

水土保持耕作制

粮农组织
土壤公报

54



中国
农业科技出版社



联合国
粮食及农业组织

水土保持耕作制

作者: P.W.安格尔

(美国农业部农业研究局得克萨斯州
布什兰德水土保持和生产研究室)

(粮农组织土地和水利开发局
土壤资源管理和保护处)

中国农业科学院科技文献信息中心
根据其同
联合国粮食及农业组织
的协议出版

粮农组织
土壤公报

54

中 国
农业科技出版社



联合国
粮食及农业组织

水土保持耕作制

联合国粮农组织

☆

责任编辑 段道怀

中国农业科技出版社出版 (北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京林业大学印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16印张: 11字数258千字

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷

印数: 1—3000册 定价: 6.00元

ISBN 7-80026-166-2/S, 130

本书原版为联合国粮农组织的土壤公报(54)《水土保持耕作制》(FAO soils bulletin No.54, Tillage systems for soil and water conservation, M-51, ISBN 92-5--102154-6, Rome, 1984)。

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领地、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分表示任何意见。使用“发达经济”和“发展中经济”这两个词是出于统计上的方便，并不是对某个国家或地区在发展过程中已达到的发展阶段作出的判断。

CPP/88/27

ISBN 7-80026-166-2/S.130

版权所有，未经版权所有者事前许可，不得以电子、机械、照相复制等任何方法或其他程序全部或部分翻印本书，或将其存入检索体系，或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版司司长（意大利罗马 Via delle Terme di Caracalla, 00100）并说明希望翻印的目的和份数。

©粮农组织 北京 中文版 1989年

前 言

联合国粮农组织 (FAO) 自1945年成立之日起就一直关心着水土保持工作。从那时起, FAO对很多项目进行了支持, 发起或参加了各种会议和讨论会, 并出版了各种通报、报告、会议录等, 将注意力集中在这一世界性的问题以及为缓和这一问题将要采取防治水土流失的行动提供有关资料。然而, 这一问题仍然存在, 不断增长的世界人口使得某些国家在有限的可耕地面积上加强耕作, 以提供其必需的食物。除非采取有效的保护措施, 否则这种强化耕作将增加水土资源的流失。这种趋势应当改变。

“土壤公报”的目的是提出耕作制度的原理和措施以进行持久的粮食生产和产生为子孙后代需要保持世界的土壤、水资源和能源的意识。虽然能源是耕作制度的组成部分, 但重点是水土保持。然而, 适当的时候也对能源对耕作制度的影响进行了讨论。

本公报强调发展中国家的耕作制度, 但主要根据全世界研究出的原理。主要是打算对推广工作者进行培训和通过在发展中国家采用为保持水土资源而改进的耕作制度以改善作物生产。

由于还不知道对各种土壤条件的所有解决方法, 因此强调了对发展中国家的保护耕作需要进行更多的研究。

鸣 谢

联合国粮农组织非常感谢美国农业部农业研究局，特别是对其在布什兰德的水土保持和生产研究实验室允许Paul, W. Unger博士用一定的时间研究和撰写这本公报，表示感谢。FAO对他的帮助非常感谢。

作者是一位在各种条件下研究保护耕作制具有多年经验的著名土壤科学家。他发表过大约上百篇论文，许多论文涉及到保护耕作，他是这一领域最著名的专家之一。

虽然本出版物的材料大部分引自在保护耕作方面最有经验的美国，但来自发展中国家的成果也给予了相当的注意，并引用了这些成果。

作者使用了来自许多材料的图表，并对允许使用版权材料表示感谢。在所有情况下，在适当的图例或表格下面都表示了称赞。

作者希望对FAO邀请他撰写这本公报，对美国农业部农业研究站允许他接受这一邀请以及对许多人在各方面给予帮助使他有可能撰写出这本公报表示衷心感谢。另外还要感谢美国农业部农业服务局的M. D. Heilman和B. A. Stewart博士和俄亥俄研究和开发中心的D. M. Van Doren Jr. 博士对公报进行的复阅和提出修改建议，感谢Lynette Lott女士对原稿和校订本进行了打印。

