

苏北沿海防护林土壤可蚀性的研究*

胡海波¹, 魏 勇¹, 仇才楼²

(1 南京林业大学, 南京 210037; 2 江苏沿海防风林试验站)

摘要: 苏北沿海防护林土壤抗侵蚀能力强, 多数林分表土抗蚀性和抗冲性高, 而深层土壤可蚀性差。根系对可蚀性有一定影响, 根系越小影响越大, 对抗冲性的影响比抗蚀性更加密切。人为扰动对可蚀性影响很大, 耕作可提高土壤可蚀性, 而机械清淤则使它大大减小。土壤质地、结构、容重、有机质含量等与抗冲、抗蚀显著相关, 其中与抗蚀性的关系比抗冲性更加密切。

关键词: 淤泥质海岸; 防护林; 可蚀性; 根系

中图分类号: S 157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)01-0150-05

Study on Soil Erodibility of Shelter-forest in Silting Coastal Area of Northern Jiangsu Province

HU Hai-bo¹, WEI Yong¹, QIU Cai-lou²

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, PRC; 2 Jiangsu Coastal Windbreak Experiment Station)

Abstract: Soil erosion resistance ability of forest lands in silting coastal area of northern Jiangsu province was strong. The anti-erodibility and anti-scouribility of top soil in most forest lands was the highest. Whereas in deep soil the two factors reduced. Soil erodibility was obviously influenced by tree roots, especially fine roots. Besides, there was a closer relationship between soil antiscouribility and roots. Artificial disturbance had a great influence on erodibility. Cultivation can improve soil erodibility. But mechanical silt-elimination had an adverse effect. There was significant correlation between soil texture, structure, bulk density, organic matter etc. and erodibility. Soil physical and chemical property had a closer relationship with anti-erodibility than with anti-scouribility.

Key words: silting coast; shelter-forest; erodibility; tree roots

淤泥质海岸地势坦荡, 是我国重要的海岸类型, 具有巨大的开发潜力^[1,2], 就区域观点来看不存在水土流失问题, 但在开发过程中, 平坦地貌经挖河、筑路及农垦后必然要改变小地形, 出现许多集水、汇水的坡面, 形成有利于土壤侵蚀的地形; 再加上土质松散, 土壤极易遭受侵蚀并堆积在沟河中, 迫切需要采取必需的防护措施。本文旨在研究防护林土壤的可蚀性, 为沿海水土保持提供可靠依据, 促进当地社会经济的可持续发展。

1 自然条件

研究区设在江苏沿海平原沙土区, 包括射阳、大丰、东台、海安和如东 5 个县(市), 观测点主要位于东台林场。该区属海洋性季风气候, 年平均气温 13.8 ~ 14.7, 年平均降水量 1 003 ~ 1 064 mm, 季节分配不均, 主要集中于夏季。台风是该区频繁发生和危害性最大的灾害性天气, 暴雨常随台风而来, 导致猛烈的降雨。地势平坦、开阔, 坡比 < 1%。土壤为粉沙土^[3], 粉沙粒(0.05 ~ 0.001 mm)含量最高, 平均占

* 收稿日期: 2000-12-25

本文为国家科技攻关项目。

60.4%; 沙粒(> 0.05 mm) 和黏粒(< 0.001 mm) 分别仅占 5.7% 和 17.7%。由于土质松散、结构性差, 在暴雨冲击下常导致严重的土壤侵蚀^[4]。

2 研究方法

在离村庄和道路较远、人为干扰小的地段, 选择典型的森林类型进行试验研究, 林分类型有刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、意杨 (*Populus deltoides* Bartr. cv. lux (ex. I- 69/ 55)、*P. xeuramericana* (Dode) Guinier cv. san Martino (ex. I- 72/ 58))、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、苹果 (*Malus pumila*)、柳杉 (*Cryptomeria fortunei*)、淡竹 (*Phyllostachy nigra var. henonis*)、泡桐 (*Paulownia fortunei*)、紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*) 等, 另外选择农田、光板地和机械清淤迹地作对照。

