

# 土壤侵蝕的野外調查研究方法介紹\*

史德明

(中国科学院土壤研究所)

解放以来,在党和政府的领导下,我国的水土保持工作,已经取得了显著的成绩。但我国山丘地区多,水土流失面积广,水土保持工作仍然是我国发展农业生产、根治水害、开发水利的一个长期的重大任务。为了彻底摸清水土流失情况和有效地控制水土流失,必须首先了解土壤侵蚀分布规律、季节动态的野外研究方法,本文特就这方面的情况加以介绍,并附部分结果作为例子,以资说明。

## 坡长和坡度对表面逕流和土壤侵蚀影响的野外观测

关于坡长和坡度对逕流和侵蚀的影响,曾有许多作者研究过<sup>[1,2,4,5,6,8,9,10]</sup>。1960年春季融雪期间,在莫斯科近郊的萨来夫逕流试验站,作者曾进行了逕流速度的测定,在同一斜坡的不同部位(上、中、下)测定逕流的相对速度。测定时将带色(红色、黑色或蓝色)溶液20—50毫升倾入逕流中,然后观测其流经一定距离(5—10米)所需要的时间,最后分别计算不同斜坡部位的平均逕流速度,并测量各测点至分水岭的距离。观测证明,在1—1.5°的直形坡上,距分水岭50米处,流速为0.2米/秒,在中部(距分水岭120米)和下部(距分水岭200米),流速分别为0.3和0.42米/秒,即是说逕流速度随着坡长的增加而加大。

1959年秋,我们用C. C. 索波列夫测量细沟断面的方法<sup>[8]</sup>测定了不同坡长的土壤侵蚀量。具体方法是:在出现细沟侵蚀的斜坡上,选择典型地段,从上而下布置若干测量小区(简称测区,下同),其数量多少视坡形和侵蚀程度而定,一般当坡形复杂或侵蚀程度较强时,测区数量也相应增多。测区间的距离通常不超过50—100米,在形态单一的斜坡上距离可放宽些。测区长50米宽1米。测区布置方向须平行于等高线方向。在每块测区内,测量所有细沟的断面,计算出细沟的总体积,并将各测区的计算结果,折合成每公顷若干立方米以代表每公顷的侵蚀量。同时,须记载测区距分水岭长、坡度、坡向和土壤侵蚀程度等。在轻壤质生草灰化土的冬小麦地上测定的结果表明:在直形坡上(3—4°),当坡长等于200米时,侵蚀量为26.4立方米/公顷,坡长增加到270米时,侵蚀量为33.2立方米/公顷。

利用同样的方法在生草灰化土地区,我们同时研究了坡度对侵蚀量的影响。部分结果参看表1。由表1可以看出,在轻壤质生草灰化土上,当其他条件相同时,坡度增加2°和3°,侵蚀量相应增加4和14立方米/公顷。在砂壤质生草灰化土上,距离分水岭200和250米的地方,坡度的增加引起了更强烈的土壤侵蚀。

我们应用上述方法所得结果证明了下列的规律性,即当坡度逐渐减小时,虽然坡长增

\* 本工作是作者在苏联学习期间研究论文的一部分。

加,一般來說,侵蝕強度仍將降低。此外,隨着坡度的繼續減小(儘管坡長增加),不僅侵蝕量減少,而且侵蝕堆積物增加(表 2)。

表 1 坡度對侵蝕量的影響  
(順坡耕作,冬小麥,1959年9月)

土 壤	坡 向	距分水嶺長(米)	坡度(度)	侵蝕量 (立方米/公頃)
輕壤質生草灰化土	東 坡	100	1	2.4
			3	6.3
			4	16.4
砂壤質生草灰化土	南 坡	200	2	23.4
			4.5	51.9
			6	60.2
砂壤質生草灰化土	南 坡	250	3.5	23.0
			7	68.0

表 2 坡度對侵蝕和堆積的影響

土 壤 (觀察時間)	利用狀況	距分水嶺長 (米)	坡 度 (度)	侵蝕量 (立方米/公頃)	堆積量 (立方米/公頃)
砂壤生草灰化土 (9月/1959年)	冬小麥 (順坡耕作)	220	4	78.2	3.9
		240	2.5	61.8	10.4
		260	1	14.3	18.4
同 上 (4月/1961年)	秋翻地 (順坡耕作)	30	1.5	3	未測
		150	1.5	4.9	
		180	8	123	
同 上 (9月/1959年)	冬小麥 (順坡耕作)	300	1.5	17.2	未測
		150	4	38.1	

