

欢庆新中国成立40周年

略述水土保持各项研究工作的进展与成效

中国科学院
水利部 西北水土保持研究所

提 要

欢庆新中国成立40周年之际,中国科学院、水利部西北水土保持研究所仅就建所30多年来,在土壤侵蚀规律及其预测预报的研究中,在土壤和土地资源的评价与合理利用的研究中,在植被恢复的理论与技术的研究中,在旱作农业增产体系及依据的研究中,在水土流失综合治理以及在其它方面的研究中,取得的较大进展和显著成效,分六个部分概述与回顾。

在欢庆新中国成立40周年之际,中国科学院、水利部西北水土保持研究所建所30多年来在各项研究工作中都取得了较大的进展和显著成效。现仅就六个方面简述如下。

一、土壤侵蚀规律及其预测预报的研究

(一) 土壤侵蚀成因和机理的研究。这项研究包括降雨侵蚀力、土壤抗侵蚀力性能、植被保水保土功能和影响土壤侵蚀的其它因素。

1、降雨侵蚀力的研究。主要有以下六个内容:

(1) 黄土高原暴雨特性及其分布规律。五十年代曾根据黄土高原各气象站的降雨资料对暴雨强度与降雨历时、发生频率之间的关系进行了分析,求出了它们之间的相关关系式,拟定了黄土高原的暴雨标准。1980—1981年又对黄土高原的暴雨特性和分布规律进行了系统的研究,分析了暴雨强度与历时的关系,暴雨的点面转换关系,时深关系及暴雨雨型、频数和极值,并拟定了黄土高原的暴雨标准。分析结果表明,黄土高原暴雨的地区分布和年际变化极不均匀,年内分配高度集中,暴雨强度依不同重现期随历时增大呈双曲函数递减,暴雨量及其比值则依不同重现期随历时增大呈幂函数递增,暴雨笼罩面积小,面衰减依地区类型和历时长短呈不同形式的抛物线函数递减;黄土高原的暴雨雨型分猛降型、递增型和间歇型三类。

(2) 黄土地区天然降雨雨滴特性。天然降雨雨滴特性是研究降雨侵蚀力和人工降雨装置的主要依据之一。1981—1982年,采用滤纸斑法对绥德、离石、西峰、天水等地的降雨雨滴特性进行了测定,主要分析了不同雨型的雨滴特性参数与降雨强度之间的关系,并求出了雨滴中数直径、降雨动能分别与降雨强度之间的回归方程式。研究表明,不同雨型的雨滴动能与降雨强度之间均有密切的关系,雨型对雨滴特性参数的影响远比地理位置影响大;雨滴中数直径与降雨强度呈幂函数相关,降雨动能与降雨强度呈对数函数相关。

(3) 降雨动能试验。1975—1980年,采用人工降雨模拟试验和天然降雨实际观测相结合的方法,进行了降雨动能试验。试验结果表明,用模拟降雨代替天然降雨来研究降雨能量与侵蚀量之间的关系是可行的,比较可靠的;降雨能量与侵蚀量之间密切相关,可以建立二者的相关方程式;雨滴动能对侵蚀量所起的作用,基本上受坡度的影响不大,而径流位能所起的作用随着坡度的增加而逐步增加。因此,在黄土地区,当地面坡度比较大时,径流位能对侵蚀量有更大的影响。

(4) 降雨特性参数与土壤流失量的相关性。1981—1982年根据延安、绥德、子洲等地的降雨径流观测资料,分析了五种降雨特性参数(包括降雨量、降雨历时、降雨强度、降雨次数、瞬时雨率)与土壤流失量的关系。研究表明,各种降雨参数与土壤流失量的相关程度以瞬时雨率为最好,降雨历时最差;造成黄土地区土壤流失的因素主要是短历时(1—4小时)、中雨量(20—50毫米)、高强度(平均雨强为5—20毫米/小时,5分钟最大降雨量超过7毫米)的暴雨;10—30分钟最大降雨强度是引起土壤流失量的最为重要的参数指标。黄土地区每年引起土壤流失的年平均降雨量为140毫米,可占年总降雨量的26.4%。

(5) 侵蚀性降雨的标准。1982—1983年根据陕北、晋西等地有关坡面径流泥沙的观测资料,用频率分析的办法,求得了黄土丘陵地区引起土壤流失的基本雨量标准、瞬时雨率标准和暴雨标准,拟定了适用于土壤侵蚀研究的暴雨标准。主要结果是,在黄土地区引起土壤流失的基本雨量标准,农地为8.1毫米,人工草地为10.9毫米,林地为14.2毫米(上述坡地坡度为15°左右)。以农地为准不同侵蚀程度的雨量标准是,弱度侵蚀(100—500吨/平方公里)为9.0毫米,轻度侵蚀(501—1,000吨/平方公里)为11.5毫米,中度侵蚀(1,001—5,000吨/平方公里)为14.2毫米,强度侵蚀(大于5,000吨/平方公里)为25.0毫米。该研究拟定的暴雨标准满足下述三个土壤侵蚀关系指标,即每次暴雨所产生的土壤侵蚀量一般大于500吨/平方公里,暴雨引起的侵蚀量可占整个侵蚀总量的90%以上,侵蚀次数可占侵蚀降雨总次数的70%以上。

(6) 降雨侵蚀力指标。1981—1982年应用子洲径流实验场的多年观测资料对土壤流失通用方程式中降雨侵蚀力指标 $R = \sum E \cdot I_{30}$ 进行了检验。发现 $\sum E \cdot I_{30}$ 在我国黄土地区的应用效果并不十分理想,而最为理想的指标是 $R = E_{60} \cdot I_{10}$ 或 $R = \sum E \cdot I_{10}$ 。

2、土壤抗侵蚀性能的研究。主要有以下两个内容:

(1) 土壤的降雨入渗性能。五十年代曾利用野外渗透测量仪研究了影响土壤渗透的主要因素,求出了土壤渗透率与时间的关系式。研究表明,土壤渗透率与时间的关系,主要受土壤机械组成、含水量与团粒结构的影响,土壤含沙粒(粒径0.05—0.50毫米)的百分数愈高渗透率愈大;土壤渗透率随土壤含水量的增加而减小;土壤耕层内团粒含量百分数愈高渗透率愈大,影响很明显。1984年采用人工降雨设备进行了降雨入渗的模拟试验,研究了在不同的地面坡度情况下降雨的入渗规律,求出了入渗速率对时间关系的经验模式及稳定入渗速率与地面坡度的关系式。试验结果表明,随着坡度的增加而承雨强度降低,首60分钟入渗水量减少,地面径流增加,稳定入渗速率减小。

(2) 土壤的抗侵蚀性能。六十年代初,根据黄土地区红壤侵蚀状况,提出把土壤抗径流破坏作用的能力,区分为抗蚀和抗冲二种性能。土壤抗蚀性是指土壤抵抗水对土壤的分散和悬浮的能力,主要取决于土粒和水的亲和能力,和土壤中的粉粒及有机质含量有关;土壤抗冲性是指土壤抵抗径流对土壤的机械破坏和推动下移的能力,它主要取决于土粒间和微结构间的胶结力和土壤结构体间抵抗离散的能力,和土体的紧实度以及植物根系的数量和固结情况有关。1962—1964年又在子午岭东坡连家砭地区利用自行设计的原状土冲刷水槽设备,研究了不同土地利用条件下

的土壤抗冲性，以“单位水量的冲刷值（克/升）”作为抗冲性指标，该值愈大，抗冲性愈弱；并系统地研究了土壤的分散率、侵蚀率、分散系统和团聚度等，提出了侵蚀率指标。1980年根据已有的研究结果和我国各类土壤的抗侵蚀特点，将土壤的抗冲性和抗蚀性按照强弱分为五个等级，规定了各级的指标范围。

3、植被保水保土功能的研究。包括以下三个方面：

(1) 植被地上部分的截留降水作用。七十年代开始，在六盘山、黄龙山和子午岭等地，对树冠的截留降水作用，枝叶吸水能力进行了测定；并在径流小区用尼龙沙网作为覆盖物测定了覆盖度对雨滴动能的减缓作用。测定结果表明，森林、灌丛、草地及农业等各种植被的地上部分都具有截留降水、减少雨滴打击力及减缓径流形成过程和强度的作用，其作用大小随着植被地上部分覆盖度和生物量的增加而增加。森林植被的树冠截留降水作用最强，一般占降雨量的10—40%；灌丛植被（只有灌木层）一次可截留降水0.67—1.61毫米；草地植被（只有草本层）可截留0.55—2.25毫米，农田植被（只有农作物草本层）可截留降水0.57—0.80毫米。径流小区覆盖尼龙沙网（孔径1毫米）平均可减少雨滴动能98%、径流位能33%和侵蚀量50%。

(2) 枯枝落叶层的保水作用。1979—1983年分别在黄龙山、六盘山和子午岭森林中测定了枯枝落叶层的保水能力。据测定，森林每公顷枯枝落叶层一次最大吸水量为19.741—37.09立方米，灌丛为0.28—18.8立方米，草地为0.37—6.51立方米。农田由于缺少枯枝落叶层，所以不具备这种截留降水的作用。研究表明，枯枝落叶层在植被保持水土上的意义，除了有减少雨滴的打击力及延缓径流形成的过程和强度外，还进一步起着阻滞径流的作用。

(3) 植被的抗侵蚀作用。1980—1983年，在延安茶坊水土保持试验场的径流小区，测定了不同植被类型的抗侵蚀作用。据测定，柠条灌木林较农地减少冲刷量99%，沙打旺草地较农地减少冲刷量95%，牧荒坡地较农地减少冲刷量63%。另外，发现植被的抗侵蚀作用受降雨强度大小的影响。

4、影响土壤侵蚀的其它因素的研究。主要分以下三个因素：

(1) 地形。关于地形与土壤流失的关系，自七十年代起，主要研究了坡度、坡长和坡形对土壤侵蚀的影响作用。1984年，利用人工降雨装置研究了 0° — 35° 坡地的侵蚀量变化，发现在 0° — 25° 范围内，冲刷量随坡度的变陡而增加（其增长速率在 10° 以后递减）；当坡度超过 25° 时，冲刷量呈下降的趋势。坡长对土壤侵蚀的影响主要在这几个方面：只有在特大暴雨以及较大暴雨（雨量 >15 毫米，雨强 >0.5 毫米/分）时，坡长与径流和冲刷均成正相关；当降雨的平均强度较小，或较大强度的降雨持续时间很短时，坡长与径流呈反相关，与冲刷呈正相关；当一次降雨雨量很小（3—5毫米）、强度很小和历时也很短的情况下，坡长与径流和冲刷均呈反相关。坡形对土壤侵蚀的影响，实际就是坡度和坡长二个因素综合作用的结果。所以在研究复杂的坡形对土壤侵蚀的影响时，应该考虑它每一组成部分的坡度、坡形及其集流面积和集流情况。一般来说，凸形坡和直形坡上，土壤侵蚀都是坡面下部最为强烈；凹形坡上陡下缓，中部的侵蚀最强；台式和复式坡面，一般有减缓水土流失的作用，但在坡折处部分发生洞穴侵蚀。

(2) 土地利用方式。1962—1964年，曾在子午岭进行了不同土地利用方式下土壤抗冲性的研究。七十年代用人工降雨方法进行了不同土地利用下土壤流失量的研究。八十年代初又通过野外调查测定，研究了坡耕地、梯田、林地和草地等不同利用方式下，土壤物理特性的变化。这些研究表明，土壤的抗冲性以林地最强，草地次之，农地最弱；草地比林地小很多，农地比林地小得特别多。林地或草地经开垦后抗冲性急剧变弱；农地放荒之后，抗冲性很快增强。不同土地利用