在林分中测定土壤抗冲性、抗蚀性和理化性质, 并调查土壤根系。土壤抗冲性采用改进后的 B. b 古沙克法, 即用 c. c 索波列夫抗冲仪自下而上分层测定, 分层情况是 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm。测定原理是: 在一个大气压下, 用一组 (10 个) 直径为 0.7 mm 的水柱对土壤冲击 1 min (出水口离土壤 5 cm), 抗冲性以冲击穴平均口径与深度乘积的倒数表示。土壤抗蚀性用水稳性指数表示^[5]。土壤理化性质包括有机质含量、碳酸钙含量、容量、非毛管孔隙率、毛管孔隙率、含水量、沙粒含量、黏粒含量、物理性黏粒含量和水稳性团粒含量, 其测定参见《土壤理化分析》^[6]。

根量调查采用土柱法^[7, 8], 即在平均木两侧各 1 m 处自上而下取土柱, 水平面积 20 cm × 25 cm, 厚度 10 cm, 直到无根为止。小心收集根系, 带至室内浸泡、清洗并置于烘箱 6 h (90 °C), 取出后按根径分

级, 分级标准是: < 1 mm, 1~2 mm, > 2 mm, 分别量长、称量。

3 研究结果

3.1 土壤抗蚀性

3.1.1 不同样地的土壤抗蚀性 抗蚀性反映土壤颗粒抵抗水的悬浮和分散的能力。表土由于动植物活动频繁, 有机物质多, 抵抗水的分散能力也强。由表 1 知, 林地土壤的抗蚀性 0~5 cm 和 5~20 cm 土层都比较高, 水稳性指数接近 1; 从第 3 层开始则有不同程度下降, 但仍然较高, 变化幅度为 0.74~1.00, 平均为 0.89, 如刺槐林、果园、淡竹林 20~40 cm 土层水稳性指数分别为 0.84、0.98 和 0.90; 第 4 层除刺槐林仍达 0.83 外, 其它各个林分迅速下降, 水稳性指数平均为 0.54。

表 1 不同样地的土壤抗蚀性

深度/cm	林地			农田	光板地
	平均值	范围	变异系数		
0~5	1.00	1.00~1.00	0.000	1.00	0.44
5~20	0.98	0.92~1.00	0.028	1.00	0.28
20~40	0.89	0.74~1.00	0.167	0.78	0.11
40~60	0.54	0.35~0.86	0.368	0.20	0.05

光板地生物活性小, 改土作用弱, 再加上盐分重, 土壤抵抗水的分散和悬浮的能力弱, 其抗蚀性远小于林地, 表层水稳性指数仅 0.44%, 为林地的 44%, 底层 (40~60 cm) 为 0.05, 几乎没有抗蚀能力。农田 0~5 cm 和 5~20 cm 土层水稳性指数均为 1, 与林地相近, 但第三层 (20~40 cm) 则比林地低 14.1%, 第四层更低, 仅为林地的 37.0%。因此, 森林提高土壤抗蚀性的效果是非常显著的。

表 2 不同深度根系长度和重量所占的比例 (%)

林分类型	根系分布深度/cm	根径/mm	根系长度				根系重量			
			0~40cm		0~60cm		0~40cm		0~60cm	
			0~40cm	0~60cm	0~40cm	0~60cm				
水杉(平地)	80	> 2	68.02	94.24	86.27	96.89				
		1~2	63.82	79.58	85.14	93.51				
		< 1	66.02	88.81	76.16	91.44				
刺槐(平地)	90	> 2	58.06	72.89	69.95	88.82				
		1~2	77.89	93.56	79.48	92.49				
		< 1	58.80	81.35	68.18	84.95				
刺槐(堤顶)	110	> 2	61.92	61.92	90.61	90.61				
		1~2	52.76	69.49	54.59	75.53				
		< 1	45.31	62.51	45.71	61.79				