為了進一步探索坡度、坡長對土壤侵蝕的影響,從 1959 到 1961 年,在生草灰化土地區,在不同耕作利用狀況下我們進行了侵蝕量的比較研究<sup>1)</sup>(方法同前)。從 231 次細溝断面測量中,按照下列不同坡度和坡長分級計算平均侵蝕量(結果示如圖 1)。坡度分級為: 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°; 坡長分級為: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 米。

由圖 1 的曲線趨向可以看出,雖然侵蝕量因坡度和坡長兩者的增加而加大,但坡度的加大,對侵蝕量的影響更為顯著。

在比較研究坡度、坡長對侵蝕程度的影響時,可利用對比方法,如坡度相同觀測坡長對侵蝕程度的影響,或坡長相同觀測坡度對侵蝕程度的影響,以及在短而陡和長而緩的斜坡上,比較侵蝕程度的差異。野外觀測中可首先選擇典型断面從分水嶺到溝谷邊緣,挖掘主要的和參考的土壤剖面,用對比土層(發生層)厚度的辦法,找出不同侵蝕程度土壤的界綫,同時記載剖面地點距分水嶺長、坡度、坡向和利用狀況等。將這些觀測結果(包括侵蝕程度)列表加以綜合比較或作成断面圖(參看圖 2)。侵蝕程度的劃分標準是根據 C. C. 索波列夫教授和 Г. A. 勃來斯涅柯娃的土壤侵蝕分類法<sup>[7,8]</sup>。在蘇聯中俄羅斯高

1) 三年中侵蝕量的測定是在固定地點進行的。在同樣的利用狀況下,同時分別進行了坡長、坡度對侵蝕量影響的測定。

地黑鈣土地区研究得到的部分結果列如表 3。由表 3 可看出,在坡度为 1—1.5° 的南坡,距分水岭 550 米处,为第一級輕度侵蝕土壤,当坡长相同而坡度增加一倍时,則为第二級輕度侵蝕土壤。又如坡度为 1.5° 的东坡坡长虽增加两倍,却并未引起土壤侵蝕程度的增加,可是在同

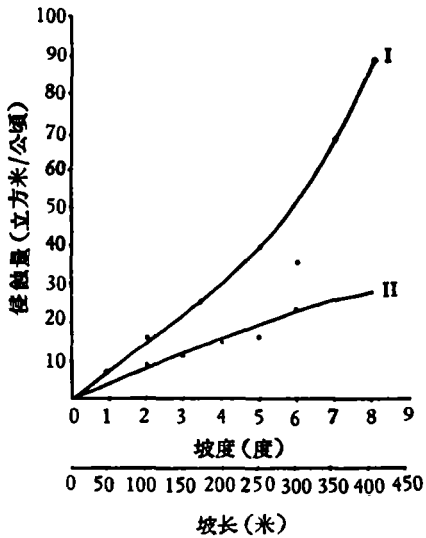


图 1 坡度、坡长对侵蝕量影响的比較曲綫  
I——坡度与侵蝕量的关系  
II——坡长与侵蝕量的关系

表 3 坡度对土壤侵蝕程度的影响  
(重壤質厚层黑鈣土, 1960 年 9 月)

坡 向	距分水岭长 (米)	坡 度 (度)	侵蝕程度
南 坡	550	1—1.5	第一級輕度
	550	2—3	第二級輕度
	550	1—1.5	第一級輕度
	60	8	第一級中度
东 坡	150	1.5	第一級輕度
	300	1.5	第一級輕度
	450	1.5	第一級輕度
	450	2.5—3	第二級輕度

样坡长情况下,坡度由 1.5° 增至 2.5°—3° 时,則由第一級輕度侵蝕土壤加剧至第二級輕度侵蝕土壤。

此外,表 3 的資料还証明了,在重壤質黑鈣土上,尽管坡长从距分水岭 550 米縮短到 60 米,但当其坡度从 1°—1.5° 增至 8°,土壤侵蝕程度从第一級輕度加剧到第一級中度。

总结上述,可以认为,土壤侵蝕过程无论在生草灰化土或黑鈣土地区,在短而陡的斜坡上要比在长而緩的同一坡向的斜坡上剧烈得多。这同样說明坡度对侵蝕发展的影响要比坡长来得大。