方式下土体抗崩解性有显著差异，草地>林地>梯田>农地。

(3) 人为因素。关于人为因素对土壤侵蚀的影响作用，主要对毁林开荒的破坏作用进行了调查和分析，特别是1982—1983年对杏子河流域陡坡开荒和坡耕地的土壤侵蚀状况进行了详细的调查和量测计算，发现坡耕地与沟壑地的土壤流失量相当大。调查区的坡耕地占全部农地的90%，其中有50%分布在大于25°的陡坡。大于25°的坡耕地年平均侵蚀量为1,383万吨，占该流域总输沙量的61.4%。如果把片蚀和缓坡耕地的侵蚀量再统计在内，坡耕地的总侵蚀量可达70%。所以，坡耕地土壤流失量是沟道泥沙的主要来源。

(二) **土壤侵蚀类型和形态的研究**。这项研究主要分土壤侵蚀类型和分区以及土壤侵蚀主要类型和形态两个课题。

1、土壤侵蚀分类和分区的研究。主要有三个方面：

(1) 黄土地区土壤侵蚀的分类系统。1957年根据黄土地区的土壤侵蚀类型和演变规律，提出了黄土地区土壤侵蚀的分类系统。这个系统的主要原则是，按侵蚀营力的不同，分水蚀、风蚀和重力侵蚀三大类。根据水蚀过程发展的不同阶段及其侵蚀土壤在流水中所存在的状态，可把水蚀分为溶蚀、片蚀和沟蚀三种类型；将片蚀分为剖面片蚀、母质片蚀和鳞片状侵蚀三个主要阶段和轻度、中度、强度、极强度和剧烈度五个强度等级；将沟蚀分为细沟、浅沟和切沟三个主要阶段和轻度、中度、强度和剧烈度四个侵蚀程度等级。

(2) 黄土地区土壤侵蚀类型图的编制。六十年代初，根据黄土地区土壤侵蚀的分类系统及各种土壤侵蚀的类型和程度，编制了黄土地区土壤侵蚀类型图、黄河中游重力侵蚀类型图、风力侵蚀类型图与黄土地区土壤片状侵蚀类型图和沟状侵蚀类型图等五种图件。近年来又在补充资料的基础上，对这些图件进行修改。

(3) 黄土高原的土壤侵蚀区划。六十年代初，为使黄土地区土壤侵蚀区划既能阐明各区情况和演变规律，又能指导水土保持工作，采用五级制，即有地带、区带、复区、区和分区的分区原则，编制了黄土高原土壤侵蚀区划图。这个区划图包括荒漠—荒漠草原风蚀地带；荒漠草原—草原水蚀、风蚀地带；草原—森林草原风蚀、水蚀地带；森林草原—森林水蚀地带。

2、土壤侵蚀主要类型和形态的研究。主要包括三个内容：

(1) 坡面土壤侵蚀类型。坡面土壤侵蚀类型的研究，本所起初主要对溅蚀和片蚀的特征和侵蚀过程进行了研究，七十年代起，又对坡面沟蚀的类型、形态和侵蚀过程进行了详细的研究。

(2) 沟道侵蚀方式及沟道泥沙来源。六十年代，关于沟道侵蚀的研究主要是从沟道侵蚀类型和形成过程进行分析。近年来，重点进行沟道泥沙来源的研究。1982—1983年对杏子河流域沟道泥沙的形成和来源进行了计算。计算结果表明，谷坡上的侵蚀方式主要为细沟侵蚀、浅沟侵蚀和鳞片状侵蚀。谷缘线以下的侵蚀方式多样复杂，主要有切沟侵蚀和悬沟侵蚀以及滑坡、崩塌和泻溜等重力侵蚀和洞穴侵蚀。杏子河的泥沙来源按土壤侵蚀方式主要为沟蚀（包括坡面的细沟、浅沟及切沟侵蚀）和重力侵蚀。按地貌类型，主要来自沟谷，占60%以上；按土地利用方式，主要来自坡耕地，占60%。

(3) 重力侵蚀类型及形成过程。在综合研究滑坡、崩塌和泻溜等重力侵蚀类型的同时，主要对洞穴侵蚀进行了详细的调查研究。黄土地区常见的洞穴侵蚀分别为陷穴、跌穴和水刷窝三种，其形成过程基本上与沟蚀作用相似，但不能同石炭岩地区的“喀斯特”（岩溶）作用相混淆。

(三) **土壤侵蚀量测和计算技术的研究**。这项研究主要分沟道形态和密度量算技术以及土壤侵蚀过程的观测技术两个课题。

1、 沟道形态和密度量算技术的研究。主要包括以下两个内容:

(1) 沟道形态摄影和测量方法。从1978年起,针对沟蚀研究方法的局限性,在天水市龙王沟内探索用地面立体摄影测量法研究侵蚀沟的发育。几年来的实践证明,在黄土丘陵区,可以用立体摄影法研究沟道侵蚀过程和重力侵蚀,这种方法较一般测量方法精度高。另外,进行了量算沟道切割密度底图的选择研究工作,主要用1:50,000、1:10,000的航测地形图和1:33,000至1:38,000、1:13,000到1:18,000这四种航片,分别对杏子河流域的纸坊流域进行量算精度的对比试验。试验结果证明,1:10,000航测地形图是量算沟道切割密度的最理想底图,其次是各类航片。

(2) 沟道密度统计计算。自八十年代起,重视用计量学的方法来研究沟道侵蚀状况,主要是关于沟道密度量算的统计数学模型及梁峁分布特征与沟谷因素的相互关系特征。求出了计算沟道分枝比例,分枝能力、长度和数量的计算式,以及汇水面积、沟道频数与沟道长度的相关关系。统计计算表明,汇水面积、沟道频数与沟道长度均呈幂函数相关。

2、 土壤侵蚀过程的观测技术的研究。也分为两个内容:

(1) 降雨径流观测技术。五十年代,研制成功了野外渗透测量仪(双筒法),六十年代又试制了观测土壤抗冲性能的仪器,七十年代进行了雨滴观测方法的试验,向全国介绍了滤纸法、面粉球法等测量雨滴粒径的技术,并研制了测定雨滴打击力的雨滴能量发生器和用于人工降雨装置的折射式喷头。八十年代开始研制人工模拟降雨装置,试制成功了组合侧喷式野外人工模拟降雨装置。

(2) 小流域土壤侵蚀调查制图技术。1982—1983年在总结杏子河流域土壤侵蚀调查经验的基础上,提出了土壤侵蚀调查制图的各种原则和技术,包括沟缘线的划定标准,沟道密度和沟谷面积的量测标准,坡度的分级与坡度图的编制,土壤侵蚀类型和侵蚀强度分级及其制图。

(四) **土壤侵蚀危害及其预测预报的研究**。本项研究主要有土壤侵蚀危害和土壤侵蚀的预测预报两个专题。

1、 土壤侵蚀危害的研究。在土壤侵蚀危害的研究方面,除结合土壤侵蚀调查进行一般性讨论外,近年来,主要进行了土壤侵蚀影响土壤退化和土壤养分流失与元素迁移的研究工作:

(1) 土壤侵蚀与土壤退化。1984年对黄土高原水土流失和土壤退化进行了研究。研究结果表明,黄河每年的输沙量中有一半来自坡面较肥沃的表土层,按耕层厚度20厘米计,仅黄土高原每年损失有效耕地相当于34万余公顷;因水土流失每年可蚀去表土层0.5—1厘米。这样,有机质等营养元素很难积累,各种耕地一直处于低肥水平的发育初期阶段。

(2) 土壤养分的流失。七十年代,对土壤氮素的流失状况作了调查统计,黄土地区每年氮素流失量5.8—40.7公斤/公顷。近年来的研究资料表明,黄河每年16亿吨泥沙中,含氮80—160万吨,相当于尿素173.9—347.8万吨,主要流失区为陕北和晋西的黄土丘陵地区。1983年对黄河中游的土壤及泥沙中的土壤微量养分进行了测定。黄河中游每年随土壤流失的锌锰铜铁钼硼等元素有4,000多万吨,其中有效态1.8万吨,合7.1万吨微肥,为全国一年施用量的3—4倍。象黄绵土,在年侵蚀模数5,000吨/平方公里情况下,每公顷地流失的微量养分1,390.5公斤,折合微肥2,262公斤。

2、 土壤侵蚀预测预报的研究。在土壤侵蚀预测预报方面,我们开展的主要工作,一方面是

对土壤流失预报方程中各因子在我国的适用性进行检验，探讨建立我国的土壤流失量预报方程；另一方面是进行小流域产沙量的计算。七十年代末，通过利用陕北、晋西和陇东南有关典型小流域的观测资料，进行回归分析，建立了小流域一次洪水产沙量计算公式。用该公式预报这一地区的小流域产沙量，具有一定的实用精度，并且能反映不同地区的小流域降雨、地形、土质和植被等因素对流域产沙量的综合影响。

二、土壤和土地资源的评价与合理利用的研究

（一）土壤形成与分类的研究。这项研究主要分土壤形成过程以及土壤类型和分布两个专题。

1、土壤形成过程的研究。

包括以下三个内容：

（1）原始土壤的成土过程。六十年代对太白山岩生植物的演替和原始成土过程进行了系统的研究。首次把岩生微生物到高等植物产生为止这一段的成土过程，称为原始成土过程，把由此形成的土壤称为原始土壤。研究结果，不仅明确提供了成土过程和风化作用同时同地进行的实例，同时又确认了生物因素在成土过程中的主导作用。

1983年，又重申和阐明了原始成土过程的四个时期，即以岩生生物着生和生物物理风化层的出现为始发标志的“岩漆”时期；地衣着生并见有生物风化层和细土出现的突变时期；苔藓植物着生并形成细土层的巩固发展时期和高等植物着生和原始土壤形成的定型时期。整个土壤形成过程，是与陆生生物的起源、演变和进化紧密联系，并互为因果，互为条件。

（2）古土壤发生学的研究。1958年曾对黄土层中“红层”问题进行了研究，认为“红层”具有土壤剖面的特征，是被埋藏的古土壤剖面，红层的成土条件可能和目前褐土和灰褐土区的景观相似，并证明了黄土最初的风成来源。1965年对我国黄土性沉积物中古土壤的研究，肯定是褐土型。这些古土壤的成土作用具有南强北弱和东盛西衰的趋势，并和目前黄土地区各地水热条件的差异大体相一致。古土壤的相间存在，将对于争论中的黄土成因问题有着决定性的意义。七十年代，对武功黄土层中埋藏古土壤的微形态及其发生学的研究，阐明该古土壤的发育过程中粘粒有移动现象，气候较现在温暖而湿润。现在土壤剖面中的碳酸盐为埋藏后的次生淀积，并认为该土不是褐色土型，而应是棕壤型土壤。这一研究，主要对现代成土过程与古土壤成土过程的重叠和复合作出了鉴别。

（3）耕作土壤的发生演变。从五十年代起，对陕西省主要耕种土壤的发生演变过程进行了研究，特别是对瘠土、黑垆土和黄绵土的主要成土过程进行了研究。研究结果认为，地带性土壤的成土过程有四个特点，即土壤腐殖质累积，石灰的淋溶与淀积，粘化作用和旱耕熟化作用。

2、土壤类型和分布的研究。

主要有以下三个方面：

（1）黄土地区的土壤分类系统。六十年代初，曾对黄土地区土壤分类系统进行了研究，特别强调在土壤分类中要考虑土壤熟化过程这一因素。主要分类系统有土质、土组（或土族、土属、土型）和土种三个等级，必要时可在土类以下加亚类，土种以下附加亚种或变种（或土名）等，其命名原则是以代表性较强的土壤为土类，地方性较强的为土组，土种以下按当地名称来命名。在分类系统的基础上，编制了黄土地区土壤类型图。

（2）陕西省的土壤分类系统。五十年代，对陕西省农业土壤分类进行了总结，并拟定了陕西省的土壤分类系统。这个系统把人为活动作为一个独立的成土因素看待，不仅反映了不同地带性的自然土壤和小的续分单位间的联系，土壤与农业、植被以及其它成土因素的联系，而且也反

映了各种农业利用方式对土壤性状发生的改变及发育方向和速度的影响,采用了土类、亚类、土族、土科、变种的分类系统。对于长期耕种的土壤,可在亚类或土族一级划出,而其覆盖层厚度可作为划分土种的依据指标。根据上述原则,把陕西省土壤归纳为8个土类,并在这一分类的基础上,编制了陕西省土壤类型图。