3.1.2 根系对土壤抗蚀性的影响 由表 2 知, 在 0~40 cm 土层内, 堤顶刺槐林根系所占比例较小, 根

长和根重分别仅占 46.90% 和 63.03%, 表明根系分布深。平地林木根系浅, 0~40 cm 土层根系长度占

60% 以上; 根系重量占 80% 以上。40 cm 以下土层根系减少, 尤其是根系重量下降很快, 如水杉林 40 ~ 60 cm 土层根重仅占 11.48%, 60 cm 以下土层只占 5.12%; 平地刺槐林 40 ~ 60 cm 土层根重占 13.76%, 60 cm 以下土层 11.74%。因而, 根系的变化规律与土壤抗蚀性一致, 浅层土壤根系多, 抗蚀性强; 深层根系少, 抗蚀性差。

求出土壤抗蚀性与根长和根重的相关系数(表 3), 由表 3 可知土壤抗蚀性与根系虽然相关, 但相关性不大, 如水稳性指数与 < 1 mm 的根长和根重的相关系数分别为 0.487 0 和 0.673 6, 达显著性水平, 而与 > 2 mm 和 1 ~ 2 mm 根系的相关性均不显著, 其原因是: ① 部分样地 0 ~ 5 cm 和 5 ~ 20 cm 土层水稳性指数均为 1, 土壤抗蚀性没有差异, 而实际上两层土壤可能有较大差异。因此, 当土壤抗蚀性大到一定程度时, 水稳性指数已不能确切反映土壤抗蚀性强弱。④ 树木根系主要分布于 10 ~ 40 cm 土层, 对表层土壤影响不是最大, 而所有林地表土的可蚀性都为 1。(四) 凋落物对表层土性质影响较大, 凋落物多有机质丰富, 土粒不易分散和悬浮, 这个因素对土壤可蚀性的影响可能比根系大。

表 3 土壤抗蚀性与根量的相关关系

根量	水稳性指数			全部根系
	> 2 mm	2 ~ 1mm	< 1mm	
根长	0.0658	0.2286	0.4870*	0.4018*
根重	0.2237	0.3063	0.6736**	0.4614*

* $\alpha=0.05$ 显著水平, ** $\alpha=0.01$ 显著水平, $n=24$ 。

另外, 土壤抗蚀性与根量的相关性随根径的减小而增大, 如水稳指数与 > 2 mm, 1 ~ 2 mm 和 < 1 mm 根长的相关系数分别是 0.233 7、0.306 3 和 0.673 6。且根重与抗蚀性的相关性大于根长, 这可能是因为根重更能反映根系代谢能力, 对土壤改良作用强的缘故。

值得指出的是, 上述结论是在不同类型林地求得的, 各个林分的立地条件、年龄、根系特征等有较大差异, 因而根量与土壤抗蚀性相关性不大, 若在同一林分则其相关性很强, 据吴彦等^[9]研究, 在黄土高原栎柏混交林、麻栎林和柏木林内, 林木通过细根 (< 1 mm) 作用, 可显著提高水稳性团聚体数量, 增强土壤抗分散、悬浮能力, 因而各林分根量与抗蚀性显著相关。张金池等^[10]在苏北海堤的研究也得到相似结论。因此, 林木根系对土壤抗蚀性有显著影响。

3.1.3 人为扰动对土壤抗蚀性的影响 人为扰动包括开荒、造林整地、机械清淤等, 这些活动都会影响土壤抗蚀性。农业耕作可提高土壤有机质含量, 增

强抗蚀能力(图 1)。林地因其改土作用, 抗蚀性强, 尤其深层土更是如此。机械清淤迹地(堤顶), 由于堆土前土壤结构受到严重破坏, 黏粒损失较大^[11], 物理性黏粒含量仅占 3.62% ~ 3.64%, 粗沙(0.25 ~ 0.05 mm) 占 52.74% ~ 61.03%, 因而土壤抗蚀性骤减, 水稳性指数仅 0.05 左右, 土壤侵蚀严重, 要特别注意水土流失问题。光板地由入海泥沙自然沉积而成, 尽管未受人为扰动, 但海洋生物的活动也使土壤抗蚀性增大, 但较林地、农田小得多。土层越深影响越小, 40 ~ 60 cm 土层抗蚀性接近于机械清淤的土壤。