目 录

第一章 导言	(1)
1.1 引子	(1)
1.2 目的	(3)
1.3 读者对象	(5)
1.4 摘要和结论	(5)
第二章 土地退化	(7)
2.1 类型	(7)
2.1.1 侵蚀作用	(7)
2.1.2 粉沙沉积	(13)
2.1.3 沙漠化和沙丘移动	(14)
2.1.4 盐渍作用和碱化作用	(15)
2.2 防止土地退化的潜力	(15)
2.2.1 适当的土地利用措施的采用	(15)
2.2.2 耕作	(16)
2.2.3 与耕作有关的措施	(17)
2.2.4 补充措施	(18)
第三章 耕作制度	(19)
3.1 耕作制度的选择	(19)
3.1.1 气候带	(19)
3.1.2 种植的作物	(21)
3.1.3 土壤因子	(21)
3.1.4 农民的经济水平	(26)
3.1.5 农民的爱好的	(27)
3.1.6 社会影响	(27)
3.1.7 政府的政策	(28)
3.2 栽培制度	(29)
3.2.1 传统轮垦	(29)
3.2.2 劳动力密集型连作	(38)
3.2.3 畜力牵引的和小型拖拉机的耕作	(49)
3.2.4 现代的高技术耕作	(60)
3.2.5 细土覆盖层	(110)
3.3 不同耕作方法的成本比较	(111)

第四章 与耕作有关的作物管理制度	(119)
4.1 连作	(119)
4.2 轮作	(121)
4.3 复种	(125)
第五章 辅助措施	(130)
5.1 土地平整	(130)
5.2 等高耕作	(130)
5.3 带状播种	(132)
5.4 梯级垄沟	(132)
5.5 格子田	(132)
5.6 修筑梯田	(134)
5.7 导流梯田、水道和沟蚀防治	(137)
5.8 土地平整	(138)
5.9 径流集蓄、径流农业和浇水	(138)
5.10 微流域和垂直覆盖	(140)
5.11 覆盖	(141)
5.12 覆盖作物和填闲作物	(141)
5.13 土地压印	(142)
5.14 灌溉	(142)
5.15 排水	(144)
5.16 流沙和沙丘的控制	(145)
第六章 农作物生产设备的类型和使用	(147)
6.1 清耕耕作制的设备	(147)
6.1.1 人力系统	(147)
6.1.2 畜力系统	(148)
6.1.3 拖拉机系统	(148)
6.2 保持耕作系统的设备	(152)
6.2.1 留茬覆盖耕作	(152)
6.2.2 最少耕作或减少耕作	(154)
6.2.3 免耕法	(154)
附录 1 英文术语汇编	(159)
附录 2 有关作物和草类英文俗名和学名	(162)
附录 3 除草剂英文俗名和化学名称	(164)
附录 4 土系分类 (美国的分类系统)	(165)
附录 5 其他有害生物英文俗名和学名	(166)
附录 6 杂草英文俗名和学名	(167)

第一章 导 言

1.1 引 子

以游牧方式生活的早期人类，从自然界的植物和动物获取食物和制作衣物。在自然资源丰富和人口少的时候，这种游牧生活方式是符合要求的。即使是在当今，世界上某些地方的人仍采用游牧生活方式。

随着人口的增长，自然供应植物和动物满足不了人们的需求。因此，人们必须放弃游牧生活方式，并在有限的地区进行作物生产和畜牧生产。作物栽培通常限制在比较小的区域。驯化之后的动物是移居者事业的组成部分，所以不仅在其周围放牧，而且也在作物栽培地区放牧，在这里这些牲畜被小心地看护着。在大多数国家作物生产和畜牧生产之间的密切结合仍很普遍。

在作物栽培发展的初期阶段，与提供食物的植物周围和相竞争的植被被砍倒或被除掉。在这些环境条件下，粮食生产通常是有限的。随着人类学会在更需要的地点种植某些粮食作物时，便需要除去存在的植被，这就预示了土壤耕作的开始（Shear正在印刷中的材料）。

早期的作物生产者应用粗糙的木制工具或石头进行耕作，木制农具在世界上的某些地方仍在使用。运用这些农具，他们疏松土壤而不把表层的有机质深深埋入土中（Duley and Mathews, 1947），因此作物生产与当时的主要环境条件一般是平衡的。种植者逐步认识到杂草的竞争是限制作物生长的主要原因（Shear正在印刷中的材料），从此便一直开始寻找用于除草的改良农具和技术。杂草防除是通常进行土壤耕作的主要原因之一。