(3) 黄土地区土壤分布规律。自五十年代起,对黄土地区土壤的水平分布、垂直分布及地带性分布的规律进行了研究。在总结群众经验的基础上,把黄土地区土壤划分为塬土、黑垆土与绵土三个土类:塬土主要分布在陕西关中和山西西南部分渭河谷的阶地上,是长期耕种熟化的土壤;黑垆土主要分布在塬土和褐土以北的陕北、晋西北、陇东和陇中一带,宁南亦有分布;绵土是在黄土上直接耕种熟化形成的土类,广泛分布于黄土丘陵的水土流失比较强烈的地区,常和黑垆土交错出现,其中以陕西北部分布最广,陇东、陇中和山西西南部次之,青海、宁夏和内蒙古也有零星发现。

(二) 土壤基本特性的研究。本研究主要分土壤质地和结构特性、土壤水分特性、土壤养分特性以及土壤微生物腐殖质和粘土矿物特性四个专题。

1、土壤质地和结构特性的研究。主要有以下两个内容:

(1) 土壤颗粒及土壤质地分类。六十年代以来,对黄土地区(包括陕甘宁)风成黄土主要颗粒组成砂粒、粗粉粒、粉粒及物理性粘粒的分布规律进行了研究,并认为可作为风成黄土的主要指标粒级。研究表明,黄土质地均一,土壤颗粒有由西向东、由北向南逐渐变细的趋势。黄土母质上发育的土壤主要有黄绵土、黑垆土和塬土:黄绵土分布于我国黄土高原丘陵地带遭受强烈侵蚀的地区,土层深厚,质地均一,属粉土和粉壤土,黄土剖面颗粒分布的特征是,粗砂粒很少,含细砂粒5—39%,细粉粒37—61%,粘粒9—14%;黑垆土分布于黄土高原及河流两岸高阶地上,颗粒组成和黄绵土相似,粗砂粒很少,细砂粒含量10—38%,粗粉粒含量40—54%,颗粒含量10—17%,质地属砂粉土及粉土;塬土广泛分布于汾渭河谷多级阶地上,质地较为粘重,属粉粘土或壤粘土,底土为黄土母质层,质地较轻,属粉土。另外通过研究,提出了我国的土壤质地分类制和划分原则指标,绘制了黄土高原土壤质地分区图。

(2) 土壤结构特性。1962—1964年曾在陕北和甘肃子午岭等地研究了土壤的团聚状况,并分析了团聚状况与土壤抗蚀性及机械阻力的关系。

2、土壤水分特性的研究。主要包括以下三个内容:

(1) 黄土高原土壤持水性能。1959—1961年,采用土柱法研究了两层性土壤的持水性能。研究表明,细粒土壤下垫有粗粘土壤时,上部细粒土壤的持水能力有明显的提高,可以超过最小持水量而得到若干补充水量。空气—土质界面对提高土体持水能力的作用相当于地下水位所起的作用。近年来,在过去对黄土高原持水性能研究工作的基础上,用田间持水量来作为土壤持水性能的指标,分析了田间持水量的影响因素,绘制了黄土高原田间持水量的等值线图。分析结果表明,田间持水量在轻壤土、中壤土和重壤土范围内均为 $(20 \pm 2)\%$,和土壤质地没有明显性的相关。

(2) 黄土高原土壤供水性能。六十年代以来,在关中、陕北等地对土壤水分的供水性能进行了系统地研究,并用萎蔫湿度作为区别土壤有效水分和无效水分的界点。萎蔫湿度的大小主要取决于颗粒组成,沙壤带萎蔫湿度为3—4%,轻壤带为4—8%,中壤带为5—8%,重壤带 $>8\%$ 。另外黄土高原具有深厚疏松的壤质土层,给根系发育创造了适宜条件,因而形成了很深的植物供水层。

(3) 黄土高原土壤水分的蒸发移动性能。六十年代初,用管柱法研究了四种湿度水平下(这四种湿度水平为最大吸湿深度、凋萎湿度、毛管联系断裂湿度、最大持水量)重壤土的蒸发移动性能。研究表明,液态水的运行下限在凋萎湿度附近,低于此湿度水平时,液态水的运行就变得异常微弱了。随着湿度的增加,由毛管联系断裂湿度增至最小持水量状态,液态水的薄膜移动方式逐渐为毛管移动方式所代替。1979—1980年利用管柱法,研究了重壤土、中壤土、沙壤土和砂壤土的水分蒸发性能。实践证明,由于黄土高原土壤水分大多处于悬着水状态,因此,本区大部地内土壤水分的上移蒸发属非饱和流问题。同在最小持水量条件下,四种供试土壤的蒸发强度和水分移动性能由于持水性能不同,孔隙组成的差异和水分移动方式的不同而表现出明显的差异。1982—1983年采用水平土柱入渗法,测定了四种不同质地、不同孔隙度土壤(重壤土、中壤土、轻壤和沙壤土)的水分扩散率。各种质地土壤的扩散率都随含水量增加而增加。当饱和度和度相同时,质地愈粘重,扩散率愈小,扩散率和孔隙呈正相关。1981年采用蒸发筒(直径30厘米,深50厘米)称重法研究了绥德沙壤土和武功重壤土的蒸发性能和表层松土的保墒效果。研究表明,两种质地的土壤相比,沙壤土蒸发强度前期大于重壤土,后期则小于重壤土。沙壤土后期蒸发强度小于重壤土的原因,在于后者有较大的势梯度。另外,表层松土5厘米的保墒效果,只有松土后第2—4天有表现,此后即不显著,后期甚至有加大蒸发的趋势。上述各项研究表明,在黄土高原,土壤水移动性能强弱主要受含水量的控制。土壤水物理蒸发影响深度可达2—3米。两米土层内物理蒸发水量轻壤土和中壤土达田间持水量的25—35%,具有下伏粘化层的重壤土在60厘米以下失水量不大于10%。

3、土壤养分特性的研究。主要有以下四个内容:

(1) 黄土地区土壤磷素含量和形态组成。从五十年代起,就对关中和陕北等地的土壤磷素状况进行了测定。近年来,又系统地测定了陕西省各地的土壤磷素状况,包括土壤含磷水平和分布、土壤磷素在剖面中的分布及特征、土壤磷素形态和组成以及土壤有效磷含量和分布、土壤有效磷的供给特性。研究表明,陕西地区土壤含磷量介于0.02—0.23%之间,平均0.12%,介于我国土壤含磷范围内(0.04—0.12%)。土壤含磷呈偏态分布,含磷水平分布是陕西北部 and 南部两端低,中部高,依次为风沙土<绵沙土<黄绵土<黑垆土<塬土,陕西的黑泥巴、黄泡土和水稻土低于黑垆土和塬土;土壤磷素形态与土壤水平分布规律具有相关性。在磷素形态组成中,土壤有机磷含量少,占全磷的8.5—23%,平均为14%。土壤有机磷和土壤有机质含量密切相关。在无机磷组成中,大多数耕层土壤以Ca—P为主,占全磷的47—82%,Al—P很少;Ca—P自北向南渐减,而Fe—P增加。陕西省的土壤中,磷酸钙盐以磷灰石为主,主要土壤有效磷含量介于0—29ppm,平均为5.4ppm;土壤有效磷与全磷、有机质呈正相关,与磷酸钙呈负相关。全省土壤有效磷供给水平低,土壤活性磷与土壤肥力密切相关。

(2) 黄土地区土壤氮素含量及土壤氮矿化势。自七十年代起,对黄土地区土壤的氮素含量进行了测定。测定结果表明,黄土地区土壤氮含量变幅明显,平均含量为0.01—0.094%。各土类按下列顺序递减:灌淤土>塬土>黑垆土>灰钙土和栗钙土>黄绵土>风沙土。在研究氮素含量分布的同时,从1976年开始,对陕西省主要耕种土壤的氮矿化势进行了测定。测定结果表明,陕西省主要耕种土壤的氮矿化势为55—132ppm,塬土>黑垆土>黄绵土和黄泥巴,矿化率为0.082/周。近几年,在陕北杏子河流域的测定结果也表明,农地氮矿化势为44—61ppm,林地为45—62ppm,草地为59—132ppm。

(3) 黄土地区土壤钾素的形态及其释放。近年来,在研究磷氮含量及其分布的同时,又研

究了黄土地区钾的形态及其释放。研究表明,黄土地区钾的形态按毫克/100克土计,有机钾0.36—5.04,水溶性钾0.024—2.37,代换性钾3.61—16.96,有效钾3.85—19.33,非代换性钾64.45—149.77,结构钾1,840.3—2,533,全钾为1,920—2,640;土壤各种形态的钾与有机质呈正相关,与沙粒呈负相关。钾的释放符合幂回归方程,释放量从北向南渐增。幼年土壤和轻黑垆土的粘化层的释放量高于其它层次,但是粘黑垆土和黑垆土的粘化层的释放量高于其它层次。

(4) 黄土地区土壤微量元素含量、有效性及分布。自七十年代中期起,先后对陕西、甘肃、山西、宁夏、青海、豫西、内蒙西部等7省(区)的锰硼锌铜铁钼等元素的含量和有效性进行了测定。测定结果表明,黄土地区各种微量养分的含量是:锌20—132ppm,平均为68ppm,低于全国而高于世界平均值;铜13—48ppm,平均21.7ppm和铁1.76—4.38ppm,平均为2.76ppm,与全国和世界平均值相近;锰116—1,025ppm,平均为529ppm,略低于全国和世界平均值;硼29—113ppm,平均值为61ppm,在全国属中等水平,高于世界平均值;钼0.23—1.10ppm,平均为0.60ppm,远低于全国和世界平均值。土壤性质与可给态微量元素含量之间密切相关,土壤可给态微量元素含量与有机质含量呈正相关,与pH, CaCO₃含量呈负相关,而以有机质影响最关重要。本区土壤有效铜含量为0.90ppm,有效锌含量为0.51ppm,有效铁含量为5.0ppm,有效锰含量为7.1ppm,有效钼含量为0.08ppm,有效硼含量为0.09ppm。土壤缺素的临界值是有效锌、有效铜与水溶硼均为0.5ppm,有效锰为7ppm,有效钼为0.10ppm,有效铁为2.5ppm。根据黄土地区主要土类1,026个样点的测定结果,微量养分低于临界值的比例为锌50%、锰49%、铜13%、铁10%、钼73%、硼62%。根据土壤微量元素养分分级指标和各类土壤微量养分含量的分布概况,将黄土地区分为六个区:灌溉平原中锌、中锰区;河流阶地平原低硼、低钼、中锌、中锰区;旱塬沟壑低锌、低硼、低钼、中锰区;丘陵沟壑低硼、低锌、低钼、低锰、中铜、中铁区和风沙丘陵低锌、低锰、低钼区。

4、土壤微生物腐殖质和粘土矿物特性的研究。主要包括以下三个方面:

(1) 黄土地区土壤微生物特性。六十年代起,在子午岭等地对不同土壤类型和不同肥力水平下不同土壤的微生物数量、组成及部分生物强度进行了测定分析,并研究了农业技术措施对微生物区系变化的影响。研究表明,土壤耕层中每克干土微生物总量通常3万个以上,其中以细菌最高,放线菌次之,真菌最少;土壤剖面中,微生物集中于表土层,而犁底层数量急剧下降,往下更少。在耕地,微生物数量及活性显著大于荒地,加深耕作层和施肥,对微生物数量和组成有显著影响。

(2) 黄土地区土壤腐殖质特性。五十年代,曾对关中地区古耕灰褐土腐殖质和硝态氮含量变化进行了研究。研究表明,深耕施肥和栽种牧草,可增加土壤腐殖质含量2%以上。七十年代对太白山垂直土壤带的褐土、棕土、灰化土、生草灰化土和高山草甸土的腐殖质组成和胡敏酸的特性进行了研究。研究表明,各土壤表土层中,胡敏酸/富里酸的比值一般在1.0左右;随着剖面深度的加深,该比值急剧下降。胡敏酸的活性较大,缩聚程度较低。另外,通过调查分析表明,黄土地区腐殖质含量呈南北间南高北低、东西间高一低一高的趋势,胡敏酸与富里酸比,以陕北靖边为中心向北西和西南方向呈梯形降低。