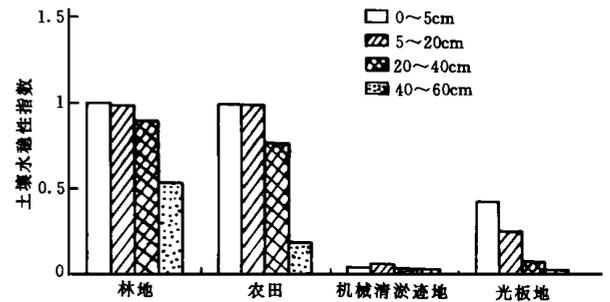


图 1 人为扰动对土壤抗蚀性的影响

3.2 土壤抗冲性

3.2.1 不同样地的土壤抗冲性 抗冲性反应土壤颗粒抵抗地表径流机械破坏和搬运的能力, 由表 4 知, 林地土壤抗冲性垂直变化有三种类型: (1) 地表最高, 由上向下逐渐降低, 大多数林地属这种类型, 如苹果园、柳杉和水杉混交林、淡竹林等, 对保持水土、防止土壤侵蚀十分有利。(2) 地表面较低, 表层(0 ~ 5 cm) 最高, 往下则逐渐降低, 如水杉林。(3) 地表面和表层较低, 第二层(5 ~ 20 cm) 最高, 向下则逐渐降低, 如刺槐林、I-69、72 杨树林, 这类林分一般疏松层较厚, 易受冲刷。从平均值来看, 林地地表面土壤抗冲性最大, 不易受到雨滴击溅和径流冲刷, 其值为 1.11 cm^{-2} , 向下则迅速降低。经检验 ($\alpha=0.01$)^[12], 林分各层土壤的抗冲性存在显著差异。

深度越大, 土壤抗冲性越弱, 因此在围垦滩涂开沟挖河时, 由于深层土壤翻到地表, 极易受到冲刷, 必须注意水土保持问题。

不同样地土壤抗冲性差异很大, 林地 > 农田 > 光板地, 林地表面土壤抗冲指数较农田和光板地分别大 52.1% 和 136.2%, 其它各层亦如此, 经检验 ($\alpha=0.05$) 其差异显著。不同林分间土壤抗冲性差异也比较大, 刺槐林地表面 0 ~ 5 cm 土层抗冲指数分别为 0.42 cm^{-2} 和 0.37 cm^{-2} , 而柳杉、水杉混交林相应层分别为 1.93 cm^{-2} 和 0.67 cm^{-2} , 比前者高

4. 6倍和 1.8 倍。

表 4 各样地土壤抗冲性比较

样地类型	抗冲指数/cm ⁻²					备注
	地表面	0~5 /cm	5~20 /cm	20~40 /cm	40~60 /cm	
刺槐	0.42	0.37	1.57	0.73	0.31	堤内平地
意杨×刺槐	0.77	0.34	1.34	0.34	0.25	堤内平地
苹果园	1.29	0.31	0.35	0.21	0.09	堤内平地
柳杉×水杉	1.93	0.67	0.51	0.28	0.08	堤内平地
水杉	0.61	1.04	0.68	0.27	0.13	堤内平地
泡桐	0.88	0.19	0.31	0.41	0.33	堤内平地
淡竹林	1.53	0.46	0.25	0.15	0.16	人工堆土, 堤顶
刺槐	1.48	0.81	0.29	0.15	0.16	人工堆土, 堤顶
平均值	1.11	0.52	0.66	0.32	0.19	
变异系数	0.43	0.52	0.72	0.56	0.48	
农田	0.73	0.21	0.31	0.18	0.07	耕作
光板地	0.47	0.14	0.18	0.09	0.07	堤内, 未受人扰动
清淤迹地	0.06	0.07	0.05	0.07	0.07	机械清淤, 堤顶