虽然土壤耕作是为了防除杂草和其他原因（见以后一节），但土壤操作活动的基本目的（包括耕种）是稳定和提高作物生产。一个发展中国家的自给农民主要是对向他自己及其家庭稳定地供给粮食和为他的牲畜提供饲料感兴趣。高于这个基本水平的生产常常不太重要，因为多余的产物很少能够贮藏或贮存，而且将产品运往市场的运输工具很少或没有，或者没有出卖产品的市场。在运输工具充足和有适宜的市场的地方，增加作物生产是农民的重要目的。

对稳定和提高作物生产的探索一直伴随着对改善土壤耕作农具的探索。虽然尖头棒、锄、草叉及铲仍是世界上许多农民的基本农具（图1、2、3），但已开发出大批用于土壤耕作的农具。这些农具包括犁、圆盘耙、耙、凿形中耕铲以及其他或者单独作业或者以不同组合的土壤翻耕农具（图4、5、6、7、8）。

多少世纪以来，犁一直是基本的农具和农作的象征。犁的发展和使用，从其低级的弯曲棒开始到现代化的钢制有壁犁，需要各个时期的人类的努力。使用犁有助于杂草防除和为播种而整地。然而，人们很早就认识到，使用犁清除耕作过的土地因侵蚀要比作物残茬留在表面或由生长的植被覆盖的土地损失更多的土壤（Duley and Mathews, 1947）。

虽然清耕法本身在运用不适当时，是造成侵蚀的一个主要原因，其他的主要原因包括森林砍伐、过度放牧、土地管理不善、过多清除作物残茬及采用的农事活动不适当（9、10、

* 见附录1——词汇表。全书中单词右上角的星号表示词汇表中已列出。



图1 埃塞俄比亚的一个农民用原始的工具挖掘马铃薯（联合国粮农组织照片）



图2 上沃尔特农民手工“犁地”（世界粮食计划照片，由粮农组织出版发表）



图3 约旦的农工正在整地，准备播种（粮农组织照片）



图4 孟加拉国的手工耕作工具（粮农组织照片）

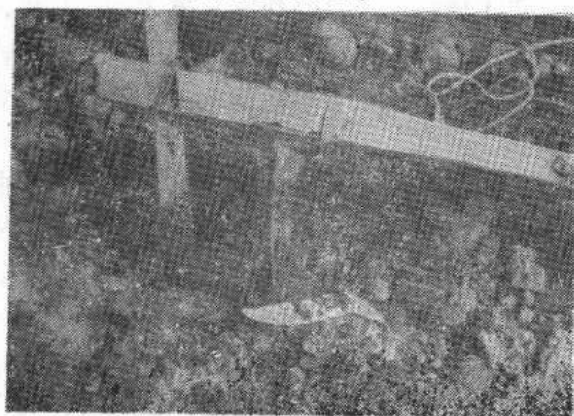


图5 智利的原始犁（鹅掌式中耕器）（粮农组织照片）



图6 尼日尔的农民正在准备播种谷子的种床（粮农组织照片）



图7 利比亚的圆盘犁
(粮农组织照片)



图8 凿形松土犁 (照片由内布拉斯加大学的C.R. Fenster提供)

11、12、13)。不幸的是，世界上大多数可耕地*已受到或正在经受侵蚀的损害，其中一些可耕地受损害如此严重以至不再适宜于农业。在一些国家的其他可耕地正以令人惊恐的速度被侵占用作其他非农业目的，如用作居住区和商业区、工业区、机场、铁路和公路以及娱乐区 (IUCN, 1980)。

世界上潜在的可耕地区域是有限的，但世界人口却继续增长。有些国家的可耕地是大量的，另一些国家的可耕地则非常有限。就全世界范围而言，为进行持续的农业生产，现在急需保护和明智地使用我们剩下的土地资源。

水不仅向植物直接供应营养，但通过其对土壤颗粒的分离和搬运作用，也是土壤侵蚀的一个因子，而植物材料的生产可用于侵蚀防止。以燃料能源为基础的作物生产体系的开发和应用将减轻采用这一体系的体力劳动者的劳动强度。还容许在通常为役用家畜生产饲料的土地上为人类生产粮食。然而，对以石油为基础的燃料的要求将会增加，这种燃料对于机械化农业是非常重要的，但供应亦不足，且正在逐步耗尽，因此非常昂贵。

有成效的土、水和能源保持的一种方法是开发和采用最适宜于主要的土壤、作物和气候条件的耕作制度。在某些情况下，在耕作方法上稍加改变可能就足够了，在另一些情况下，随着一种或多种辅助作业（例如等高线修筑、修梯田、等高条植、残茬管理*等）的采用，可能需要较大的改变。

