

土壤侵蚀对土壤生产力影响的研究前景

美国土壤侵蚀与土壤生产力研究规划委员会

侵蚀与生产力问题

侵蚀与生产力问题最难分辨的特点之一，就是它的检测困难。侵蚀作用造成土壤生产力降低的速度是如此之慢，以后在经济上土壤比较长期地不适于种植农作物时，才能认识到土壤生产力的降低。此外，提高工艺技术常常还会起到掩饰生产力降低的作用。例如，一些侵蚀过的土壤，经过大量施肥，效果就比较好。

检测生产力损失的困难是由非线性的侵蚀作用组成的。一般说来，由于侵蚀作用减少了水分下渗作用，以后增加了径流量。径流量的增加，又减少了土壤水分有效性的利用机率，从而影响了植物生长。当然，植物生长愈是稀疏，地面的残落物则愈少。植被和地面残落物不足，必然导致地表覆盖层匮乏，从而加强了侵蚀作用。由于水蚀作用与地表径流密切相关，所以径流量的增加，同样会导致侵蚀量增加。因此，如没有检测或采取适当的防治措施，那么这种侵蚀过程，就会按指数上升，使经济上很快遭到巨大损失。

由于侵蚀作用的非线性发展，许多地方的底土便加速裸露出来。在精耕细作之前，原来的草木保护了大部分表土。一旦开始耕耘，要不了几年时间，侵蚀作用就会造成不少的底土裸露。由于底土裸露，就更加促进了侵蚀作用的演变过程。

加速裸露的另一种情况，就是裸露的底土还会促进毗邻地区农田的侵蚀。当粘土或钠质饱和的底土裸露地表时，则下渗作用降低，径流量增加，并且加速了邻近丘陵的土壤侵蚀。同时，具有碳酸钙的裸露的山岭、丘岗，容易为邻近土壤的风蚀提供可移性物质。这两种情况，都是缺乏足够的作物残落物引起的。

侵蚀与生产力的另一种独特的难点，就是受到严重侵蚀的土壤恢复生产力的问题。一般说来，恢复土壤生产力是困难的，且代价很高，因为底土的条件常常抑制作物生长。其中包括通气性不良，有机质低，交换性养分或可溶性养分以及碳酸钙缺乏，可溶性铝含量高，且砂砾比重大。在某种程度上，虽然增加有机质和肥料可以部分恢复生产力，但是这些补救措施，不可能是经济实惠的。例如，恢复受到侵蚀的牧区就很困难，因为在少雨地区施肥，通常是没有经济效益的。

侵蚀作用降低生产力的途径

侵蚀作用首先是通过降低土壤对植物的有效水分达到降低土壤生产力的。较低的土壤水分能力使作物处于经常的重水压之下。植物的土壤水分，可以通过变化田间根系层

的持水特性，或降低田间根系层的深度来减少。如底土对根部有毒性，或土体坚实，或通气不良以致妨碍根部生长时，则侵蚀作用就会减小根系层的厚度。由于表土通常比底土有较高的植物有效水分能力，从而引起表土位移，这时的根系层的持水特性几乎总是变化的。

侵蚀还可造成植物养分流失，从而也降低了土壤生产力。受到侵蚀的土粒夹带着养分，一起从田间流入江河、湖泊之中。一般说来，底土的植物养分比表土少得多，因此需要追加肥料以维持作物生长。虽然肥料可以使裸露的底土作物低产得到部分补偿，但却增加了生产成本。如果出现底土里的粘土成分比表土高这样一种常见的情况，则问题就会更加复杂起来，因为粘土会使所施的速效磷肥很快变成植物不容易吸收的迟效磷形式。

破坏土壤结构是降低土壤生产力的第三种侵蚀途径。土壤结构遭受破坏，加剧了土壤的侵蚀性，促进了地表土壤板结，导致苗床缺苗。表土板结又降低出苗率和渗透作用。渗透作用降低后，则减少了土壤水分的贮存。

侵蚀作用还可以通过田间土壤的不均匀移动而降低土壤生产力。侵蚀作用不会均匀地发生在整块农田，主要是由于径流网和地势起伏造成的。要想在不同程度侵蚀作用下的田间，选择一种获得最大限度产量的管理措施，几乎是不可能的，因为农田通常都是按许多单元进行耕作的。按单元耕作时，在正常情况下，化肥是均匀地施入田里的。如侵蚀是不均匀的，则施肥的比率，越是适用于某些地区，则越是不适于其它地区（不可能所有的地区都能得到满意的产量）。

对除草剂的使用也有类似的影响。由于除草剂与土壤是相互作用相互影响的，它们的效率高低，是随土壤有机质的含量、pH值高低和阳离子交换量变化而变化的。对受到非均质侵蚀的农田施加一定量的除草剂，可能会杀死该农田某区段的杂草，同时亦对农作物带来损害；但却不能充分抑制另一区段的杂草生长。