3. 2. 2 根系对土壤抗冲性的影响 由表 5 知, 根系与土壤抗冲性显著相关。粗根(> 2 mm 和 2~1 mm) 根长与土壤抗冲性相关性较小, 而直径< 1 mm 的细根根长与其相关系数为 0.522 4, 达显著性水平。根重与土壤抗冲性的关系比较密切, 直径> 2 mm、2~1 mm 和 1 mm 的根重与抗冲性的相关系数为 0.497 3, 0.498 8 和 0.643 7, 均达显著性水平, 且根径越小与土壤抗冲性越密切。因此, 树木根系能增强土壤抗冲性能, 有效地起到保土防蚀作用^[13]。

表 5 土壤抗冲性与根量的相关关系

根量	抗冲指数			
	> 2 mm	2~1 mm	< 1 mm	全部根系
根长	0.3861*	0.4581*	0.5224**	0.5078**
根重	0.4973*	0.4988*	0.6437**	0.5640**

* α= 0.05 显著水平, ** α= 0.01 显著水平, n= 24。

由于根系能网络土壤, 对土壤抗冲性有直接影响, 因此林木根系与抗冲性的相关系数较高, 其相关关系比抗蚀性更加密切。

3. 2. 3 人为扰动对土壤抗冲性的影响 人为扰动对土壤抗冲性也有很大影响(图 2)。大多数林地土壤抗冲性较农田大, 农田地表及 0~5 cm 土层平均抗冲指数分别为 0.73 cm⁻²和 0.21 cm⁻², 仅占林地的 65.8%和 40.4%; 除地表抗冲性较大外, 农田 0~5 cm 及其以下土层抗冲性迅速减少, 40~60 cm 土层仅为 0.07 cm⁻², 与光板地、机械清淤迹地相同, 几乎失去抗冲能力, 土壤抗冲性较林地、农田小得多, 地表 0~5 cm 和 5~20 cm 土层抗冲指数仅

为林地的 42.3%、26.9%和 27.3%, 为农田的 64.4%、66.7%和 58.1%。因此, 造林和农业耕作均可提高土壤抗冲性, 但前者影响程度大, 影响深度也深, 而后者仅限于 0~40 cm 土层内。

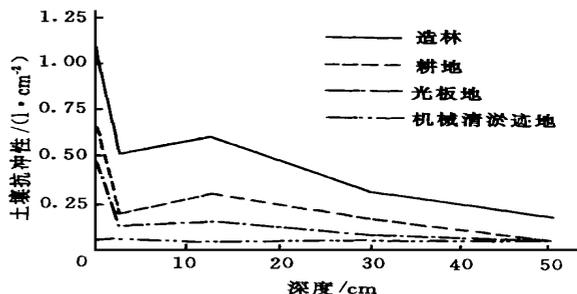


图 2 人为扰动对土壤抗冲性的影响

在机械清淤过程中, 土壤颗粒受到强烈冲击呈分散状态, 有机质及胶体损失殆尽, 土壤抗冲性很小, 且从上至下各土层抗冲性基本一致。因而, 对机械清淤迹地, 要采取必要措施、防治土壤侵蚀。

3. 3 土壤理化性质对抗蚀性、抗冲性的影响

设土壤可蚀性为 y , y_1 ——水稳性指数, y_2 ——抗冲指数(cm^{-2}); 设土壤理化性质为 x , x_1 ——有机质含量(g/kg), x_2 ——碳酸钙含量(%), x_3 ——容重(g/cm^3), x_4 ——非毛管孔隙率(%), x_5 ——毛管孔隙率(%), x_6 ——含水量(%), x_7 ——沙粒含量(%), x_8 ——黏粒含量(%), x_9 ——物理性黏粒含量(%), x_{10} ——> 0.25 mm 水稳性团粒含量(%), 求得土壤可蚀性与理化性质的相关系数见表 6。

由表 6 可知, 土壤抗蚀性与理化性质有着密切的关系, 水稳性指数(y_1)与有机质含量(x_1)相关系数最大, $r= 0.911 5$, 说明有机质对抗蚀性影响最大, 碳酸钙(x_2)、容重(x_3)与抗蚀性呈负相关, 表明碳酸钙含量越高、容重越大, 抗蚀性越小; 另外, 土壤质地(x_8, x_9)、结构(x_{10})和孔隙率(x_4, x_5)与抗蚀性也密切相关, 即黏粒含量越高、孔隙越多、结构越好, 土壤抗蚀性越强。在土壤理化性质中, 只有含水量和沙粒含量与抗蚀性相关性不显著, 这可能与沙粒变异性小有关。