如果对水土保持普遍关心，就可以采取适宜的耕作制度和辅助作业以真正消除土壤侵蚀和大大改善水的保持。然而，这种关心是有限的，并且政府的政策、物价、生产目标、生产者的偏爱和教育、社会风俗、宗教信仰、土地权以及短期目标要比采取可靠的水土保持措施受到更大的重视。

虽然农民是水土保持实践的最终的使用者，但作为整体来讲，社会从自然资源的保护和持续的粮食生产能力受益。因而，农民应当从他进行的水土保持成果中得到好处。这种好处可能以对研究和开发象目前使用的作物生产实践那样易于管理、可靠的经改进的水土保持实践技术直接提供补助费或资助的形式进行。如果已经有了这样的技术，那么从经济角度讲，农民将能够接受，且不需要社会进一步的投入就将能控制住侵蚀。

1.2 目的

本报告的目的是对保持土壤、水和能源以持续进行粮食生产，以满足不断增长的世界人



图9 印度印西亚的轮换种植。坡地上森林皆伐导致裸露的土壤几乎无法防止土壤侵蚀(粮农组织照片)

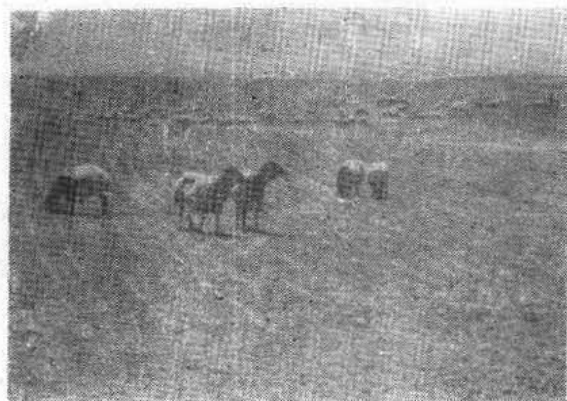


图10 因集约放牧羊群导致土壤侵蚀(粮农组织照片)



图11 多哥的妇女将农产品从农田运回。把所有作物残茬运出用作燃料会增加土壤侵蚀的潜力(粮农组织照片)



图12 美国伊利诺斯州坡地上下都有玉米行的清除耕作的玉米地的土壤侵蚀和粉砂沉积(美国农业部土壤保护局照片, 由粮农组织出版)

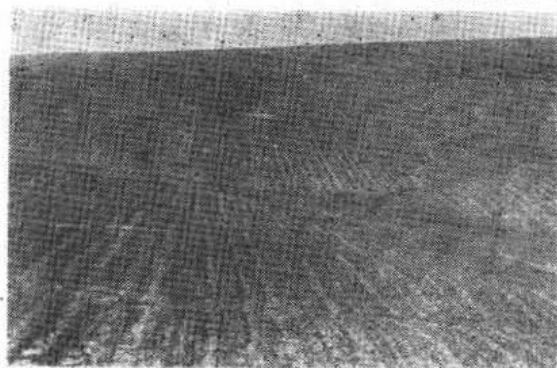


图13 坡地陡峭度和长度影响土壤侵蚀。象这样防止土地侵蚀的适当的土地利用和保护措施是必要的(衣阿华州立大学照片, 粮农组织出版)

口需求的耕作制度的原理和实践发展技术水平进行介绍。使用能源是耕作制度的组成部分，但重点是水土保持。然而，在适当的情况下，也将提及和讨论耕作制度对能源的影响。

在本报告中，将主要对不同土壤或土类的旱地农业和半干旱、半湿润、湿润气候地区的不同作物提供一些特殊例子和背景材料，有关这些地区已有大量报道。适当的时候也将列举一些灌溉制度的例子和资料，但主要是半干旱地区的灌溉制度。半干旱地区灌溉制度方面的资料将推广用于干旱地区，这样，就可探索干旱地区边远区域提高作物生产的潜力。

1.3 读者对象

本报告所讨论的各种耕作制度的原理适用于一切种植作物的地区。然而，所采用的实际措施，将根据个别国家或地区的农业发展状况而不同。虽然发达国家的实践将提到，但重点将放在发展中国家采用的措施。

