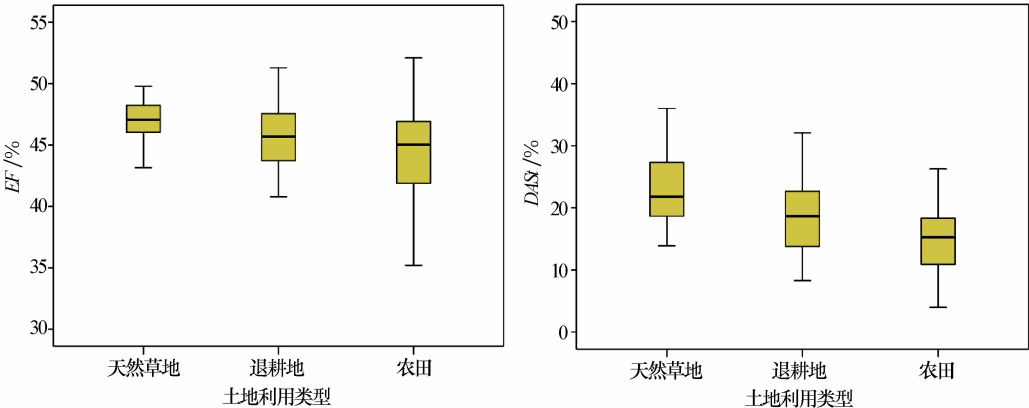
土壤风蚀敏感性受土壤风蚀度、土壤干团聚体

表 1 不同土地利用类型土壤理化性质
Table 1 Soil physical and chemical properties of different land use types

土地利用类型	项目	平均粒径 / μm	含量/ $(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$						
			黏粒 ($<2\text{ }\mu\text{m}$)	粉粒 ($2\sim5\text{ }\mu\text{m}$)	砂粒 ($>50\text{ }\mu\text{m}$)	砾石	碳酸钙	有机质	全氮
农田	均值±标准差	125.23±23.27	0.69±0.33	36.34±8.54	63.00±8.70	5.85±3.79	3.45±0.68	18.04±5.83	1.25±0.43
	极小值	63.95	0.17	19.74	33.12	0.13	1.95	8.72	0.55
	极大值	183.79	1.35	65.53	79.71	17.46	4.68	34.89	2.35
天然草地	均值±标准差	115.28±19.71	1.01±0.63	40.95±9.73	58.04±10.10	1.90±0.85	3.57±0.68	26.65±6.44	1.77±0.49
	极小值	80.52	0.22	27.39	38.50	0.883	2.28	14.22	0.83
	极大值	146.66	2.44	60.09	72.30	3.833	4.62	35.97	2.66
退耕地	均值±标准差	124.04±42.22	0.79±0.56	36.85±13.27	62.35±13.65	3.67±1.86	3.25±0.40	22.89±10.80	1.39±0.64
	极小值	39.84	0.05	17.21	22.21	1.26	2.36	9.99	0.52
	极大值	241.87	2.01	76.10	82.56	8.51	3.84	42.73	2.92

稳定性共同影响^[30]。*EF*、*DAS_t* 可以使土壤风蚀强度量化,使用简单的数学模型来判定风蚀影响强度的大小^[31–32]。3 种土地利用类型 78 个样品土壤可蚀性 *EF* 和土壤干团聚体稳定性 *DAS_t*,都为天然草地>退耕地>农田(图 2),这与不同土地利用类型的地表覆盖不同有关,天然草地地表植被生长较好,盖度较高,减少风力侵蚀对细颗粒的吹蚀,坝上地区处于农牧交错带农田和草地交替出现的现象尤为常见,农田的细颗粒物由于风力的作用吹到草地区域,地表的植被又可以增大地表的摩擦力,增加沉积作用,较多的细颗粒在这里保留,所以天然草地土壤可蚀性强^[33–34];退耕地的地表植被没有恢复完全相

对植被稀少,减少风蚀和增加沉积的作用较小,细颗粒有所保留但是相对天然草地较少,土壤可蚀性较强;农田在风蚀期间地表几乎没有植被,长期翻耕,土壤中的细颗粒吹蚀严重,土壤可蚀性最弱,由于小农经营因素的影响,异常值都出现在农田这类土地利用类型中。差异性检验表明,*DAS_t* 和 *EF* 两个指标,农田和天然草地的差异性显著($P<0.05$),天然草地和退耕地、退耕地和农田显著性不显著,这是由于退耕地地表植被状况正处于由农田向天然草地过渡的阶段,土壤结构与天然草地和农田都有相似之处,其可蚀性与天然草地和农田差异较小(表 2)。