(3) 土壤粘土矿物特性。1982年对太白山的北坡9个代表性土壤剖面分离出粘粒,进行了化学、差热、X射线衍射分析。分析结果表明,太白山北坡土壤的粘土矿物组成特征随着土壤的垂直分布而呈有规律的变化。

(三) 土壤改良利用的研究。这项研究,主要有生物改良、人工改良、土壤改良剂和土壤环

境改良:

1、生物改良作用。自七十年代以来,对蚯蚓改良土壤的效果进行了系统地分析,包括蚯蚓对土壤结构形成和性态、土壤腐殖质含量和组成、土壤养分富集作用和有效性的影响等。分析结果表明,蚯蚓对土壤团聚体内有机和无机复合体的形成和发育具有十分显著的作用;通过蚯蚓加工形成的团聚体中,腐殖质含量都比原土普遍增高,据全国11个省(区)各类土壤统计,最低增加11.3%,最高增加2倍左右,其中林地土壤提高47—200%,菜地土壤提高56—190%,农地增加11.9—81.5%。蚯蚓对土壤腐殖质组成也有明显变化,富里酸含量增加2—9倍,胡敏酸含量增加1.3—2.3倍。蚯蚓活动对土壤有机质、氮素及有效磷钾养分具有明显的富集作用;腐殖质含量平均增加30—200%,氮素含量增长30—40%,有效磷增加50%,有效钾增长48%。

2、人工改良作用。1975—1978年,采用保持原状结构的土壤薄片,在偏光显微镜下,鉴定了大寨海绵土的土壤结构特征,研究人工培肥和耕作变化程度对改良土壤结构的影响。研究结果表明,团粒结构性状很差的黄土,经人为加施以秸秆为主的腐熟有机肥,并结合精耕细作,在10年左右期间,团粒结构可得到明显的改善,尤其是<1毫米的微团聚体,在空间分布上显示了良好的通透性与保水性。1976—1978年在陕西洛川进行了引洪灌溉的改土试验。试验结果表明,它是改良土壤的有效措施,可以改良土壤质地、增加养分和改良盐碱土等;引洪灌溉在人为的耕作、施肥和栽培的作用下,可形成灌淤土。另外,自六十年代以来,对陕西汉江流域的黄泥巴,湖北和河南部分地区的水浸地等低产土壤提出了综合改良意见。

3、土壤改良剂。1978—1980年,在关中几个灌区进行了施用水解聚丙烯晴改善土壤物理状况的试验。试验结果表明,施用水解聚丙烯晴,可以提高土壤水稳性团粒结构,并有效的防止土壤板结的发生。另外,由于水解聚丙烯晴有多种功能基,可有效地降低土壤pH和代换性钾的含量,从而提高了磷的活性。

4、土壤环境改良。1978—1980年,对宁南苦水灌溉及调控土壤次生盐渍化的途径进行了研究。研究结果表明,宁南苦水灌溉土地虽有不同程度的盐渍化现象,但由于灌溉水及雨水的淋洗作用,土壤盐分含量常维持在0.2—0.3%以下。在一定条件下,只要措施得当,矿化度5克/升以下,可以长期利用灌溉。1977—1978年,在西安郊区就含汞污水灌溉农田,使土壤严重污染的问题进行了研究。研究结果表明,污灌后汞对土壤的垂直污染、剖面含汞量与土壤质地和污染量密切相关。防止汞污染的主要措施是,改污灌为井污混灌,改淹灌为浇灌,对汞污染严重的土壤,应采取清灌洗汞的办法。

(四) 土壤地球化学及其农业和人畜健康关系的研究。本项研究主要分地方病水土环境病因和防治途径两个专题。

1、地方病水土环境病因的研究。包括以下三个内容:

(1) 陕西省克山病的水土环境病因。自1974年开始,对陕西省克山病病区和非病区的自然环境及水体、土壤、粮食和人发中某些化学组成进行了对比分析。数年研究结果发现,病区土壤全硒(86ppb)及水溶态硒(20ppb)比关中非病区(152及44ppb)低46—57%,粮食低33—80%;病区儿童发硒为81ppb至95ppb,非病区则为134ppb至1,306ppb。这表明,病区处于低硒环境,土壤和粮食中硒含量的低下是造成病区人体内硒水平低下的基本原因。硒与克山病发病率密切相关。另外还表明,发硒含量与克山病发病率有一个临界关系,即低于80ppb为绝对病区,80—125ppb为过渡区,大于120ppb为绝对非病区。从地理环境看,非病区是各种易溶物质相对富聚的地区,病区则是水土流失严重、饮食单一的丘陵地区。

(2) 大骨节病的水土环境病因。从1969年开始,先后对陕西省78个县(市)130余个重点病区和非病地点的环境特征,环境与人体的多种重要生命元素进行了大量的分析研究,测定了土壤、粮食和人发中8种元素的含量,发现病区与非病区土壤和粮食中的元素含量差异最明显的是硒。病区土壤的水溶性硒含量仅为非病区的1.5%,病区小麦含硒为非病区的43.5%,玉米为非病区的37.9%,儿童发硒含量比非病区低40%。1979年初在陕西省大骨节病会议上首次提出,大骨节病的产生与环境及人体的硒有密切关系,说明大骨节病病区处于低硒环境。另外,通过对永寿县大骨节病环境区的考察,发现土壤类型与大骨节病病情有关:病情极轻的地点多分布在黄盖粘黑垆土、塬土和板土,且多位于平坦的塬区或低洼地;重病地点多分布红土、二色土,且多位于梁坡、塬边和梁上。近几年又深入开展了微域环境中的硒分布与大骨节病关系的研究,进一步证明微域环境中的硒分布与大骨节病病情程度有密切关系,解释了该病灶状分布的原因。

(3) 土壤硒含量的分布规律。1982—1983年,为了研究环境中硒与某些地方病的关系,系统地分析陕西地区土壤中的硒分布。分析结果表明,土壤全硒量平均值为0.118ppm,水溶态硒平均值为1.9ppb,多属低硒土壤。富硒土壤仅分布在陕南大巴山东段的局部地区,硒含量基本由北向南递增。根据硒的分布把全省划为五个地区,并绘制了陕西省的岩石、土壤、饮水、主食营养和人发含硒分布图和大骨节病的自然类型图。

2、地方病的防治途径的研究。1975—1978年,通过病区和非病区六个点的200个小区的玉米大田试验,研究用亚硒酸钠浸种和喷施,对玉米籽粒吸收硒量的影响。研究结果证明,喷施是提高农作物籽粒含硒量的可靠办法。人们通过吃硒粮和给机体补硒来预防克山病,有机硒(硒粮中)比无机硒(硒片、硒盐)更利于机体的吸收利用。1976—1985年的临床效果和观察表明,这对预防克山病发病率有肯定的效果。1980—1981年,通过对永寿县大骨节病区429例儿童口服亚硒酸钠试验,儿童发硒由原来的40ppb一年后提高到288ppb,补充人体的硒可促进关节软骨病的恢复,对防治大骨节病有效。有关防治试验的效力,已于1981年9月在中央地方病办公室主持召开“大骨节病防治效果鉴定会”上经鉴定通过。

(五) 土地资源的评价和利用的研究。本研究主要分土地类型与发生演变和植物类型与植物区划两个专题。

1、土地类型和发生演变的研究。主要有以下两个内容:

(1) 黄土高原土地类型及分区。自七十年代起,系统地总结了黄土高原土地类型群众分类命名的经验,拟定了黄土高原主要土地类型的分类系统。根据群众的划分和命名,将土地类型划分为河川、河谷间地和河川、沟谷两大系统。另外,对陕西省主要土地类型进行了研究,并以土地的基素为经,以当前形成改变土地的主要自然营力为纬,将陕西省陆上土地划分为风沙滩地、石质山丘、黄土丘陵、黄土塬地和川台地等发生系列,再以各发生系列中土地发生演变的条件、过程及其分布组合规律,将全省土地划分为13个类型区,即石质山地、土石山地、石质丘陵地、黄土丘陵地、沙化黄土丘陵地、塬地、大川地、坪坝地、川坪地、沟坪地、沙石地、风蚀地和风沙堆积地。

(2) 黄土高原土地的发生演变。自六十年代起,就对黄土地区不同类型土地的发生演变规律进行了研究,特别从水蚀、风蚀和重力侵蚀和人为破坏等成因,对各类土地的演变规律和趋势进行了研究。研究认为,黄土地区土地的形成和演变,主要是侵蚀和运积作用的结果。黄土塬地的侵蚀地貌演变是沿着由塬变梁、变塔,再变成圪塔、圪尖的顺序演变。

2、土地资源的评价利用研究。土地资源的评价,七十年代就对陕西武功等县的土地资源进

行了典型分析，拟定了陕西省土地资源评价的原则，即土地类型的形成演变特性、土地的适宜性、土地生产潜力的大小及土地的限制性等，划分了土地资源等级，并指出了本区土地生产力的影响因素、优势和劣势。

3、土地资源的合理利用途径。七十年代，曾对陕北等地一些典型村队和小流域的土地资源情况进行调查和制图，提出了地区土地的利用途径。八十年代以来，在宁南固原和陕北安塞等地利用系统工程原理，对本地区农林牧各类土地的用地比例进行了统计计算，建立了本地区土地合理利用的最佳模式，改变了过去单一经营粮食和农地比例过大的恶性循环。另外，还对黄土地区土地合理利用的途径、方向和区划进行了研究。

三、植被恢复的理论和技术的研究

(一) 植被资源的调查与评价的研究。本研究主要分区域性植被资源及植被类型与植被区划两个专题

1、区域性植被资源的调查研究。计有以下三个内容：

(1) 青甘地区植被资源考察。1958—1960年，本所部分科技人员在参加中国科学院青甘综合考察队时，对该地区的资源植物进行了全面的考察，包括该区植物生长的环境条件及分布概况；食用、药用、化工原料、材用、饲料、绿化观赏、防护、野果及毒草等植物的分类评价；该区植被资源的利用现状、方向、存在问题以及开发措施等，编著了《青甘地区的资源植物及其评价》和《柴达木盆地的资源植物》两部专著。这对该区植被的合理利用具有重要的作用。

(2) 黄土高原植被资源考察。1955—1956年在参加中国科学院黄河中游水土保持综合考察队时，对甘肃会宁、皋兰，山西离石等地重点流域的植被资源进行了详细的调查，分析研究了这些小区域的植物群落特征和分布状况。七十年代以来，又分别对陕北杏子河流域，宁夏固原县及六盘山、子午岭等地的各种植被资源进行了考察，提出了这些地区植物的类型、分布、资源状况及其农林牧关系的多种调查报告，并重点对这些地区的灌丛植被和野生果树种质资源、野生油料植物资源和牧草资源进行了研究和评价，提出了经营管理意见。

(3) 秦岭植物资源的考察。六十年代初，和中国科学院植物研究所等单位协作，完成了《秦岭植物志》（第一卷），内容包括种子植物的裸子植物与被子植物的单子叶植物650余种，系统地介绍了秦岭种子植物的资源、分布、特征、特性和用途，为开发利用秦岭的植物资源及植物地理、地植物等学科的研究提供了理论和依据。

2、植被类型与植被区划的研究。主要有以下四个内容：

(1) 秦岭地区植被类型与区划。六十年代初，根据秦岭地区的植被类型，提出了该地区的植物区划方案，并划分了暖温带针阔叶混交林、夏绿阔叶林带与亚热带常绿阔叶树的针阔叶混交林带的界线。秦岭地区横贯陕西中部，属中国东部湿润森林区域，包括了3个植被带、8个植被省和15个植被州。