特别应指出，本报告打算供推广工作者培训和使用，通过在发展中国家使用保护水土资源的改进的耕作制度，以提高作物生产。

1.4 摘要和结论

对只需得到所提出的观点的总看法的读者，本报告先列出下面的摘要和结论。对有关水土保持的不同耕作制度的更详细的讨论，希望感兴趣的读者能通读全部报告。

1. 可耕地和人口在全世界普遍分布不均。不断增长的人口和有限的可耕地对土地资源造成严重的压力，特别是在发展中国家。

2. 由于不断增长的人口而进行的集约耕作导致那些未采用有效的水土保持措施的国家严重土地退化。

3. 土地退化降低了农业用地的作物生产潜力。造成土地退化的因素很多，但由侵蚀、沉积作用、盐、碱、有机废物和传染性生物（杂草、虫害、病害）所造成的土地退化被认为是最严重的，因此需要立即行动以防止达到危急状态。

4. 许多农业土地都遭受侵蚀，主要是水蚀和风蚀。与此相关的是沉积作用，在某些情况下是盐化作用和碱化作用。传染性生物，除非得到防治，否则会限制大部分作物的生产。

5. 土地退化问题的最终解决是根据其地力使用每一片土地。这在土地资源丰富的地方是实用的，但在人口压力大，可耕地有限、或者对土壤保持措施的必要性还未被所有人充分认识到的地方通常是不实用的。有效的水土保持技术的成功实施需要所有有关组织机构（政府的、区域的、商业、地方的、农民等）的合作和支持。

6. 耕作的目的是为作物生长和生产提供适宜的环境条件，而且能保护土壤和水资源。在只用耕作不能有效保护资源的地方，可能需要一些辅助措施，象等高种植、等高条植、修筑梯田等。

7. 某些类型的耕作制度包含于所有作物的生产中。本报告所讨论的类型为轮作、劳动力密集连续种植、畜力牵引和小型拖拉机以及现代化高技术。在象土地资源、气候、作物生长、土壤、市场、种植者的经济水平、种植者的爱好等这些因素的基础上，每种类型都适合于某些环境下的作物生产。

8. 当休闲期太短和土地管理不善时，轮垦导致严重的土地退化。在采用良好管理措施的地方，轮垦可维持多年持久的作物生产。

9. 在土地资源有限的地方，劳动力集约的连续耕作代替了轮垦。在土地使用不适当的地方，这种耕作制对土地退化具有潜在的可能性，但如果管理良好，也具有水土保持、维持持续的作物生产和高产的潜力。

10. 畜力牵引和小型拖拉机耕作能减少作物生产需要的劳动力，但由于资金有限、地块小或零碎以及缺乏适宜的市场和基础设施，所以可能不实用。

11. 现代的高技术耕作依靠燃料能源和其他化学品以代替劳动力进行作物生产。发达国家广泛采用这种制度，但是当发展中国家的土地、资金、设备和其他资源有效时以及劳动力有限或者较昂贵的地方也是适用的。

12. 除草中耕对大多数作物是适用的，并使作物生产问题减到最少，但在某些土地上要比其他耕作方式造成更大的水土流失。

13. 保持耕作法一般依赖土地表面残茬的管理使水土流失达到最少。保持耕作法的类型包括留茬覆盖耕作、少耕或省耕、免耕法。已发展了对许多作物适宜的保持耕作制类型，但某些类型（尤其是免耕法）比较新，且有些问题有待解决。有关的主要问题是设备、杂草防除、除草剂的有效性和成本、作物产量（某些土壤）以及农民的管理能力。

14. 少耕、省耕和免耕制可减少作物生产对能源、劳动力和设备的需要。因此，如果作物产量提高了、相等或略有减少，那么其作物生产要比采用其他耕作制更经济。免耕制一般不适宜于排水不良的土壤和凉爽地区的一些土壤。

15. 细土或土壤覆盖可以保持土壤中的水分（雨季贮蓄的水分），但对休闲期间贮蓄水不太有效，因为在每次暴风雨过后都需要重新覆盖，而且覆盖层非常容易受到风蚀和水蚀。

16. 连作制通常能使大多数需要的作物得到最高产量，但可能导致较多的杂草、病虫害问题。还可能导致水土流失增加，尤其是在保持耕作法中那些生产的作物残茬数量不足的作物。

17. 如果一种或多种作物能生产数量较多的残茬，则轮作便促进水土保持。采用轮作方式，通过改善土壤、水、养分、设备和劳动力资源的利用，也可以提高作物生产效率。

18. 复种是通过连作或间作在同一块地种植二种或多种作物，与同一期间通过单作种植一种作物相比，能提高多数作物生产潜力。复种要求水、气候和其他资源适宜于这种集约的作物生产。通过向土地在大部分时期提供植物覆盖，与单作相比，复种提高了水土保持。