### 坡形对地表逕流和土壤侵蝕影响的野外观测

曾有許多学者作过坡形对逕流和侵蝕影响的观测研究<sup>[2,4,5,6,8,9,10]</sup>。在莫斯科州生草灰化土地区,作者也曾作过这方面的野外观测研究。在野外选择不同坡形的斜坡,分別用測量細沟断面的方法計算侵蝕量,然后加以比較。表 4 的測定結果說明,在凸形坡上侵蝕量增长最为迅速,在坡度的最大部分(6°)达到了最高量——60.2 立方米/公頃;在复合形斜坡上,开始时侵蝕量逐渐增加,然后随着坡度的变緩而减少,及至坡麓部分(0.5°)則反侵蝕为堆积。

观测証明,在斜坡的各个部位侵蝕强度不同,这就造成了侵蝕土壤分布的复杂性,也即哪里的年侵蝕量大,哪里就見到侵蝕程度大的土壤,反之亦然。

由图 2 可以看出,在斜坡下部的凸形坡部分,无论是侵蝕量或土壤的侵蝕程度都向下逐渐增高。如在第二級輕度侵蝕的土壤上,侵蝕量为 24.5 立方米/公頃,而在第一級中度侵蝕以及第二級强度侵蝕的土壤上,侵蝕量分別为 52 和 90 立方米/公頃。

野外观测証明,在生草灰化土地区,上述不同侵蝕量和侵蝕土壤在斜坡上的复杂分布

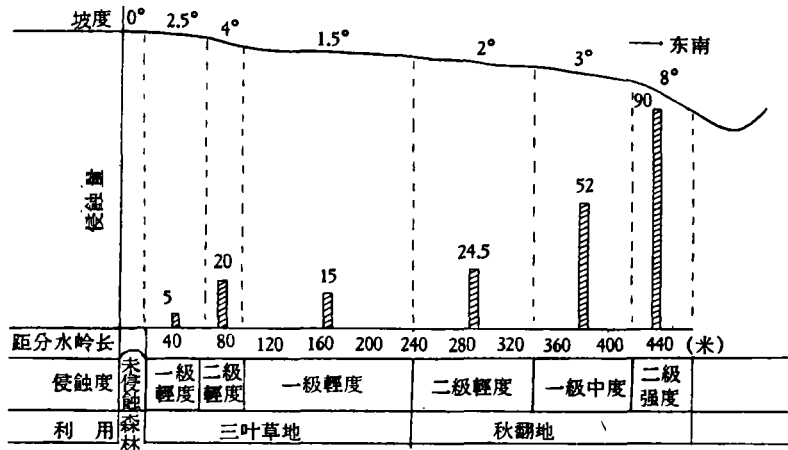


图2 侵蝕土壤和侵蝕量(立方米/公頃)在不同坡形部位的分布 (砂壤質生草灰化土)(1960年4月)

表4 在不同斜坡上的侵蝕量情况

坡形	距分水岭长(米)	坡度(度)	侵蝕量(立方米/公頃)
直形坡(东坡) (冬小麦)	50	1	1.0
	100	1	2.5
	150	1	6.4
	250	1.5	14.5
	300	1.5	17.2
	380	1.5	27.4
凸形坡(南坡) (秋翻地)	200	2	23.4
	200	4.5	51.9
	200	6	60.2
复合形坡(东坡) (冬小麦)	150	1	1.9
	200	1	2.5
	250	2	7.0
	300	4	14.0
	350	2	9.6
	400	1	3.2
	480	1	3.9
550	0.5	<0.5 (5.2堆积)	

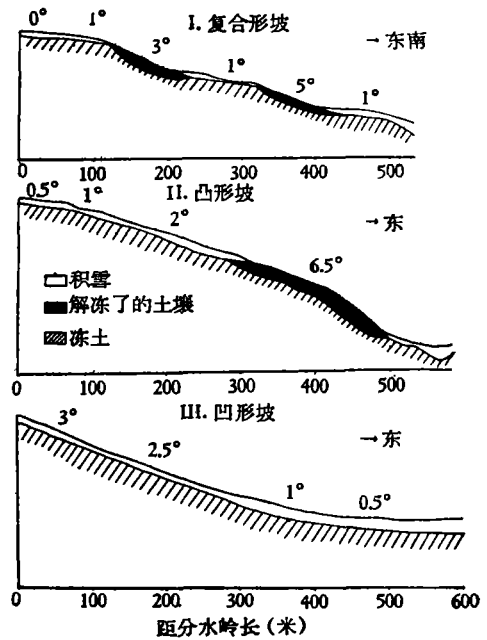


图3 坡形对积雪和土壤解冻的影响

与不同坡形的融雪过程特点，以及与此而引起的不同的土壤侵蝕作用有关。如在直形坡上，雪的分布比較均匀，因此，融雪或土壤解冻的时间在整个坡面上很接近。根据 1961 年春天的观察，积雪在直形坡的上部比下部早 1—2 天融化掉，大部分融雪水流沿着冰壳或冻结土壤的表面流动，因此，侵蝕量不大，每公頃 5—6 立方米(坡度 2—3°，距分水岭 300 米)。