箱体中间的粗线表示中位数,方框的两端分别表示上下四分位数,方框的上下两条细线分别表示除去异常值外的最大、最小值
图 2 不同土地利用类型土壤 *EF* 与 *DAS_t* 的结果
Fig. 2 Soil *EF* and *DAS_t* of different land use types

表 2 不同土地利用类型土壤可蚀性(*EF*)和团聚体稳定性(*DAS_t*)的差异分析($P<0.05$)
Table 2 Differences in soil *EF* and *DAS_t* of different land use types($P<0.05$)

土地利用类型	可蚀性(<i>EF</i>)			团聚体稳定性(<i>DAS_t</i>)		
	天然草地	退耕地	农田	天然草地	退耕地	农田
天然草地	—	0.387	0.013	—	0.057	0.002
退耕地	0.387	—	0.077	0.057	—	0.218
农田	0.013	0.077	—	0.002	0.218	—

2.2 土壤物理性质与 *EF*、*DAS_t*

DAS_t 和 *EF* 可以指示出土壤可蚀的强度,其数值越大土壤可蚀性越强。从表 3 可知,农田、退耕地和天然草地 3 种土地利用类型的 *DAS_t* 指标均与砾石含量有着显著的相关性,*DAS_t* 指标与土壤物理性质中砾石含量有着显著的负相关关系,砾石含量越高土壤可蚀性越弱,这种现象是由于砾石在旋筛过程中不易被振碎抗蚀性强,在野外也不易被风吹蚀,且相关性强弱变化为农田>退耕地>天然草地,并且草地的土壤组成黏粒、粉粒、沙粒都与

DAS_t 有着极强的相关性,且相关性逐渐增强,这之前讨论的草地植被覆盖度高作为天然的沉积源细颗粒物较多、农田由于植被覆盖度低风力侵蚀严重、地表细颗粒物少退耕地植被正处于恢复状态处于两者之间的结论相同。天然草地和退耕地的 *EF* 指标与平均粒径呈极显著负相关($P<0.01$),农田 *EF* 与平均粒径也呈显著相关性($P<0.5$),随着平均粒径的增大土壤可蚀性减小,与 *DAS_t* 所体现的规律相同,且强弱变化为天然草地>退耕地>农田。*DAS_t* 指标和砾石含量具有极强的相关性,*EF* 与平均粒径呈极强的相关性,二者虽然都体现了同

表 3 团聚体稳定性(DAS_t)与可蚀度(EF)与不同土地利用类型土壤物理性质相关性分析

Table 3 Correlation analysis between EF or DAS_t and soil physical properties of different land use types

土地利用类型		相关系数	平均粒径	黏粒	粉粒	砂粒	砾石含量
农田	DAS _t	Pearson 相关性	−0.170	0.082	−0.002	−0.001	−0.539 *
		显著性(双侧)	0.300	0.619	0.990	0.995	0.000
	EF	Pearson 相关性	0.352 *	−0.178	−0.341 *	0.342 *	−0.100
		显著性(双侧)	0.028	0.279	0.033	0.033	0.546
退耕地	DAS _t	Pearson 相关性	−0.068	0.016	−0.015	0.014	−0.594 *
		显著性(双侧)	0.757	0.942	0.945	0.950	0.003
	EF	Pearson 相关性	0.621 **	−0.062	−0.467 *	0.456 *	0.129
		显著性(双侧)	0.002	0.780	0.025	0.029	0.557
天然草地	DAS _t	Pearson 相关性	0.391	−0.513 *	−0.639 **	0.648 **	−0.593 *
		显著性(双侧)	0.134	0.042	0.008	0.007	0.016
	EF	Pearson 相关性	0.631 **	−0.604 *	−0.416	0.438	−0.373
		显著性(双侧)	0.009	0.013	0.109	0.089	0.155

** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

样的规律,但相关因子不同,DAS_t 数据实验经过两次旋筛使土壤原本比较稳定的团聚体破坏,但是砾石质地比较坚硬难以破坏,所以凸显了砾石与 DAS_t 的关系,降低了与平均粒径的相关性。总体而言,不同土地利用类型物理性质与风蚀指标的相关性天然草地>退耕地>农田,这是由于坝上农田大部分为小农经营,农田经营方式不同,退耕地退耕植被不同,天然草地没有这类因素的干扰。

2.3 土壤化学性质与 EF、DAS_t

土壤中的有机质和氮是地表植物生长的必要成分,是土壤肥力的主要特征^[35]。由表 4 可知,农田和退耕地风蚀指标 DAS_t 与有机质和全氮相关性都较差,天然草地 DAS_t 与其有极强的负相关性($P<$

0.01),表示随着土壤中有机质和全氮含量的提高,土壤可蚀性减弱,抗蚀性增强,原因是天然草地植被生长较好,土壤肥力高,土壤胶结作用强,土壤紧实,不容易被侵蚀。天然草地和退耕地中有机质和全氮含量均与土壤风蚀指标 EF 有着明显的负相关性,农田的有机质含量也与 EF 为极显著的负相关,全氮相关性较差($P=0.068$)但是关系也较为密切,退耕地有机质和全氮与 EF 均相关性极显著($P<0.01$),天然草地中有机质和全氮的含量与 EF 相关性显著($P<0.05$),风蚀指标 EF 与 3 种土地利用类型中有机质含量和全氮含量均呈现负相关,表明随着有机质和全氮含量的提升,也就是土壤肥力增强,土壤的风蚀性减弱。土壤肥力提高,导致其紧实度增强,团聚体的团聚效应增大,不同土地利用类型的

表 4 团聚体稳定性(DAS_t)与可蚀度(EF)与不同土地利用类型土壤化学性质相关性分析

Table 4 Correlation analysis between EF or DAS_t and soil chemical properties of different land use types

土地利用类型		相关系数	碳酸钙	有机质	全氮
农田	DAS _t	Pearson 相关性	−0.130	0.086	0.039
		显著性(双侧)	0.431	0.604	0.812
	EF	Pearson 相关性	−0.138	−0.417 **	−0.295
		显著性(双侧)	0.402	0.008	0.068
退耕地	DAS _t	Pearson 相关性	0.138	0.391	0.390
		显著性(双侧)	0.531	0.065	0.066
	EF	Pearson 相关性	−0.393	−0.609 **	−0.642 **
		显著性(双侧)	0.064	0.002	0.001
天然草地	DAS _t	Pearson 相关性	−0.119	−0.771 **	−0.768 **
		显著性(双侧)	0.662	0.000	0.001
	EF	Pearson 相关性	−0.009	−0.518 *	−0.532 *
		显著性(双侧)	0.972	0.040	0.034

在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

土壤都可以增强其抗侵蚀能力,由于有机质和全氮等养分的高低大部分依赖地表植被的优劣,所以退耕还林还草,提高地表植被覆盖度有利于提高土壤抗侵蚀的能力。总体上看,有机质和全氮的含量与天然草地的 EF 和 DAS_t 指标相关性最强,农田和退耕地只有 EF 与其相关,农田全氮与 EF 相关性较差,这也是由于小农经营方式和退耕地还林还草模式不同造成的。碳酸钙含量和 DAS_t 、 EF 没有明显的相关性,碳酸钙含量的变化和土壤侵蚀关系不大。

3 结论

农田和天然草地的可风蚀性(EF 、 DAS_t)差异性显著($P<0.05$),天然草地和退耕地、退耕地和农田风蚀可蚀性差异性不显著;土壤可风蚀性指标 EF 和 DAS_t 在 3 种不同土地利用类型上的总趋势是:天然草地>退耕地>农田,天然草地的可蚀性最强,退耕地次之,农田最弱,表明草地土壤的风蚀潜力最强,若不加以保护,过牧或者开垦天然草地为农田,会加大坝上地区的风蚀潜力。

3 种土地利用类型的平均粒径农田>退耕地>天然草地,这与地表覆盖状况有密切关系。土壤机械组成黏粒与粉粒所占比例结果相同,天然草地>退耕地>农田,沙粒结果相反。砾石含量农田>退耕地>天然草地,揭示了农田是风蚀最严重地类,所以要控制农田面积,保护天然植被,增加地表的覆盖度,增强土壤的抗侵蚀能力。土壤中有有机质和全氮含量均为天然草地>退耕地>农田,这与细颗粒物含量比例相关,要合理耕种,必要时采用轮作制度,让土地进行必要的休息,恢复肥力。碳酸钙含量极其接近,碳酸钙含量受土地利用类型影响较小。