19. 对Ⅰ类（Class I）土地之外的其他土地，通常需要除耕作之外的其他保护措施以有效地保护水土资源。然而，具有足够的表面残余物的免耕法可以保护Ⅱ类和Ⅲ类土地的水土资源。在不采用这种耕作制的地方，通常需要一些地表面处理措施。在比较缓和的坡度上，只需要一些较少的土壤表面处理（例如：耙平、循等高线修筑、等高条植、开条沟等）就足够了。对坡度较大的土壤，需要修筑梯田、平整阶地、修筑水道、防治沟蚀等，以充分保护土壤和保持水分，进行持久的作物生产。通过适当规划、水平梯田的修筑和维护，在某些坡度陡峭的土地上能维持多年作物生产，且未使土地退化。

20. 有许多类型的设备可用于所有的栽培制度。设备的类型从用于轮垦和劳动力密集型连续耕作制的小农具到畜力牵引、小型拖拉机和现代高级技术栽培制中所用的主要是牲畜或拖拉机作为动力的设备。不管采用什么样的栽培制度，可使用这些设备达到水土保持的目的。然而，生产者应熟悉所保护资源需要什么样的设备，并从所采用的保持措施得到经济效益。作为一个整体，社会（对于某一个国家、地区或整个世界）从资源的保护中得到好处；因此，作为一个整体来看，社会应当关心和帮助负担资源保护的费用。这可以通过向生产的作物支付公平的价格，为采用保护措施提供财政或其他奖励、以及通过教育、推广活动等、向生产者报告保护资源的长期利益来实现。只有社会的所有部门都认识到需要和参加资源的保护，为不断增长的世界人口进行的持续的作物生产所需的真正的保护才能实现。

第二章 土地退化

2.1 类型

农业土地的作物生产力或作物生产的适合性由于不同类型的土地退化而降低。按照土地的面积，退化的强度或速率和对土壤生产力的影响，所有的退化类型并不都是同等重要的。鉴于各种土地退化类型的相对重要性，Rauschkolb (1971) 提出三种类型以作为利用资源解决退化问题的指南。第一类包括侵蚀和沉积作用、盐碱、有机废物和传染性生物（杂草、病虫害）。Rauschkolb (1971) 认为这些类型是最重要的，并指出，需要立即采取行动，应用有效技术或开发新的技术，防止因此造成的土地退化，不致达到危急状态。

第二类包括工业无机废物、农药、放射性物质和重金属。由于它们的存在范围、强度或增加速率都稍低，因而被认为是稍次于第一类中的那些因素。化肥和洗涤剂被列入第三类，由于它们未对土壤构成广泛的危害和只发生在一些孤立的地区，因而被认为是第三位需采取治理活动的因素。

因抽取地下水、石油或可燃气体及因采矿造成的土地下沉虽未包括在上述类别中，但Rauschkolb (1971) 将之作为一种土地退化的形式进行了讨论。其他的形式，至少从农业的观点来讲是农业土地转变成都市区、工业区、铁路和公路、机场和娱乐区。当这些作为“进步的标志”时，明智的长期规划能够使这些活动对目前和将来的生产的有害影响减到最低。

三个类别中所有土地退化类型都受耕作制度和有关实践的影响。然而，本报告的重点将放在第一类中的耕作制、最主要是侵蚀（包括沉积作用、沙漠化和沙丘滑动）以及盐化作用和碱化作用。有机废物的管理，尤其是作物残茬，和传染性生物的管理是耕作制度的组成部分，因此，将适当地进行讨论。

2.1.1 侵蚀作用

(1) 类型

土壤侵蚀和伴随而产生的沉积作用，在过去和现在都是世界上某些主要农业区土地退化的原因，而过去和当前的侵蚀也是土地退化的一种主要形式。已使或正在使大片土地变成不能进行作物生产的无用土地。（Rauschkolb 1971）。

Plaisance和Cailleux (1981) 根据作用的方式把侵蚀分为化学作用、流动的水、整体运动、风和生物。所有这些作用都包括在地质侵蚀中（与人为造成的加速侵蚀相反），地质侵蚀导致山岳损耗、截断峡谷和使景观破坏。世界上许多大农业区，也可能是所有农业区，都是由于地质侵蚀形成的。