在复合形斜坡上，則見到另一种情况(图 3-I)，在陡坡部分 4 月 9 日雪厚为 15—17 厘米，4 月 12 日土壤开始解冻，因此表层解冻的土壤，強烈地遭到来自上部的融雪逕流的

冲刷, 侵蚀量达 32—45 立方米/公顷; 而在缓坡部分 4 月 9 日雪厚为 20—25 厘米, 4 月 14 日土壤开始解冻, 于是因土壤解冻较晚而侵蚀量仅 5—10 立方米/公顷。

特别是在凸形坡的陡坡部分, 由于积雪较薄且较上部地区先融化掉, 同时土壤解冻也最早, 因此所有上部流来的逕流破坏了已解冻的表层土壤, 可深达底部仍然冻结的不透土层, 故该部分的侵蚀量最大——92 立方米/公顷(图 3-II)。在凹形坡上(图 3-III)侵蚀量最小, 因该部分有比较厚的积雪, 而且复盖时间较长, 可保护土壤免受侵蚀, 同时截阻了逕流, 促进了侵蚀产物的堆积, 因此, 在融雪期间, 经常看到雪面上有淤泥堆积, 融雪后, 它们呈扇状的锥体留在地面上。

### 土壤透水性能对土壤侵蚀发展影响的野外观测

作者曾用卡庆斯基的透水方法<sup>[3]</sup>于不同季节在莫斯科州的生草灰化土地区进行了渗透试验, 以便了解土壤透水性能与侵蚀的关系。

春季土壤透水性的测定是在机械组成不同的解冻和未解冻的土壤上进行的。试验结果证明, 在冻结的砂质和壤质生草灰化土上, 透水性很小(0.013—0.031 毫米/分), 但随着解冻深度的增加而增大, 如解冻深度为 5—7 厘米时透水速度为 0.69—0.83 毫米/分, 10—12 厘米时透水速度为 0.88—0.9 毫米/分, 完全解冻的土壤上为 0.93—1.03 毫米/分。同时在砂质土壤上, 透水速度的增加, 比壤质土壤上要快得多。

总的说来, 在生草灰化土地区, 冻结的或不同程度解冻的土壤的透水性都是很小的, 因而在春季融雪时期, 容易发生地表逕流, 而使解冻的土壤发生比较剧烈的流失。

在夏季由于土壤湿度不大和表土因耕作而变得疏松, 土壤的透水性比春季融雪时期大得多。

1961 年在生草灰化土地区的试验结果是, 最初 30 分钟夏季土壤的渗透速度较春季解冻后的同样土壤大 13 倍, 随着试验时间的延续, 其差距逐渐缩小, 两小时时, 前者比后者大 7 倍。

在夏季由于疏松的耕作层透水性较大, 如降雨强度不大时, 降雨很快被土壤吸收而不致发生逕流。根据我们的观察(1959—1961 年), 在生草灰化土地区, 如降雨强度为 0.01—0.05 毫米/分, 而降雨量在 0.5—4 毫米之间时, 耕地表面不出现逕流。

### 土壤抗蚀性能对土壤侵蚀发展影响的野外观测

土壤是被侵蚀的对象, 它的抗蚀性能的大小, 直接决定着侵蚀作用的强弱。1960 年夏季和 1961 年春季、夏季采用 C. C. 索波列夫的仪器<sup>[9]</sup>在生草灰化土上进行了土壤抗蚀性能的测定。具体方法是, 在一定压力下喷出 1 毫米直径的细股水流, 分别冲刷土壤剖面各个发生层, 使产生洞穴。由洞穴的深度和大小, 相对比较各发生层或不同土壤的抗蚀能力。试验结果证明, 植物被复无论在防止融雪侵蚀或暴雨侵蚀中都有很大作用。在林下有枯枝落叶层的冻结土壤上, 试验结果未出现任何洞穴; 而没有枯枝落叶层的则洞穴深为 0.3—0.5 厘米; 放荒地上深 0.75 厘米; 秋翻地上深达 2.7 厘米, 抗蚀性最小。夏季试验的洞穴深度分别为: 林地未除去枯枝落叶层的小于 0.5 厘米, 将其枯枝落叶层除去后为 2.3—2.9 厘米, 休闲地(三叶草)为 1.6—2.6 厘米, 耕地(向日葵)为 4.7—9.7 厘米。土壤抗蚀性