DAS_t 和 EF 指标和 3 类土壤的砾石含量和平均粒径分别有着显著的负相关和正相关关系,都体现大颗粒物含量越多风蚀性越弱的规律。退耕地农田有机质全氮含量与 DAS_t 呈指标相关性差,天然草地与 DAS_t 极显著的负相关,3 种土地利用类型的有机质和全氮都与 EF 指标显著负相关,只有农田全氮相关性较差。总之,天然草地的理化性质与土壤风蚀指标 EF 与 DAS_t 有着密切联系,增强土壤肥力有利于减弱风蚀,所以退耕还林还草、提高地表植被覆盖度在防治风沙和减少风力侵蚀上有着明显的作用。

参考文献:

[1] 史培军,刘宝元,张科利,等. 土壤侵蚀过程与模型研究[J]. 资

源科学,1999,21(5):11—20.

[2] 刘玉璋,董光荣,李长治. 影响土壤风蚀主要因素的风洞实验研究[J]. 中国沙漠,1992,12(4):44—52.

[3] 陈渭南,董光荣,董治宝. 中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势[J]. 地球科学进展,1994,9(5):6—12.

[4] 杨会民,王静爱,邹学勇,等. 风水复合侵蚀研究进展与展望[J]. 中国沙漠,2016,36(4):962—971.

[5] 海春兴,周心澄,李晓佳. 河北坝上不同土地利用方式下土壤表层水分变化对风蚀的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(2):29—32.

[6] 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.

[7] 黄选瑞,姚清亮,鲁少波,等. 坝上地区实施退耕还林还草面临的问题与对策[J]. 中国生态农业学报,2001,9(4):53—55.

[8] 隆学文. 河北坝上农牧交错带生态产业构建及发展对策[D]. 北京:首都师范大学,2004.

[9] 魏立涛. 河北坝上退耕还林草区新农村建设面临的问题与对策[J]. 河北农业科学,2008,12(8):143—146.

[10] 杨钦,郭中领,王仁德,等. 河北坝上不同土地利用方式对土壤风蚀的影响[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(2):185—190.

[11] 黄晓强,赵云杰,信忠保,等. 北京山区典型土地利用方式对土壤理化性质及可蚀性的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(1):5—10.

[12] 杜昕. 长沙几种不同土地利用类型土壤理化性质特征[J]. 现代园艺,2015(2):5—6.

[13] 田涟祎,周忠发,闫利会. 人为干预下喀斯特峡谷区不同土地利用类型对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持通报,2015,35(6):92—96.

[14] 田涟祎. 石漠化地区土壤性质对不同土地利用方式的响应研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2016.

[15] 李进,宝音,张强,赵雪. 河北坝上沙漠化土地综合整治优化模式[J]. 中国沙漠,1994,14(4):72—85.

[16] 刘全友. 河北省坝上地区气候与沙化关系的研究[J]. 环境科学进展,1994,2(6):47—57.

[17] 孙建中,盛学斌,刘云霞. 河北坝上地区人类活动与生态环境变化研究[J]. 环境科学进展,1999,7(4):103—112.

[18] 哈斯,坝上高原土壤不可蚀性颗粒与耕作方式对风蚀的影响[J]. 中国沙漠,1994,14(4):92—97.

[19] 王仁德,邹学勇,赵婧妍. 半湿润区农田土壤风蚀的风洞模拟研究[J]. 中国沙漠,2012,32(3):640—646.

[20] 王云超,张立峰,侯大山,等. 河北坝上农牧交错区不同下垫面土壤风蚀特征研究[J]. 中国农学通报,2006,22(8):565—568.

[21] 赵洋毅,周运超,段旭. 黔中石灰岩喀斯特表层土壤结构性与土壤抗蚀抗冲性[J]. 水土保持研究,2008,15(2):18—21.

[22] 赵海璇,尚义县土地利用变化及结构调整[D]. 北京:首都师范大学,2011.