就耕作制度而言，风蚀和水蚀是最严重的，因此本报告的重点将放在这两种类型。耕作侵蚀（Papendick和Miller 1977; Wright 1977）是整体运动一种类型，在某些情况下是相当重要的，将对之进行有限的讨论。化学侵蚀和生物侵蚀与耕作制度关系不大，因此将不进一步讨论。

由于风和水导致的土壤侵蚀是1978年再版的《FAO农业发展》两个文件的主题（FAO

1978a, 1978b)。文献中还有大量其他报告。因此, 将只对侵蚀过程和防治的基本原理进行简单的讨论。同样, 侵蚀的程度和后果也只简单地进行讨论。

a. 风 蚀

因风造成的土壤侵蚀, 无论哪里的某些土壤、植被和气候条件如何都是一种潜在的问题。这些条件包括: (1) 干燥、分裂较细的疏松土壤; (2) 植被覆盖少或无覆盖的光滑土表; (3) 较大的地块; (4) 足以吹动土壤的强风。(Skidmore和Siddoway 1978)。

表示田间的风蚀相对数量的广义方程是由Chepil首次发表的(1959)。由于可以得到新的数据, 这个方程经过修改, 现在通常表示如下:

$$E=f(IKLV) \quad (1)$$

式中E是单位面积每年可能侵蚀的数量, 它是I(土壤侵蚀度); C(当地风蚀气候因子)、K(土壤表面粗糙度); L(相当于田间的宽度, 即沿着经常风蚀的方向穿过田间最大的未覆盖的距离); V(相当于植被覆盖量)的函数(f)(Chepil和Woodruff 1963)。方程的组成部分之间的数学关系是复杂的。然而, 这些关系已经过计算并发展成表格或绘制在曲线图上, 而且对估测每年因风蚀导致的土壤损失和为控制风蚀确定另外的土地改良方法是有用的。用于大平原州(美国)时所包括的这些资料的手册已经出版(Graig和Turelle 1964)。耕作通过其对土壤土块多少、土壤粗糙度、等量植被覆盖的影响, 对I、K和V三个因素直接有关。

砂质土对风蚀特别敏感, 因为其颗粒之间粘结性很小或没有粘结性, 而且颗粒小、干燥快(图14, 15)。然而, 其他土壤在非常干燥和松散、以及颗粒因雨滴的撞击、冰冻和解冻或耕作被分裂得很细时也可能发生严重侵蚀。颗粒直径大于0.84毫米通常被认为不易遭到风蚀。

假如其他条件符合的话, 具有光滑表面的土壤特别易遭风蚀, 表面光滑的起因是(1)耕作作业把表面土块粉碎, 并把表面残茬消除掉或掺入土壤(图16), (2)雨滴冲击; (3)冰冻和解冻, (4)本身侵蚀。耕作通过在土表产生和保持土块, 及垄使土表变得粗糙, 在土壤表面保持适当的残余物对控制风蚀是需要的(图17)。

土壤侵蚀度随着与风的方向垂直的风障之间的距离的增加而增加。因此, 向着流行风向的田间宽度应保持尽可能的窄。然而, 仅这样可能还不能防止风蚀, 因为有些田块的侵蚀只有几米宽(Skidmore和Siddoway, 1978)。当地表因耕作或表面的残余物足够粗糙时地块宽度的效应就减到最小。

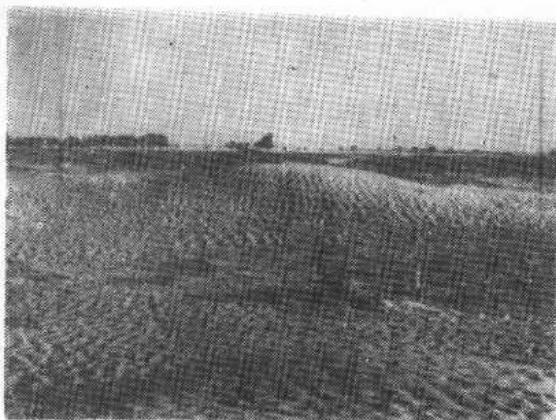


图14 巴基斯坦的沙丘 (FAO图片)