能試驗還證明，在春季，凍結土壤的抗蝕能力比已解凍的土壤大 3—4 倍。

根據春、夏季土壤侵蝕量、透水性、抗蝕性等測定，可以看出，在生草灰化土地區，春季由於土壤透水性很小，容易形成大量逕流，它們有力地破壞着缺乏植物復蓋的抗蝕力很小的耕地土壤；夏季，土壤具有較大的透水性，而且在不同程度上為農作物所復蓋，受逕流的破壞作用較小，因此春季的侵蝕量比夏季要大（表 5）。

表 5 春夏季節土壤侵蝕量的比較（立方米/公頃）  
（砂壤質生草強灰化土，東坡，順坡耕作）

距分水嶺 長(米)	坡 度 (度)	1960 年				1961 年			
		春 季		夏 季		春 季		夏 季	
		侵 蝕 量				侵 蝕 量			
30	1.5		10.5		1.8		3		0.4
150	1.5	秋翻地	66.4	向日葵	5.7	秋翻地	4.9	馬鈴薯	0.7
180	8		263.0		37.8		123.0		18.1

### 土壤侵蝕季節性動態的測定

通過野外觀測研究可以測定土壤侵蝕的季節性動態。首先必需了解各種不同作物在不同季節的保土作用，因為農作物是防治侵蝕發生的重要因素。郁閉的作物被復不僅可以保護土壤表面免於雨滴的直接打擊，而且能減輕逕流的破壞作用。同時還需了解年降雨量的分布、不同時期的降雨強度以及土壤被積雪復蓋的具體時間等。通過這些資料，可以知道一年中土壤表面被作物或積雪復蓋多少天，半復蓋多少天，完全裸露多少天；同時，還可以知道土壤在不同的復蓋時期內，降雨量及其強度的大小，從而知道土壤遭到侵蝕破壞的實際可能性。在不同土壤—氣候帶研究了這些因素以後，可以知道每個地區土壤侵蝕的基本動態，為制定防蝕措施及其日程安排提供可靠依據。

1960—1961 年間，在收集上述資料的同時，我們在利用方式不同的耕地上，測定了不同季節的平均侵蝕量，並以此擬定了薩來夫逕流試驗站地區侵蝕的季節性動態圖式（圖 4）。

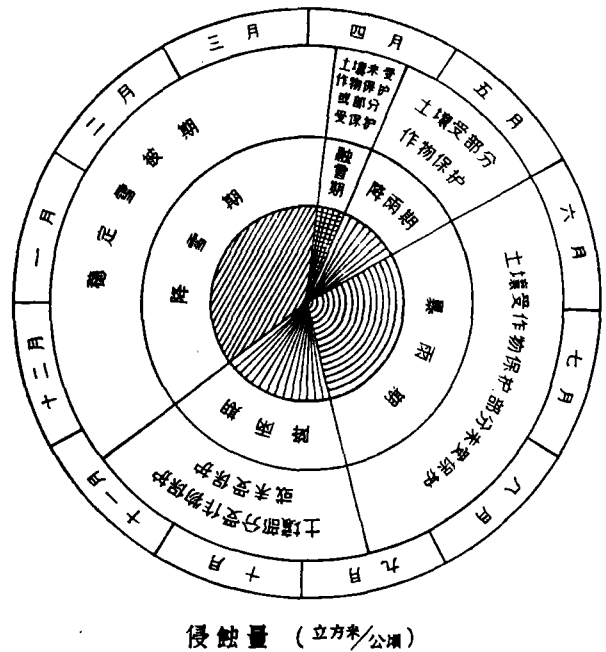


圖 4 薩來夫逕流試驗站侵蝕動態圖式(耕地)