(2) 黄河中游地区植被的类型与区划。六十年代初，在研究黄河中游植被类型的基础上，提出了这一地区的植被区划大纲，将黄河中游植被分为3个植被区、8个植被带和21个植被省；并且指出，黄河中游的植被类型是伴随了该区地质、地貌、气候和土壤等综合环境因素，由东南向西北循地带性而递变。由于影响植被分布的湿温条件变异比较明显，所以在植被方面表现为山地森林、森林草原、草原、荒漠草原和荒漠等5个植被带，同时，各个带内又因各含有山地、丘陵、平原或盆地和冲积带等，因此，在山地植被中又表现出垂直地带性。

(3) 陕西省植被类型与区划。六十年代在分析陕西省植被发生、发展的影响因素的基础上,对陕西省植被类型和区划进行了研究。研究结果确定,陕西省主要植被类型有沙生旱化草原、砂生植被、草甸盐生植被、草原化森林草原、次生变绿阔叶林、针阔叶混交林、亚高山灌丛及亚高山草甸等,宜将陕西省的植被归入蒙新干草原和荒漠区域及中国东部湿润森林区域。全省含四个植被带及10个植被省。

(4) 陕北黄土地区植被类型与区划。七十年代,在分析陕北黄土地区植被类型及分布规律的基础上,将本区分为两个植被带和三个植被省,即华北北部暖温带落叶阔叶林带和陕北黄土丘陵沟壑区暖温带森林草原地带,下分黄陵—延长落叶阔叶林省、志丹—府谷森林草原省和白于山地灌丛草原省。

(二) 植被恢复理论与技术的研究。本研究主要分黄土高原草场改良理论与措施、飞播种草造林和林草建设的主要途径。

1、黄土高原草场改良理论与措施的研究。主要有以下三个内容:

(1) 牧区弃耕草场恢复的主要措施。六十年代初对青海省东北部牧区茶卡—共和盆地、青海湖环海一带及祁连、门源山间谷地等地区的原生草场进行了调查。调查发现,该区原生草场有山地草原、亚高山草甸和山地盐荒漠等3个主要草场型。弃耕草场恢复的主要措施是:在弃耕草场平整后,应以天然更新为主,半人工更新为辅,进行草场更新;在有牧草种子和富裕劳力的条件下,应以半人工更新为主。半人工更新是指在草场的更新过程中,人工播种优良牧草,再借牧草的天然下种来进行草场更新。

(2) 草地封育试验。近几年来,对宁夏固原县部分地区虽然地上部分生长差,但根系发育完整,有种子和营养更新能力的草地,进行了封育试验。试验结果表明,进行两年封育试验的草地与对照比较,覆盖度提高了60—90%,产草量提高1—2倍。这说明,采取封育措施,让牧草休养生息,是改良草场的一种有效途径。

(3) 改变低产草地的措施。近年来,通过对陕北草地生产概况及存在问题的调查,提出改变低产草地、防止滥牧的主要措施是,改放牧为舍饲,走集约化现代经营方式;建立乔灌草相结合的坡地草库伦,保证饲草饲料的供应;改进播种结构,扩大豆类作物种植面积,为畜牧业增加蛋白质来源。

2、黄土高原飞播种草造林的研究。自1975年开始,分别在陕西宜川和吴旗县,宁夏自治区固原和同心县建立了飞机播种试验区。通过近十年的试验研究,取得了一批科研成果,并获1985年国家科技进步二等奖。另外,自1974—1981年参加榆林流动沙地飞机播种造林试验,取得成功,现已大面积推广应用。

(1) 宜川县油松飞播造林、成林过程和经营技术。1976—1978年在宜川县进行了三年油松飞播试验。三年共飞播油松2,307公顷,幼苗生长良好;三龄油松最高株30—35厘米,有苗面积40.3%。在试验研究中,主要分析了种子萌发特性、生根特性、幼苗抗寒和抗旱等生态学特性以及播期选择、播种质量、植被等条件与出苗的关系。1981—1984年进行了飞播油松株数、生成、成苗面积和生物产量等观测,提出了油松成林过程的三个相互联系又有区别的阶段,同时为提高现有飞播造林的经营技术水平,开展了幼苗移植、山杨林疏伐、幼树抚育等试验研究。研究结果表明,移苗以成苗阶段(2—4年生)进行为宜,采伐油松上层的山杨林以全伐或伐去3/4为宜。

(2) 吴旗飞播沙打旺和沙棘带状混交植被的试验。1975—1978年在吴旗进行了四年飞播沙

打旺试验,并开展了飞播效果影响因素的研究。四年共播种面积3,093公顷,出苗率20%。试验结果表明,飞播沙打旺的适宜播量为2.25—3.00公斤/公顷,植株密度每公顷4.5—15万株为宜,在较干旱的黄土丘陵区播期一般在6月下旬至7月。为了解决沙打旺衰败后的植被接替问题,1980—1983年进行了沙棘和沙打旺带状间播试验。试验结果表明,这是一种比单播沙打旺更有前途的飞播草灌组合方式,不仅显示了良好的水土保持措施的生态效益和经济效益(在2—7年混交期间,平均每公顷产鲜草1.35万公斤,比荒山减少地表径流量42.9%,控制土壤流失量85.9%),而且较好地解决了沙打旺衰败后的植被接替问题(8—9年沙打旺衰败后,土壤水分逐步得以补偿,沙棘开始向衰败沙打旺草地串根,最后形成较稳定的沙棘灌木林)。

(3) 固原县黄土丘陵干旱区飞播沙打旺的试验。1981—1983年,在固原县飞播沙打旺767公顷。试验结果表明,在年降水量350毫米左右的条件下,飞播沙打旺是可行的。沙打旺播后2—3年即可形成郁闭的高草地,每公顷成苗面积90—100%,可产鲜草8,250—9,750公斤,比同期封禁荒山提高产量5—8倍。试验结果还指出,影响该区飞播效果的主要限制因子是干旱和霜冻,提高飞播效果的关键技术措施是选择水肥条件结合较好,又能安全越冬的适播期(一般在6月下旬至7月上旬)和实行地面处理。播区宜选择退耕地和撂荒地。飞播的荒山需进行破土处理。

(4) 同心县荒漠草原地区飞播沙打旺试验。1982—1983年在同心县(年降水量250毫米左右)飞播沙打旺665公顷。试验结果表明,在退耕地和撂荒地,3年可形成郁闭的高草地,成苗面积85.8—100%,每公顷产鲜草1.09—3.04万公斤;荒地成苗面积60.2%,每公顷产草3,000公斤。这证明,即使在250毫米降水量的荒漠草原地区,只要播区(有大面积退耕地和撂荒地)选择适宜,飞播沙打旺也是可行的。

(5) 黄土高原适宜飞播乔灌草种的选择和提高飞播效果技术措施的研究。1981—1983年,分别在固原、同心等地进行了适宜飞播乔灌草种选育以及沙打旺播区地面处理和种子处理研究。研究表明,选择适宜的树草种,以中小粒种子、发芽扎根快和幼苗越冬能力强的乡土树草种或引种成功的植物种为好。目前黄土高原获得飞播成功的乔灌草种有沙打旺、柠条、沙棘和油松等,红豆草是很有希望的飞播草种。确定适宜的播期,以保证幼苗安全越冬所必须的生长期为前提;缩小播带设计宽度,以减少漏播增加落种的均匀度;实行混交,以建造更为有效、更为稳定的飞播植被类型和成苗面积比例;在降水250—350毫米以下的干旱地区,进行地面处理和种子处理等。这些均是提高飞播效果的技术措施。

(6) 黄土高原适宜飞播沙打旺生态区的研究。1983—1984年,综合研究了陕西的吴旗,宁夏的固原、同心等县沙打旺飞播效果,并在对宁夏、内蒙、甘肃、陕西、山西等省(区)沿降水梯度300—450毫米地区飞播效果调查和总结我国北方省(区)飞播沙打旺有关资料的基础上,以降水为主导,结合气温、植被等生态因子分析,提出了黄土高原适宜沙打旺飞播的区划原则,并将其划分为适播、次适播和非适播三个区。同时,在区内又按人口和土地利用状况等因素区分为若干亚区。这为今后在黄土高原有计划、有步骤地推广沙打旺飞播,提供了可靠的依据。

(7) 榆林流动沙地飞机播种适合播期的研究。播期选择,主要取决于大气降水和起沙风的密切配合,以培植抗风蚀的壮苗。5月份多东南起沙风,有利于种子覆沙;而对覆沙种子发芽出苗有利的20毫米左右连续降水,主要集中在6月中旬以后。试验结果表明,只有在7月中旬以前降水后长出的植株,才具有较强的抗风蚀性。根据以上分析,提出飞播日期从5月上旬到6月上旬,尤以5月中下旬为宜。

3、黄土高原林草建设的主要途径的研究。五十年代以来,通过天然植被演替规律的研究、

提出了对残留植被采用封山育草和人工补播相结合,加速恢复植被的意见。近年来,在陕北杏子河、宁夏固原和云雾山自然保护区等地进行了种林种草、加快恢复植被的试验。通过这些试验,提出了加速黄土高原林草建设的主要途径:以人工造林种草为主,结合进行封山育草(并辅以补播植),在适宜地区采用飞机播种造林种草。在防止水土流失方面,林草建设的方针是草灌先行,实行乔灌混交,并提出了对黄土丘陵地区种草要以草地建设为主、人工种草为主和退耕地种草为主的“三为主”原则。

(三) 水土保持型优良乔灌草种生理生态特性及选育、引种和栽培技术的研究。本研究主要分沙打旺生理生态特性和优良品种选育、红豆草的引种试验、虎榛子的生物生态学特性、高羊茅草的生物生态学特性以及人工林草地的土壤水分和生态环境五个专题。

1、沙打旺生理生态特性和优良品种选育的研究。主要包括以下三个内容:

(1) 沙打旺生理生态特征。从1973年起在陕北、关中等地对沙打旺的生长发育规律、根系特征、开花习性及其经济价值进行了系统的观察研究。研究表明,沙打旺耐旱、抗寒、耐瘠薄,适应性强,生长发育快,产草量高,是防风固沙、保持水土、改良土壤和提供“三料”的优良豆科牧草。沙打旺开花数的多少,决定于花序生长发育的好坏。影响沙打旺结子的因素主要是7—8月的低温,一般如在7—8月平均气温达20℃以上的地区种植,均能收到种子。

(2) 飞播沙打旺草地的群落生态。1981—1983年,对吴旗、固原、同心等县飞播沙打旺草地蒸腾耗水量、根系发育、土壤水分动态及其与产量的关系进行了比较系统的定位观察和测定。观察和测定的结果表明,沙打旺第二年即可形成茂密的郁闭草地;3—4年生长最旺盛,这时大部分原生天然草类不能正常生长发育,甚至死亡;第五年起由于密度过大,耗水受影响,沙打旺开始自然稀疏,天然草类逐渐恢复,形成混交复层草本群落;7—8年沙打旺开始衰败,密度大幅度减少,这时天然草类已经恢复,成为良好的天然草场。沙打旺由于产量高,蒸腾耗水量相对较大,6年蒸腾耗水总量约1,660毫米。为补偿耗水之不足,沙打旺不断伸展根系,吸收深层土壤储水;根系所及之处(可达8米多),土壤含水量一般都降低约4—5%,使这些土层水分严重亏缺。随着沙打旺的衰败,通过降雨,其土壤水分逐步得到恢复。

(3) 沙打旺早熟品种的选育。为解决沙打旺因气温不足而引起的结籽困难问题,1980—1985年采用辐射方法,处理沙打旺种子和越冬芽,诱发早熟突变。经过五代(5年)的培育,选出了比原种沙打旺早熟60天以上的“科辐系沙打旺”品系6个,获得了早熟、抗逆、丰产等综合性状好的新品种。在陕北安塞县茶坊较寒冷地区播种,当年植株全部都能成熟,每公顷产种子600余公斤,鲜草7.95万余公斤。