土壤理化性质对抗冲性也有一定影响。抗冲指数(y_2)与土壤质地(x_8, x_9)、结构(x_{10})、容重(x_3)和有机质含量(x_1)极显著相关, 说明这些因素对土壤抗冲性影响很大; 不过, 碳酸钙含量(x_2)、孔隙率(x_4, x_5)和含水量(x_6)及沙粒含量(x_7)与土壤抗冲性相关性不显著。

表 6 土壤可蚀性与理化性质的相关系数

土壤可蚀性	土壤理化性质 X									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
水稳性指数 y_1	0.9115 ^{***}	-0.5811 ^{**}	-0.8538 ^{***}	-0.7990 ^{***}	0.6422 ^{***}	0.3154	-0.2994	0.5222 ^{**}	0.6324 ^{***}	0.7456 ^{***}
抗冲指数 y_2	0.5382 ^{**}	-0.3222	-0.5972 ^{**}	-0.3528	-0.2100	0.3735	0.0076	0.4038 [*]	0.6825 ^{**}	0.6214 ^{**}

* $\alpha=0.05$ 显著水平, ** $\alpha=0.01$ 显著水平, *** $\alpha=0.001$ 显著水平, $n=24$ 。

另外,在土壤质地中,物理性黏粒含量(x_9)比黏粒含量(x_8)与可蚀性的关系更加密切,其原因可能是前者比后者大,更能反映土壤性质的缘故;在土壤孔隙中,非毛管孔隙率变化大,且与其它理化指标有着更密切的关系,因而与可蚀性相关性较高。所以,在选择影响可蚀性的指标时,物理性黏粒含量和非毛管孔隙率比黏粒含量和毛管孔隙率更有代表性。

综上所述,土壤理化性质对可蚀性的影响十分复杂,它们之间有着密切的关系。

治土壤侵蚀。土壤可蚀性明显受根系影响,根系越小影响越大,且对抗冲性影响比抗蚀性更密切。造林和耕作均能提高抗蚀力,但前者影响深度大;机械清淤则使它显著降低,因而对清淤迹地要做好水土保持工作。土壤理化性质与可蚀性密切相关,其中与抗蚀性更加密切,改善理化性质可增强土壤抗蚀力、减轻土壤侵蚀。在平原粉沙淤泥质海岸,应大力营造沿海防护林体系。

4 结 论

苏北沿海防护林土壤抗侵蚀能力强,能有效防

致谢:曾得到南京林业大学张金池、林文棣教授的具体指导,在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 林文棣. 中国海岸带林业[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [2] 胡海波. 泥质海岸防护林土壤生态特性研究[博士论文][D]. 南京林业大学, 1999. 1~12.
- [3] 陈邦本, 方明. 海岸带土壤[M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
- [4] 胡海波, 林文棣, 等. 江苏沿海平原沙土区土壤侵蚀规律研究[J]. 南京林业大学学报, 1992, 16(2): 25~30.
- [5] 水利电力部农村水利水土保持司. 水土保持试验规范[S]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [7] W. 伯姆著, 薛德榕, 等译. 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [8] 吴钦孝, 李勇, 等. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性的研究 [J]. 水土保持学报, 1990, 4(1): 11~16.
- [9] 吴彦, 刘世全, 等. 植物根系提高土壤水稳性团粒含量的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(1): 45~49.
- [10] 张金池, 康立新, 等. 苏北海堤林带树木根系固地功能研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(2): 43~47.
- [11] 胡海波, 张金池, 等. 不同清淤方式对土壤侵蚀影响的研究[J]. 水土保持通报, 1993, (1): 30.
- [12] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [13] 李勇, 徐晓琴, 等. 植物根系与土壤抗冲性[J]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 11~13.