非均质侵蚀还影响农时，特别是在适当的播种时间，对土壤生产力有着重大的影响。通常适于其它的农田农事时，侵蚀裸露的粘性底土则还嫌潮湿。农民或是不得不开这些粘土区，或是等待这些粘土区干燥到可以进行耕作。非均质侵蚀还会影响耕作效果，并且引起苗床差异，以致出现不良的秧苗，并造成出苗不齐。

非均质侵蚀的农田需要付出更多的劳动。通常耕耘底土需要投入的力量要比耕耘表土为多。加之，填充与平整沟穴也需要劳力。如果忽视了沟穴的平整，就得缩短中耕的长度，从而降低了耕种有效性。

侵蚀作用降低土壤生产力的其它途径，尽管还有不少，但上述四种方式最为重要。

数学模拟

另外一种研究方法就是数学模拟法，但该方法对于这个问题的直接应用还是有限的。研究侵蚀模式用来设计侵蚀控制系统，预测水库设计中的泥沙量，以及预测泥沙的输送情况和模拟水质；同时，以土壤特性计算土壤生产力参数。虽然以前对密西西比州各类土壤的正常产量和生产措施都已确定下来，但是各种侵蚀模式并没有同作物生长模式结合起来，从而形成研究侵蚀与生产力问题的必要结构。这样，对于侵蚀作用与生产

力（1980年水土资源保护法鉴定）的相互关系，就直接需要研究经济统计局关于产量与土壤流失的回归方程。

现代研究成果

尽管对于土壤侵蚀与土壤生产力问题的研究手段是有限的，但是，正在进行与该问题有关的大部分重要过程的大量工作。农业研究科教处有关这个问题的研究工作，包括如下内容：1.改良土壤性质和改进作物耕作法；2.农作物生产中，降水量和太阳能的控制与使用；3.为增加产量和动植物营养质量，如何使用、控制和保护土壤肥力的问题；4.防止污染以及改良土壤、水分、空气质量的问题；5.水蚀、风蚀与泥沙的控制；6.农业水资源的保护与管理。

其次，两个全国性的模拟组织正在就两个紧密相关的问题进行工作，即：作物种植和不定源污染这两个问题。不定源污染组织已经研究出了称作CREAMS（CREAMS是指农业管理系统的化学制品、径流和侵蚀作用）的农田范围的化学迁移模式。CREAMS方法已可供使用，然而还在继续实验完善中。

当前，作物种植组织正在研究植物循环模式，重点在诸如棉花、小麦、玉米和大豆等经济作物上。

在模拟侵蚀作用与生产力的演变过程中，农业研究科教处的一些地方研究组织，正在研究结合某些内容需要的其它模式。在明尼苏达州的圣保罗，研究人员正在将一些重要的组成部分联系起来，以便形成一种可用于农业生产研究的模式。这个模式与众不同，因为它包括了耕作的要素，而这耕作要素是根据美国中西部广泛的耕作研究得来的。在密西西比州的奥克斯福德，研究人员正在将水文与侵蚀—沉积模式，同棉花生长模式结合起来，用于研究水文与侵蚀—沉积过程。在得克萨斯州的坦普尔，研究人员正在将水文、侵蚀与沉积、养分循环、作物生长和经济模式结合在一起，以形成管理模式，这种管理模式也可以用于研究目的。最后，在爱达荷州的博伊西〔Boise〕正在建立一个研究牧区生态系统的模式组织。

还在研究试图改进技术对生产力的影响，同侵蚀对生产力的影响区别开来。土壤保持所与科教处在华盛顿州怀特曼县的研究情况，正在考察提高现代生产技术来掩盖土壤侵蚀对生产力的作用达到的程度。农业研究科教处在北达科他州曼丹的部分研究工作，在为肥效与耕作方法对于恢复由于侵蚀而裸露的底土的生产力进行评价。田纳西河流域管理局，正在研究田纳西州西部和密西西比州北部地区，如何恢复受到侵蚀土壤的农作物产量的方法。

各种机构、特别是各州农业实验站和美国森林局，都在研究如何使用侵蚀严重的耕地问题，即那些不再适宜一年一度耕种的土地。目的是寻找至少可以稳定土壤，如有可能，又能够创造某些经济收益的利用方法。某些这类土地仍然适宜牧草或硬木生产，不过大多数已被滥用到只适于作杉树林而已。

整个美国的研究结果都表明，这些损害了的土地生产力直接与残存表土的厚度有关。研究工作还在寻求较好的方法，以便适宜各种特定立地条件的最恰当和最经济的植物。

在确定平整土地（挖方与填方）对农作物产量的影响方面，亦做了大量的研究工作。因造田而导致表土移动时，其结果有类似于水土流失的情形，不同点在于，突然的水土流失马上对土壤生产力产生影响，从时间的概念上讲，缓慢的自然侵蚀对土壤生产力的影响来得要小些。

最近的研究工作是关于减少不定源污染和净化农村水流的问题。虽然这项工作主要涉及到下游的径流、泥沙、植物营养和农药的影响，但是它考虑到了与侵蚀—生产力研究工作中有关的一些过程。例如，径流搬运污染物质、引起侵蚀作用，并且减少了植物的有效水分；土壤侵蚀引起沉积作用；植物营养向下游迁移，使作物生产无法利用；并且径流的损失也会降低农药的有效性，等等。在土壤侵蚀与土壤生产力中，结合下游与源头在内的协作研究工作，是要研究控制模式的。