2、红豆草的引种试验的研究。1980—1985年,应用植物引种驯化的理论和比较生态学的方法,在宁夏固原、彭阳和同心等县不同立地类型条件下,对红豆草的植物学特征、种子萌发特性、生根特性、生长发育习性、生态习性、栽培技术、经济性状和利用以及生态效益、经济效益等进行了比较系统的研究。试验研究表明,红豆草在宁南山区,无论荒山退耕地或者半干旱地和水地种植,均生长健壮,发育良好,其产量和饲用价值都很高,是适于干旱和半干旱地区人工种植的优良豆科牧草,是很有发展前途的飞机播种草种。

3、虎榛子的生物生态学特性的研究。虎榛子是黄土高原的优势灌木。通过对虎榛子的生物生态学特性研究表明,它是一种优良的保土灌木,根系发达,为一种密集交织的匍匐网状根系,并具有很强的根蘖繁殖能力,常形成单一茂盛的虎榛子纯灌丛。这种灌丛既能在全光照下生长,也具有耐荫能力,能在森林林冠下生长。另外,它还具有比较强的抗旱和耐瘠薄能力,能在坡度很

陡的干旱、瘠薄、多碎块石砾的生境上生长。

4、高羊茅草的生物生态学特性的研究。研究结果表明，高羊茅草是优良的禾本科草类，根系发达，固土力强，草根密度于0—40厘米的土层中交错成网，地上茎叶茂盛，播种当年就可覆盖地面，是保持水土的优良牧草；它抗寒、耐旱，抗逆性极强，且草质好，产草量多。在陕北播种，当年每公顷产鲜草2.03万公斤，关中播种当年每公顷产鲜草5.63万公斤。

5、人工林草地土壤水分生态环境的研究。1973—1977年，在延安茶坊进行了丘陵山地土壤水分和营养条件对苹果幼树生长影响的定位试验。1984年又在黄土丘陵区对人工林草地的土壤水分动态环境进行了系统的研究。研究结果表明，黄土丘陵区的土壤水分状况属蒸发成型水分状况，伴随有土层的干燥，在人工林草植被作用下，土层将会进一步向干燥化方向发展，从而形成“复合干层”或“重叠干层”。土壤水分的短期补偿，都难以使其土壤湿度恢复到田间持水量状态。草原地带应以建造适应性强的灌木为主，森林草原地带着重建造防护—薪炭互补的防护林体系，改撂荒地为人造草地。这是经济利用土壤水分资源，提高土地生产率的优化措施。

四、旱作农业增产体系和依据的研究

（一）作物抗旱性及生产力的研究。本项研究主要分黄土高原主要作物的抗旱性、植物水分状况与抗旱性的关系以及植物器官性状与抗旱性的关系三个专题。

1、黄土高原主要作物抗旱性的调查研究。六十年代开始，在陕晋甘宁等省（区）调查分析了小麦、玉米、高粱、糜子、谷子和豆类等各种作物的抗旱性和生产力，证明了高粱、糜子和谷子是本区抗旱性最强的作物。影响作物抗旱性的因素有两个方面：一是根系发育状况；二是地上器官维持正常生长所需要的水分含量，也就是抗旱作物一般要有强大的根系和比较低的维持其叶片细胞正常膨压的水分。通过调查，提出了本地区作物对干旱适应性的三个主要途径，即蒸腾调节、扩展根系和生理耐旱。

2、植物水分状况与抗旱性关系的研究。主要分以下三个内容：

（1）灌浆期干旱对小麦植株的影响。1957—1959年用盆栽试验的方法对小麦灌浆期特征及土壤水分对灌浆的影响程度进行了研究。试验结果表明，小麦灌浆期间植株耗水量最大，光合速率和物质运输能力很强。这一时期小麦植株含水量逐渐下降，自由水与束缚水的比值和蛋白质含量保持相对稳定，小麦植株的生理活性和抗旱性得到了一定程度的统一。另外，在灌浆中期以前，干旱有促进物质运输和籽粒灌浆的作用，随后干旱的抑制作用才能表现出来。灌浆期干旱对小麦植株的影响，主要不是降低当时的代谢水平，而是造成有机体的早衰，缩短了各种生理活动的持续时间。

（2）植物水分状况对植物生理特性和产量的影响。六十年代对春小麦生育期间植株水分变化的研究表明，在充分供水和营养条件下，所有与光合作用有关的性状都得到明显改善，特别是同化面积和净光合生产率增长显著，对产量提高起了决定性的作用。1980—1982年，通过在不同水分张力和适温条件下，对旱地冬小麦不同类型品种和萌发特性的研究表明，在0—18个大气压水分张力范围内，随着水分胁迫的增强，种子的吸水率和发芽率速度降低，根的生长速度减慢，呼吸强度减弱，品种间的差异趋于显著。和育成品种相比，农家品种具有呼吸率高、种子萌动发芽快的特点，并且在高的水分张力下（18个大气压），仍能坚持较高的发芽率和根生长量。另外，通过在适宜水分和干旱条件下对糜谷的蒸腾系数、束缚水含量、相对含水量等水分关系的研究，阐明了适宜水分条件下，谷子比糜子水分利用率高，在干旱条件下糜子比谷子水分利用率高。

(3) 春播谷类作物成苗期间的抗旱性及需水条件。1982—1983年,在不同渗透量的甘露醇溶液和不同土壤含水量的土培条件下,研究了黄土高原半干旱地区四种主要春播谷类作物(糜子、谷子、高粱和玉米)在种子吸胀、萌发,胚芽伸长、出土以及种苗初期各不同成苗阶段的抗旱性和需水条件。通过对若干生理指标的测定表明,幼芽伸长阶段对水分最为敏感。四种作物中,出土前玉米成苗有较强的抗旱性;出土后高粱和谷子幼苗的耐萎蔫能力优于玉米和糜子。

3、植物器官性状与抗旱性关系的研究。主要有以下两个内容:

(1) 冬小麦根系性状与抗旱性的关系。七十年代,对黄土地区小麦根型、根系分布的深浅和吸收深层土壤水分的能力进行了观察研究。研究表明,在黄土地区,冬小麦根深可达3米以下,种子根和次生根的生长习性不同,对冬小麦的生长发育和抗旱性具有不同的影响。在土壤浅层水分不足时,种子根具有重要的作用。在干旱条件下,根系分布的深浅和吸收深层土壤水分能力的大小,对冬小麦抗旱性的影响较根冠比这一性状更重要。

(2) 小麦芒的性状及其对生理变化和抗旱性的影响。七十年代,为了培育高光合效率和抗逆性强的新品种,将麦穗对称一侧芒剪去,另一侧不剪作对照,测定了芒在生长过程中对小麦籽粒产量、净光合效率、呼吸作用和蒸腾等功能的影响。实验表明,芒能影响水分和养分向穗部运转,从而影响到其它一些生理代谢和小麦对环境的适应能力。

(二) 作物遗传性及品种选育的研究。本研究主要分作物遗传性和优良作物品种的选育两个专题。

1、作物遗传性的研究。主要有两方面:

(1) 小麦与偃麦草杂交的试验。1956—1960年,进行了小麦与偃麦草杂交试验。试验结果表明,用天兰、长穗、毛偃麦草与小麦杂交,其杂种后代的表现,以长穗偃麦为最好;杂交结实率,以二次重复受粉为最好,提高30%;对母本小麦施用高量氮肥,杂交结实率提高4倍。该研究还找到了,通过适当亲本的选择与遗传杂种性状的控制措施,特别是对小麦—偃麦杂种夭亡与不孕的几种现象及其产生原因进行了分析,并提出克服的有效办法。这些在小麦远缘杂交育种工作上具有重要的价值。

(2) 高粱叶绿素遗传效应的分析。近年来,通过两组完全双列杂交,分析了叶绿素含量的数量遗传学特性。分析结果表明,它们的一般配合力、特殊配合力和正反交效应方差,都达到显著或极显著水平。雄性不育系的含量高于相应保持系的含量。

2、优良作物品种选育的研究。这项研究主要有两个方面:

(1) 抗旱品种的选育。小麦品种榆田2号,是1967年从榆林城南部中苏68号小麦的大田中优选单株而成。这个品种的主要特点:一是抗逆性强,强冬性和耐寒性显著优于当地推广品种;二是抗旱性强,试验证明在山地、旱塬地、沙板地及每公顷产3,750公斤以下的川水地皆可增产;三是高产稳产,经过多年试验、示范和大田生产,均表现较好,平均在梯田增产20.0%,坡地增产41.1%;四是抗寸钵病。玉米品种西单3号,1972年用自交系“吉63”作母本与“武102”自交系作父本杂交培育的单交种。这个品种生育期中熟,夏播区95—105天,春播区126天;根系发达,耐旱、耐涝、耐瘠薄;抗倒,抗大斑、丝黑穗和青枯等病。在陕西省关中夏播区试验,平均每公顷产5,640公斤。谷子品种辐谷2号,是1977年用辐射诱变选育而成。它的特点是抗病、丰产、耐旱、早熟,比一般谷子增产20%左右。高粱蔗7418号是从广东省海南甘蔗良种场引进的高粱蔗中稳定的单穗选育而成,中晚熟品种,抗逆性较强,并有抗旱、抗病和抗旱衰等特点,每公顷产籽粒3,000—4,500公斤,茎秆3—4.5万公斤。

(2) 高产品种的选育。小麦品种西育7号, 是1970年以“184”为母本与以“W67”为父本杂交选育而成, 能抗条叶锈病、黄叶病、白粉病和赤霉病, 分蘖中等, 株型紧凑, 每公顷产量可达5,250公斤以上。回茬小麦品种“184号”, 是1963年用“R—16”作母本与“弗尔那尼”作父本杂交选育而成, 特点是穗大、粒大, 增产潜力大, 产量稳定, 宜晚播, 适回茬。在水肥较好和栽培技术得当的情况下, 每公顷产量达5,250公斤以上; 小麦品种“2037号”, 是1963年“用阿尔巴尼亚丰收麦”作母本与“选62—211”作父本杂交选育而成, 主要特点是茎秆粗壮, 抗倒伏, 抗条锈病、秆锈病、丝黑穗和黄矮病。它喜水肥, 在水肥较好时, 一般每公顷产量达4,500公斤左右。高粱品种“科梁一号”, 是1971年从山西农家品种离石黄的矮秆大穗变异株中选育而成, 是生育期130—140天的晚熟种。它的突出特点是矮秆、大穗、抗倒, 每公顷水地可产8,250公斤左右, 旱地可产2,250—4,875公斤。

(三) 旱地农田水分动态及提高水分利用率途径的研究。本研究主要分旱地农田水分动态与作物生长的关系和提高旱地水分利用率的途径两个专题。

1、旱地农田水分动态与作物生长关系的研究。主要有两个方面:

(1) 塿土农田水分性质与旱地作物生长的关系。1957—1961年在陕西武功头道塿进行了塿土水分性质及早作小麦需水特性的试验研究。试验研究表明, 塿土水分有明显的季节性动态, 按水分积累和消耗的平衡关系, 一年内可分为冬春水分扩散蒸发阶段(11月下旬至下年3月上旬)、春夏土壤上层干湿交替阶段(4—6月)、雨季水分恢复阶段(7—9月)和晚秋初冬水分毛管上升蒸发阶段(10—11月中旬)。由于田间稳定湿度的存在, 土壤有效储水量才能大量长期保持, 为作物取得稳定产量创造了条件; 由于土壤水分蒸发引起的上升移动是有极限的, 所以土壤储水具有一定的稳定性, 10—60厘米土层物理蒸发消耗量约占田间持水量的25%, 60厘米以下占10%; 土壤水分季节性动态阶段和小麦需水动态有较好吻合性, 底墒和关键时期表土湿润是小麦丰产必不可少的条件; 旱地小麦丰产的水分条件及获得此条件的关键措施是夏季休闲; 各类作物(麦棉)和牧草对土壤水分的利用深度为150—200厘米, 牧草(苜蓿)使土壤干燥的强度和深度超过一年生农作物。