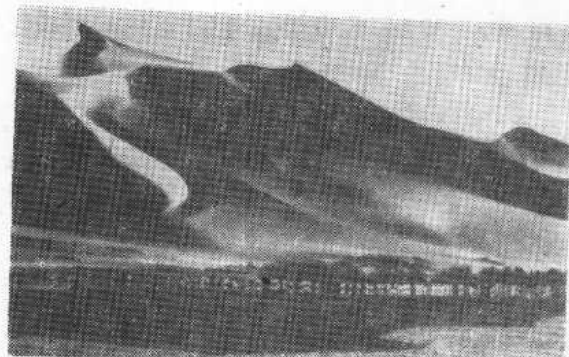


图15 纳米比亚的纳米布沙漠中的沙丘 (由James Brandenburg摄影, 1982年6月在国家地理学会取得版权)

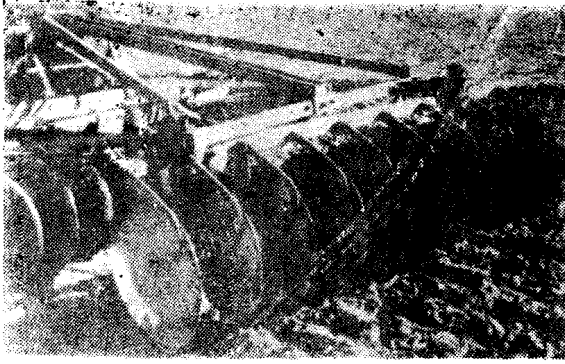


图16 圆盘犁或圆盘耙常导致土壤表面比较平滑, 比起其他农具对水土保持差稍果效 (FAO照片)



图17 重型中耕机使残余物和碎块覆盖土表减少水土流失 (FAO照片)

土壤运动在风速较低时即开始, 随着风速和狂暴程度加剧逐步增加 (Chepil and Woodruff 1963; FAO 1978a)。因此, 为使侵蚀减到最低程度, 土壤和空气界面的风速应降低到这样的阈值, 即低于此值将不会发生明显的风蚀 (Skidmore和Siddoway 1978)。风对土壤侵蚀的影响非常复杂, 并包括土壤运动 (跃移、表层滑动、悬浮)、搬运、分选、磨蚀、崩坍和沉积的过程 (Woodruff和Siddoway 1973)。

b. 水 蚀

当水流过土壤表面, 大多数土壤在任何时间均会发生水蚀, 除非地表用残余物进行了适当覆盖或采取了其他控制侵蚀的措施。然而, 在翻耕以后, 苗床整地期间和立苗期间, 裸露的表面通常水蚀是最大的。表面残余物和生长的作物对防治水蚀特别有效 (Hayes和Kimberlin 1978; Wischmeier 1973)。

由水导致的土壤侵蚀包括颗粒分离和搬运, 它们都需要能量。降雨和流动的水 (径流) 对分离颗粒具有潜力, 但搬运主要是由于径流, 然而, 雨滴飞溅作用也搬运颗粒。上坡位置的能量主要由降雨和坡度提供。在裸露的土壤上, 雨滴的动能主要在地面消耗, 在地面上撞击的雨滴可能将土壤颗粒分开 (图18)。而水的飞溅作用和浅的表流将分裂的颗粒搬运到径流中 (图19)。雨滴撞击也可能分散土壤团聚体, 降低表面粗糙度和促使土壤板结和结皮 (图20), 因此增加了径流 (Wischmeier 1973)。由于径流增加, 可能发生细沟侵蚀和沟蚀 (图21、22)。沟蚀是水蚀最常见的一种类型, 然而, 片蚀和细沟侵蚀是造成农田土壤流失的主要原因 (Hayes和Kimberlin 1978)。

除了雨滴和径流本身的影响外, 水蚀也受降水的强度和持续时间; 坡的长度和陡度; 土壤质地、有机质含量、团聚体稳定性、土壤粗糙度和作垄; 表面残余物的数量、类型、分布和固定以及侵蚀防止措施的类型 (例如, 循等高线修筑、等高条植、修梯田) 的影响。对影响侵蚀的因素已经过广泛的研究和评论, 有关防治侵蚀的指南已由FAO (1978b)、Hayes和Kimberlin (1978)、Kimberlin (1976)、Stewart等 (1975)、Wischmeier (1973)、Wischmeier和Smith (1978) 出版。广泛采用了通用土壤流失方程 (USLE) 来预测潜在的水蚀和估价各种措施对防止水蚀的有效性。通用土壤流失方程是:

$$A = RKLSCP \quad [2]$$

其中A是计算所得的每公顷土壤流失量; R是特殊地区普通降雨年份以侵蚀指数单位数为基