[23] 李鹏,李占斌,郑郁. 不同海拔对干热河谷地区土壤理化性质及可蚀性的影响[J]. 水土保持通报,2011,31(4):103—107.

[24] 胡立峰,张立峰. 风蚀地区的保护性耕作探讨——以河北坝上地区为例[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):219—221+224.

[25] Guo Z L, Chang C P, Wang R D, et al. Comparison of different methods to determine wind-erodible fraction of soil with rock fragments under different tillage/management [J]. Soil and Tillage Research, 2017, 168: 42—49.

[26] Hevia G G, Mendez M, Buschiazso D E. Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion [J]. Geoderma, 2007, 140(1): 90—96.

[27] 张加琼, 周学雷, 张春来, 等. 张家口坝上地区农田土壤风蚀的 ~(137)Cs 示踪研究 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2010, 46(6): 724—728.

[28] 温延臣, 李燕青, 袁亮, 等. 长期不同施肥制度土壤肥力特征综合评价方法 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(7): 91—99.

[29] 张俊华, 李国栋, 南忠仁, 等. 黑河绿洲区耕作影响下的土壤粒径分布及其与有机碳的关系 [J]. 地理研究, 2012, 31(4): 608—618.

[30] 邹长新. 敦煌铁路沿线土壤侵蚀敏感性及空间特征研究 [C]//中国林业与环境促进会. 全国水土保持与荒漠化防治及生态修复交流研讨会论文集. 北京: 中国林业与环境促进会, 2009: 6.

[31] Colazo J C, Buschiazso D E. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina [J]. Geoderma, 2010, 159(1): 228—236.

[32] 孙传龙, 张卓栋, 邱倩倩, 等. 锡林郭勒草地表层土壤粒度分形特征及其与风蚀的关系 [J]. 中国沙漠, 2017, 37(5): 978—985.

[33] 要洁. 河北坝上草地土壤风蚀特征研究 [D]. 石家庄: 河北师范大学, 2012.

[34] 胡广录, 王德金, 廖亚鑫, 等. 荒漠-绿洲过渡带斑块植被区起沙风对风蚀积沙量的影响 [J]. 中国沙漠, 2016, 36(4): 902—910.

[35] 王红营, 郭中领, 王仁德, 等. 河北坝上植被恢复措施对土壤性质的影响 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 74—79.

Soil Wind Erodibility of Farmland, Abandoned Farmland and Grassland in the Bashang Area of Hebei, China

Zhang Zhidong¹, Chang Chunping¹, Guo Zhongling¹, Wang Rende², Xing Chunyan¹

(1.College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China; 2.Institute of Geographical Sciences, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: In this research, we analyzed parameters related to wind erosion (erodible fraction of soil, *EF* and dry aggregate stability, *DAS_t*) of different land use types including farmland, abandoned farmland and grassland in Bashang Area, Hebei Province, China. The relationships between the *DAS_t* or *EF* and soil physical-chemical properties for different land use types were also investigated. The results showed that the wind erodibility (*EF* and *DAS_t*) of farmland is significantly different from that of grassland ($P<0.05$), and the differences of the wind erodibility for grassland versus abandoned farmland and abandoned farmland versus farmland were not significant; The *DAS_t* and *EF* values of different land use types were ranked as grassland>abandoned farmland>farmland; The average particle sizes were ranked as farmland≈abandoned farmland>grassland; The contents of clay and silt fractions were ranked as grassland>abandoned farmland>farmland; The gravel contents were ranked as farmland>abandoned farmland>grassland; The soil organic matter and total nitrogen contents were ranked as grassland>abandoned farmland>farmland. There were significant correlations between the *DAS_t* or *EF* and the gravel contents or the average particle sizes, respectively; There was a significant negative correlation between the soil organic matter or total nitrogen contents and *DAS_t* on the natural grassland; There was a significant negative correlation between the *EF* and the soil organic matter or total nitrogen contents on the three land use. The results indicated that soil fertility of the grassland and the abandoned farmland was relatively better than farmland in Bashang Area, but the topsoil of the grassland and the abandoned farmland had higher wind erosion potential. Therefore, grassland reclaim should be prevented, and some farmlands undergoing wind erosion should be returned to forests or grassland. The vegetation coverage should be increased on the grassland to improve soil fertility and further to prevent wind erosion.

Key words: land use types; wind erosion; erodibility; soil physical-chemical properties