(2) 深层储水对旱地作物产量的影响作用。1960—1963年在武功进行土壤深层储水对作物稳产高产作用的试验研究, 进而在1964—1966年又采用大型土柱法对小麦、棉花两种作物播前土壤深层储水和生育期降水量对产量的作用程度及其相互关系进行了定量研究。研究表明, 土壤深层储水有两个基本特性: 一是稳定性(深层2米土壤湿度相当于田间持水量的90—95%); 二是有效性(麦棉对1—2米深层的有效储水可以全部利用, 利用系数1.0; 2—3米深层小麦利用系数可达0.64)。关于作物水分适宜条件的判断, 在黄土地区不能忽略深层土壤储水的作用。土壤深层储水对小麦产量的影响效应是: 生育期无任何水分补给条件下, 小麦产量完全决定于播前墒量水平, 生育期常态降水量不能克服底墒不足造成的减产影响; 底墒不足, 再遇上春旱, 将大幅减产。土壤深层储水对棉花产量的影响效应是, 播前把水分储存在220厘米深土层中, 生育期无任何水分补给, 仍可收到中等以上的产量; 若无深层储水, 产量将大幅度下降(减产60%)。

2、提高旱地水分利用率途径的研究。主要有以下五个内容:

(1) 深耕对土壤持水性能的影响作用。六十年代初, 在武功塿土地研究了深耕对土壤持水能力的影响作用。实验结果表明, 深耕对土壤持水性能的影响仅表现为提高它的相对量(即重量水%), 而未提高它的绝对量(单位土体中的毫米量)。在容重1.0—1.5范围内, 容积毛管持水

量接近一个常数。田间测定表明，深耕的作用在于提高土壤固有持水能力中的有效比例，同时有利于水分入渗，抑止水分上移蒸发过程，从而改变了作物水分供应状况。

(2) 水平沟种植对冬小麦土壤水分利用的作用。1984年，在安塞茶坊进行了水平沟种植冬小麦的土壤水分利用的研究。研究表明，水平沟种植冬小麦，是通过土壤本身对有限降雨进行调蓄用，促进作物增产。据测定，水平沟种冬小麦田块，比平种田块全生育期多利用土壤水分125毫米，相当平种冬小麦总耗水量的1/3。

(3) 降水资源合理利用的研究。1983—1984年，根据模糊集合理论，从“适量”、“适时”和“有效程度”三个指标出发，就绥德和米脂地区的降水资源对农作物生长发育的影响提出了一种数学模型，求出了主要农作物利用降水资源的效能指数。研究表明，根据作物利用降水资源指数的大小，适宜本区山地上种植的作物其先后顺序是苜蓿、大豆、高粱、谷子、马铃薯、玉米、糜子和小麦。这几种作物的利用降水资源指数分别是70%、60%、57%、56%、45%、59%、44%和30%。本地区提高利用降水资源指数的途径是实行轮作制和间套制，并在坡面上做好水土保持工程。

(4) 提高旱地水分利用率的综合途径。1974—1982年先后在澄城、蒲城和洛川等地进行了旱地水分利用率途径的综合研究。研究表明，从农田水资源和作物用水效率分析，当前水分尚不是限制产量的主要因素。通过对年内干燥度的分析和不同作物的供水平衡分析，渭北高塬区自然水资源可满足春玉米耗水需要的年份占70%。变更各种种植组合，增加复种指数或间套制，其效应是有限的。本区提高产量和水分利用效率的主要途径是提高土壤肥力。

(5) 提高降水利用率的灌溉技术。1975—1978年在黄土高原中部洛川塬进行了低定额灌溉的试验研究。该研究是以三水（降水、土壤水、灌溉水）并用，并注意到水分、肥料和作物三者的关系。通过加强对降水和土壤水的利用来减少灌溉量，达到节水、增产、增收的目的。田间试验结果表明，可以把当地小麦灌溉定额每公顷2,100立方米减到1,050立方米，灌溉时间集中在拔节—抽穗阶段，相对产量可提高到96%，灌溉水生产率可提高38—41%；春玉米从2,250立方米/公顷改为不灌溉，当地农田水分条件有70%的年份自然水资源可满足玉米高产之需要，其余30%年份可施低定额灌溉，每公顷600—1,050立方米；灌溉定额降低的辐度要根据降水分布、土壤供水动态和作物需水动态的差额来确定，并确定高效灌溉时间和灌溉作物对象，从而发挥有限灌溉水资源的最大效益。

(四) 旱地农田养分循环与调节的研究。本研究主要分常量养分的增产效应与施肥技术以及微量养分增产效应和微肥的应用两个专题。

1、常量养分的增产效应与施肥技术的研究。主要有以下七个方面：

(1) 黄土地区主要土壤磷肥肥效及其提高途径。从五十年代开始，通过大量田间试验表明，在关中和陕北耕作层土壤中施用磷肥，有明显的增产效果，从而结束了五十年代曾围绕黄土地区石灰性土壤磷的含量丰富，施用磷肥可否增产的争论。进而又持续地进行了黄土地区主要土壤施用磷肥肥效试验和施肥技术的研究。研究主要结果：一是五十年代在关中施用磷肥试验，冬麦增产36—103%，七十年代在陕北施用磷肥试验，每公斤磷肥增产小麦2.2—4.3公斤、玉米8.7—11.9公斤、谷子3.1—8.3公斤；二是在关中旱地土壤上进行小麦磷肥不同用量的田间试验结果表明，每公顷施用磷肥（按 P_2O_5 计）7.5—120公斤均有增产作用，从增产效果与经济效益出发，每公顷施 P_2O_5 以30—90公斤为宜；三是磷肥有效施用的方法是适当深施，利用底墒，以充分发挥磷肥的增产作用。磷肥与有机肥配合施用，较单施磷肥增产幅度提高一倍以上，氮磷配

合使用，以氮促磷。另外，磷肥集中作种肥或种肥与底肥结合施用较好。

(2) 黄土地区主要土壤氮肥肥效及其提高的途径。自五十年代起，我们就对氮肥肥效进行了试验，并明确提出了施用矿质氮肥的途径。当时的试验证明，陕北施用矿质氮肥，小麦较对照增产2—4倍，每公斤氮增产小麦籽粒12—19公斤。七十年代为了提高碳酸氢铵的利用率，减少挥发损失，先后在陕北、关中和陇南等地开展碳酸氢铵粒肥的研制肥效的试验。试验结果证明，碳铵粒肥比普通碳铵增产幅度大。施粒肥较普通肥，小麦增产6.2—28.5%，玉米增产32—40%。为了提高氮肥的利用率，八十年代试验用氮肥增效剂控制土壤硝化微生物的活动，减少氮素损失；并且利用肥料反应试验和经济模式确定最佳施肥量。在渭北旱塬中等肥力状况下，氮的适宜施用范围每公顷为112.5—150公斤。

(3) 农家肥肥效及其施肥技术。在关中武功和陕北绥德的试验表明，旱地小麦每公顷施用优质粪肥15—60吨，可增产小麦42.1—284.5公斤，每吨粪肥增产小麦64.1公斤。粪肥与少量氮肥配合施用的增产量，可较二者单施之和还高19.1%。土粪与粪肥肥效受天气条件（降雨）影响较大。对于农民传统的积肥方法指出了弊病，提出了新的办法。例如，五十年代将青甘地区烧野灰的做法改为熏土，七十年代建议废除关中渗土积肥和黄土搬家的做法，改为草粪堆沤。

(4) 生土熟化中的肥力变化。近年来，对晋陕甘宁黄土地区生土特性及生土熟化中各种肥力因素的动态变化，包括有机质的积累，氮磷营养元素的贮备和供应，团聚体的组成及分散度等做了详细的研究。研究表明，黄土养分有效性差，尤其腐殖质及氮素极度贫乏，是限制作物生产的主要因素。在连续补充有机质的情况下，生土的肥力性质在数年内就可发生一系列有利于农业生产的重大变化。

(5) 蚯蚓在土壤肥力中的作用。六十年代曾系统研究了蚯蚓对土壤肥力的作用。这种作用表现在既加速土壤结构形成又能促进相融；既加速物质转化又提高植物营养。在其生命活动过程中，既能中和土壤反应又能显著提高微生物活性，迅速提高土壤肥力。近年来，又专门研究了蚯蚓对养分富集的作用。研究表明，蚯蚓对土壤腐殖质及氮素的富集作用十分显著，农地增加30—81%，草地增加1.5—2倍。估计林地每年由蚯蚓富集的腐殖质可达130—260公斤，氮素增加5—8.5公斤，速效钾可增加48%。

(6) 旱地合理施肥技术。1982—1984年，针对黄土丘陵地区旱地施肥技术问题，在固原县进行了化肥深施、肥料组合和肥料配比等方面的试验研究。研究表明，深施化肥有明显的增产效果。在同一施肥水平条件下，深施比表施，春小麦、糜子和谷子分别增产17.4—23.4%，36.1—49%和58.3%。同时深施比表施对作物的生长发育、养分的吸收、干物质的积累以及籽粒的形成和品质都有明显的影响。施肥深度与生育期降水有着密切的关系：降水多则宜浅，降水少则宜深，一般以15—20厘米为宜；氮磷钾配合施用增产效率高， $NPK > NP > NK > PK$ ，含氮的各处理均高于不含氮的各处理。肥料配比试验表明，施肥比例与生产水平、作物需肥特性以及土壤速效养分的关系密切，施肥比例应因地制宜。

(7) 肥水增产效果及合理利用。1973—1980年，通过调查、田间试验和水质分析等，研究了地下肥水的成因、分布、水质特点及其肥效。研究表明，地下肥水含有相当数量的硝态氮，每吨肥水含氮量为几十克至一百多克，高者超过千克；按每吨肥水中含硝态氮50克计算，每浇一次水（40吨），则相当于给地里施入硝酸铵6公斤；肥水灌溉的作物较淡水灌溉增产12—158%，棉花增产33—103%。

2、微量养分增产效应和微肥应用的研究。主要有以下四个内容：

(1) 微肥的增产效果。自五十年代起,就对硼锰的增产效果进行了试验。当时在小麦大田试验结果表明,硼的增产幅度为13.4—22.1%,锰的增产幅度为6.7—23.8%,全年的增产幅度为8.0—18.2%。七十年代开始,先后对各种微量养分的增产效果进行了系统研究。研究结果表明,施用硼肥,油菜增产14.1—28.4%,小麦增产13.2—22.2%;施用锰肥,玉米增产21.9%,谷子增产13.6%,小麦增产12.3%;施用锌肥,玉米增产18—23.4%,谷子增产9%;施用铜肥,谷子增产17%,玉米增产8.8%;施用钼肥,油菜增产25.8%。1984年与山西省有关部门协作,在山西省推广锌硼锰钼肥8.5万公顷,平均增产8—12%。

(2) 微肥对农产品中营养成分浓度的影响。1984年的研究结果表明,施用锰锌,可增加小麦种子中的蛋白质和赖氨酸含量;施用硼,可降低油菜籽中饱和脂肪酸和芥酸。但是,不适当的大剂量施用则适得其反,特别是大剂量使用会使农作物苗期致中毒枯死。

(3) 微肥对提高氮磷肥利用率的作用。自七十年代起,通过盆栽试验和植株分析等方法,测定了施用微肥对作物吸收其它养分的影响。分析结果表明,磷锌配合使用,有相互促进的作用;施锌提高了磷肥的利用率,促进了作物对磷吸收;氮锌配合使用有明显的效应,可以促进作物对肥料中氮的吸收,从而提高氮肥的利用率,还可促进植株体内营养器官氮化物向籽粒转运。