由图 4 可以明显看出, 在 11 月下旬到 4 月上旬的稳定雪被复盖期间是无侵蚀的季节, 这个时间共达 140—150 天, 占全年日数的 38.4—41%; 4 月下旬、5 月、9 月下半月到 11 月中旬, 具有轻微侵蚀 (1—5 立方米/公顷), 共 106 天, 占全年日数的 29%; 暴雨季节 (6 月到 9 月上半月) 具有中度侵蚀 (5—20 立方米/公顷), 共 108 天, 占全年日数的 29.6%; 在为期很短的融雪时间内 (4 月中旬) 发生最强烈的侵蚀 (20—40 立方米/公顷), 共约 10—15 天, 占全年日数的 2.7—4.1%。这期间, 由于侵蚀严重, 肥沃的土壤表层和水分大量流失。因此, 在生草灰化土地区, 注意冬季和早春的融雪和土壤解冻的调节, 对防止侵蚀和保持水分都是很重要的一环, 而对防止暴雨逕流的发生也是必不可少的。

由上述可以看出, 土壤侵蚀的季节性动态的测定, 足以阐明不同时期的侵蚀强度及其与发生条件的关系, 除对制定防蚀措施提供依据外, 还可以对不同土壤-气候带的轮作、间作提供参考依据, 即是说, 作物配置应该尽量考虑到不同季节发生土壤侵蚀的可能性, 在暴雨季节应尽可能地增加地面复盖使土壤免受雨滴和逕流的破坏。

## 结 束 語

综上所述, 在土壤侵蚀的理论研究及其防止的实践过程中, 首先必须在野外条件下, 观测研究坡长、坡度、坡形与侵蚀过程发生的关系。

在一般情况下, 侵蚀强度随着坡长或坡度的加大而增强, 但坡度对侵蚀量的影响比坡长来得大。

坡形对侵蚀发展、分布的影响是, 凸形坡上侵蚀最严重, 直形坡次之, 凹形坡最小, 复合形坡因其有凸凹两种坡形, 故侵蚀和堆积同时发生。

不同季节中, 土壤透水性和抗蚀性能的大小, 间接和直接地影响着侵蚀作用的强弱。

野外土壤侵蚀季节动态的测定并依此制定出侵蚀动态图式, 对制定防蚀措施以及作物轮作、间作的配置都有很大意义。

## 参 考 文 献

- [1] М. Н. 扎斯拉夫斯基: 自然因素和人为因素对土壤侵蚀发展的影响及其对防止土壤侵蚀的作用。7—22 页, 水土保持训练班讲义, 1958。
- [2] Беннетт, Х.: Основы охраны почвы. 112—115, 1958。
- [3] Качинский, Н. А.: Изучение физических свойств почв и корневых систем растений. Сельхозгиз М., 1931。
- [4] Козменко, А. С.: Борьба с эрозией почв. 204—330, Госиздат с/х литература М., 1949。
- [5] Панков, А. М.: Поверхностные смывы почв и некоторые вопросы химизации. Химизация соц. земледелия, 9—10, 1935。
- [6] Панков, А. М.: К вопросу о методах исследования почвенной эрозии. Борьба с эрозией почвы в СССР М.—Л., 1938。
- [7] Преснякова, Г. А.: О классификации смытых почв. Почвоведение, 10, 82—87, 1956。
- [8] Соболев, С. С.: Развитие эрозийных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. 141—149, том. I. АН СССР М.—Л., 1948。
- [9] Соболев, С. С.: К изучению противозерозионной способности почв. Почвоведение, 9—10, 495—496, 1945。
- [10] Сус, Н. И.: Эрозия почвы и борьба с ней 13—33, Госиздат с/х литература М., 1949。

## О ПОЛЕВЫХ МЕТОДАХ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Ши Дэ-мин

(Почвенный институт АН Китая)

(Резюме)

Полевые методы обследования и изучения эрозии почв имеют большое значение для выяснения её закономерности и сезонной динамики.

Интенсивность эрозии почв увеличивается по мере увеличения крутизны и длины склонов. Смыв почв на коротких крутых склонах как на дерново-подзолистых, так и на черноземных почвах при прочих равных условиях идет сильнее, чем на пологих длинных склонах; крутизна склона сильнее влияет на развитие эрозии, чем длина склона.

Водопроницаемость почв и её противозерозионная стойкость в значительной степени обуславливают интенсивность эрозии.

В дерново-подзолистой зоне преобладает эрозия, вызываемая талыми водами, поэтому весной эрозия почвы значительно сильнее, чем летом.

Изучение сезонной динамики эрозии почвы на дерново-подзолистых почвах показало, что в течение всего года самая сильная эрозия происходит при снеготаянии. Второе место по количеству смыва занимает смыв в период с летними ливнями. Слабая эрозия наблюдается в начале осени, конце апреля и мае. в декабре, январе, феврале, и марте эрозионная деятельность не наблюдается.