模拟方法研究

为提供各种模式而进行的数学模拟与农田实验，必须从研究土壤侵蚀与土壤生产力的关系式开始。这是个很大的课题，要得到圆满解决，需要联合包括美国农业部、各州农业实验站、各大学和广泛合作服务公司共同参加研究工作。研究工作的目标应包括：1.从自然界研究一个真实模拟影响土壤侵蚀与土壤生产力过程的基本模式；2.将该模式应用到整个美国的多数地区，以恰当地确定侵蚀与生产力的关系式；3.为有关土壤流失量的经济分析提供必要的模式输出量。

这种模拟方法有许多优点：首先是它的效率高，可以迅速地模拟多年情况，并且，同许许多多地方的管理措施的花费比较，相对来说比较少。农田实验既耗费时间且成本较高，其研究成果一般又很难阐述；其次，模式在确定长期的影响中是实用的。应用形成天气输入量的模式，实际上可以模拟几百年的情况；第三，可以考虑无限量的现代管理措施。农田实验只能考虑不多的几种管理措施（通常是那些在设计实验时被广泛采用的管理措施）；第四，模拟是一项可以积累有关各种演变过程知识的学习活动。

模式要素

侵蚀与生产力模式应由水文、侵蚀与沉积、养分循环、作物种植、耕作、以及牧场的牲畜情况诸要素构成。

水文要素必须能够模拟总蒸发量、渗透作用、地表径流和潜流。它必须能够通过根系层，为精确的养分循环与径流预报，恰当地描述土壤水的分布情况，并且还必须保持水分平衡。

侵蚀与沉积要素，采用降雨量与径流量输入，必须能够影响个别的径流活动。它可以模拟雨水分离土粒、再现在径流中的泥沙颗粒、土壤在高地与河槽中，为汇流冲刷情况与沉积情况。除了泥沙量之外，该要素还必须能够计算土壤粒径的大小分布情况，从而能够用于模拟养分输送。

养分循环要素必须能够处理氮和磷在可溶性与吸收性时的情况。氮的平衡需要的要素包括：淋溶、径流损失、作物残落物、挥发作用、反硝化作用、稳定性、矿化作用、硝化作用、作物情况、雨量影响、肥料。磷的平衡应包括：径流损失、作物残落物、作

物情况、肥料、植物有效性、吸附作用与解吸作用。影响养分输送的过程，诸如泥沙沉积与磷的吸附—解吸作用，也应当能够模拟。

作物种植要素对多数主要作物必须是有效的。这些模式必须能准确地模拟出作物的发展情况（既包括地面部分，也包括根系部分）、产量和残落物、既定气候、供水及营养情况。

耕作要素必须能模拟出耕作对土壤性质的影响，这些不同的土壤性质影响水文、侵蚀—沉积和作物种植的情况。它必须恰当地描述出肥料和作物残落物通过耕作层的分布情况。

牲畜情况要素必需模拟出牧场的放牧情况。它必须能够预报放牧时对作物种植、总蒸发量、径流量、侵蚀作用和养分循环的影响。同时还要求精确地估计牲畜输入输出量对各种载畜量的影响。

模式具体要求

各个模式要素必须完全协调一致，并且能够从其它要素接受输入量，同时能向其它要素输送输出量。这个完整的模式必须满足以下 9 条标准：

1. 它必须应用实际时差（多为逐日计）不间断地、同步地、真实地模拟有关各种演变过程。

2. 它必须以自然规律为基础，迅速地使用有效的输入量。这样消去模式需要校准，因为这些诸如径流量、总蒸发量和输沙量资料，一般是不能利用的。如果这些参数是根据自然规律得来的，则无需校准。

3. 它必须能够计算管理变化对输出量的影响。

4. 它必须在侵蚀改变根系层特性（即侵蚀移动了表层土壤，从而确定了受底土状况制约的新的根系层深度）时，能够准确地预测农作物产量。这就是说，模拟开始，就必须将土壤的性质大大地扩展到根系层以下。

5. 它必须能够估计出立地周围的诸影响，如航道、河道和泛滥平原的泥沙沉积，以及养分向江河、水库中的输送情况。

6. 它必须在计算上是有效的，允许最经济地模拟各种管理方法。

7. 它必须具有模拟长期（数百年）的能力，由于侵蚀作用影响生产力有时非常缓慢，这就需要有一个天气产生的辅助模式，因为长期测定的雨量、温度、日射的变化参数，一般都是不能利用的。

8. 它必须能够在土壤受到侵蚀时，调整管理方法，具有一种固定的确定能力。比如，起初的中耕作物土壤，经过若干年侵蚀后，即可改种牧草，因为此时的中耕作物已不再有利可图。

9. 在发现了改进的规划系统时，它必须有组织地容许得到的成分取代。

武佐民 摘译自《Journal of Soil and Water Conservation》

Vol.36 No.2 1981.

孙 逊 李 屹 校