(4) 微肥有效使用的条件。五十年代对硼锰的施肥技术进行了研究,大田试验每公顷施用硼酸15公斤,硫酸锰22.5公斤,盆栽试验分为溶液浸种、根外喷施及施入土壤三部分,均取得较好效果。另外,还进行了在增施氮磷钾肥料的基础上再施硼锰试验。近年来又进行了锌肥施用条件的研究。首先,通过试验得出土壤有效锌的临界值为0.5ppm,0.5—1ppm为边缘值;其次锌肥要优先施于低锌土壤,需要与氮磷钾配合使用;再次为了增加土壤有效锌含量,还可采用施有机肥、翻压绿肥、污水灌溉以及施用锰肥等措施,但最主要的是要掌握施用量。微肥大面积使用的具体方法和用量是,施入土壤,每公顷施用硫酸锌或硫酸铜各7.5—22.5公斤,硫酸锰15—30公斤,硼砂或钼铵酸各7.5—15公斤;拌种则每公斤种子用硫酸锌、硫酸锰或硫酸铜各1—5公斤,浸泡和喷施用硫酸锌或硼砂溶液各0.1—0.2%,硫酸锰溶液0.1—0.5%,硫酸铜及钼酸铵溶液各0.05—0.10%。

(五) 旱地农田耕作制度的研究。本研究主要分旱地农田轮作制、旱地农田耕作法和旱地农业作物的布局三个专题。

1、旱地农田轮作制的研究。主要分以下三个方面:

(1) 关中旱塬的轮作制。1962—1964年,通过定位试验和调查,系统地研究了关中旱塬轮作中土壤肥力的消长状况和有关问题。研究结果表明,小麦连作后显著降低了土壤氮素含量,连种两年小麦携走氮素约150公斤/公顷。采用以苜蓿—豌豆—小麦为主的轮作制度,能显著增加地力。苜蓿后种小麦比连作小麦增产16—22%,豌豆后种小麦增产率6—30%;采用苜蓿—棉花轮作制,棉花增长率30—40%。另外,夏季休闲是关中旱塬轮作制的重要环节,它可以显著改进土壤氮素供应状况。

(2) 陕北旱坡地的轮作制。六十年代,曾对陕北旱坡地草木樨和粮食的轮作进行了研究,肯定了草木樨的改土增产作用。七十年代后期,又对陕北杏子河流域等地的各种轮作形式(包括轮荒制、轮作制、间作套种制和混作制)进行了系统的分析和总结,特别对主谷式的轮作制进行了研究。

(3) 宁夏固原旱区农田的轮作方式。1983年以来,通过对固原旱区种植制度改革方案的研究,提出了实行粮草结合的种植制度,包括各类作物的种植比例、配置和轮作方式。各种土地利

用方式的主要轮作制度是：水地为小麦（3—5年）—胡麻（豆类）—秋粮；旱平地为小麦（2年）—秋粮（油料）—豆类；旱坡地以粮为主的是秋粮（带草）—草—小麦—秋粮—油料（粮）；以草为主的是草（6—8年）—禾草—秋粮—秋粮（油料）。

2、旱地农田耕作法的研究。主要有三个方面：

（1）“圳田”、“区田”的耕作法。六十年代初，在陕北北部提出并推行了“圳田”、“区田”丰产的耕作法，为晋陕大面积采用。随后的“坑田”、“丰产沟”耕作法皆由此而来，列入了水土保持地区的农业措施。

（2）深耕的增产效果。六十年代，在陕西进行了深耕对小麦根系和产量影响的调查和定位观测。观测结果表明，翻耕深度13—16.5厘米增至23.1—26.4厘米，产量增加23.4%；深度33.3—40.0厘米，产量增加48.8%。塬地增产效果比川地大。另外，深耕可增加土壤蓄水保墒能力，提高土壤速效养分含量。小麦的适宜深耕在旱作地区以30—40厘米为宜。

（3）“两法”种植的增产效果。七十年代以来，在陕北杏子河流域等地对川台坝地和梯田上推行的垄沟种植法和山坡上推行的水平沟种植法（简称“两法”种植）增产效果进行了调查研究，并在分析两法种植增产因素的基础上提出了注意的问题。研究表明，两法种植增产效果显著。根据调查，川地垄沟谷子增产87.6%，梯田垄沟谷子增产42.9%；山坡地水平沟谷子增产33.9%，小麦增产114.2%，糜子增产95.1%。两法种田的增产原因，主要是提高了稳墒层的肥力，给作物根系发育创造了良好条件，使得能够较多地把土壤深层的储水加以利用，增强作物的抗旱能力。

3、旱地农业作物布局的研究。1982—1984年，通过杏子河农业自然资源考察，提出了这一地区的作物布局方案。随后根据绥德和米脂地区的作物对降水资源的利用情况，提出了绥米地区的作物布局方案。1980—1983年通过对固原地区农业种植现状的调查和关于农田种植制度改革的试验，提出了农田布局方案。这个方案包括粮油草种植比例和土地配置方式等。方案提出，到1990年，粮油草的比例由1983年的78.8%，10.4%，10.7%调整到65.4%，9.9%，24.7%；夏秋粮的比例由1983年的56.9%，43.1%调整到60%，40%；豆类面积由1983年的8.2%调整到15%。农田配置方案是，水地主要种植以小麦为主的粮食作物，并种植部分油料和其它经济作物；旱平地主要种植粮食、豆类及一些其它作物；旱坡地主要种植牧草，其次为粮食和油料。按照这个方案调整后，到1990年粮食单产比1983年增产151.5%，油料增产76.5%，人工林草地增加269%，其社会效益、经济效益和生态效益都将有明显的变化。

（六）旱作农业增产体系的研究。这项研究，主要包括抗旱增产措施、旱作农业增产潜力及其途径和旱作农业的发展战略目标。

1、抗旱增产措施的研究。六十年代，系统地总结了黄河中游水土保持重点地区若干典型社队的群众抗旱经验，提出了抗旱保收的五条措施：水平梯田、深耕刨窝点种、增施肥料、扩种抗旱高产作物和合理密植。七十年代，对延安地区北部的山地抗旱问题进行了调查和分析，提出了建立基本农田；伏种、秋耕蓄墒；深耕改土，增施肥料，合理密植，充分用水；推广壕田，提高产量；抗旱播种，争取全苗等六条抗旱增产措施。八十年代，对渭北旱地小麦抗旱增产的四个主要问题（水肥、营养平衡、水分循环、作物结构）进行了研究。

2、旱作农业增产潜力及其途径的研究。八十年代初，从气候—土壤生态系统的整体性出发，应用系统工程的分析方法，以宁夏固原县为重点实例，对西北半干旱黄土地区的旱作生态因子和生产潜力作了系统的分析，建立了包含光热水肥四大环境因子的作物潜力模式，经在宁夏固原和

陕西澄城等地的应用验证,基本符合实际。由此提出了旱作增产“关键在水,出路在肥”的见解。

3、旱作农业的发展战略目标的研究。五十年代,通过对黄河中游农业状况的大规模考察,在总结各地丰产经验的基础上提出了发展黄河中游地区农业的若干意见。七十年代以来,又根据在陕北、宁南等地的农业自然资源考察和区域试验示范的结果,提出了黄土高原干旱半干旱地区的农业发展战略目标是:实现粮食自给,建成牧业基地,有效保持水土,开展多种经营。要实现这个战略目标,必须狠抓以下主要措施:一是草灌先行,尽快恢复植被,为建成牧业基地创造条件;二是以基本农田解决粮食自给;三是以灌为主,灌乔结合大造水土保持防护林,从根本上改变环境;四是推行工农商结合体,增加经济效益。

五、水土流失综合治理的研究

(一) **水土保持措施的研究。**这项研究包括工程措施、生物措施和耕作措施三个方面。

1、工程措施的研究。主要有以下三个内容:

(1) 坡面工程。1955—1957年,对黄土高原阶式梯田和坡式梯田的设计、修筑及梯田的水土保持效益进行了系统的调查和研究,得出了梯田高度和宽度的计算公式。研究结果指出,阶式梯田的田面宽度取决于地坎高度,而地坎高度又取决于土壤质地。考虑到土壤含沙量的分布变化,将梯田地坎高度定为,晋陕最北区3米,晋陕北部区4米,陕北区5米,陇东南区为6米。1962年又根据黄土的物理性质及梯田的优化修筑技术,导出黄土高原梯田最优宽度与地面坡度和土壤粗粒含量的关系式。六十年代,在甘肃董志塬对软埝的设计、修筑和水土保持效益进行了试验。试验结果表明,软埝有良好的保持水土的作用,并且建议规划软埝时,应以一个小流域为单位;修筑软埝的同时,必须进行等高耕作。

(2) 沟道工程。六十年代,在进行小流域规划时,曾对沟道工程的布设原则和系统进行了研究。七十年代后期,参加了水坠坝的设计试验工作,并且在总结黄土丘陵沟壑区用水坠法快速修筑淤地坝的工程技术的基础上,通过改进设计和施工方法,可使坝体工程量减少20%,施工期限缩短2—3个月。1982年,又在陕北安塞县修筑了陡槽式排流跌水和悬臂式喷咀跌水两种泄水式沟头防护工程,观测了这两种工程的水土保持效益。

(3) 水土保持工程机具。1957年研制成功了用于修筑坡式梯田的三角刮土器,可提高工效六七倍。1973年研制成功了LYF 4—35液压悬挂垂直翻耕犁,可作为坡耕地与平川耕地的耕作机具。在坡耕地上耕作,可向坡下翻土,致使坡地的坡度逐年减缓,减少了坡耕地上的水土流失。它亦可作为机械化平整土地的机具,在人工或其它机具的配合下,可以一次将坡地修平。1975—1977年和陕西省水土保持局合作研制了冲土水枪,经过在陕北和关中各地试验,水枪冲土充分显示出动力省、工效高、投资少和劳动强度低等优点。它除用于打坝、平整川台地以外,还可用于大型水利工程上开挖溢洪道的土方。

2、生物措施的研究。30多年来,对生物措施的研究主要有以下几个方面:五十年代根据调查和试验观测结果,充分论述了生物措施的重要作用,提出以生物措施为主、生物措施与工程措施相结合的治理水土流失的观点;六十年代以来,对草木樨、苜蓿、沙打旺、红豆草和沙棘等优良水土保持乔灌草种的选育、引种和栽培技术进行了研究,并进行了不同植被类型的水土保持效益的试验研究;七十年代起,进行了草场改良、封山育林育草、建立自然保护区、飞机播种造林种草等植被恢复技术的研究。编著了《水土保持林草措施》一书(参考植被恢复的理论与技术部

分)。

3、耕作措施的研究。五十年代末和六十年代初,在陕北提出并推行了“圳田”、“区田”水土保持耕作法,为陕晋两省大面积采用。这一方法至今仍在生产上所应用。近年来,又对黄土高原各地采用的等高耕作、等高沟垄耕作、等高防冲沟和等高带状间作等水土保持耕作措施的效果进行了综合分析,研究这些耕作方法在改变微地形、增加地面糙度和覆盖度以及改善土壤物理性状等方面的功能和水土保持效益。

(二) 水土流失综合治理途径的研究。本研究主要分水土保持综合考察,水土保持区域试验以及水土保持途径和战略决策三个专题。

1、水土保持综合考察。1955—1958年,本所大部分科研人员,参加了中国科学院水土保持综合考察队,先后对陕晋甘蒙青等省(区)群众治理水土流失的经验进行了总结,对这些地区与水土流失有关的自然资源进行了调查,编写了《黄河中游黄土高原梯田的调查研究》、《黄河中游农业》、《黄河中游畜牧业》和《山西西部水土保持调查报告》等专著。这对当时群众性的水土保持工作起了一定的推动作用。在此期间,还在上述地区对11个小流域进行了水土保持综合治理规划,有些(如山西河曲曲峪、陕西高西沟和甘肃西峰南小河沟等)已成为全国水土保持的典型。1980—1981年对宁南山区固原县的水土保持及农业自然资源进行了考察;1982—1983年,主持了陕北杏子河流域水土流失状况及其影响因素的综合考察,以及安塞茶坊和县南沟水土保持试验区的综合考察。通过考察,摸清了这些地区的气候、地貌、植被和土壤等自然资源的现状及农林牧各业发展状况,分析了影响这些地区水土流失的主要因素和限制农业生产发展的主要问题,提出了各地区治理的发展方向 and 途径,并进行了典型流域的规划。此外,还参加了长江流域及其支流嘉陵江流域的土壤侵蚀状况考察。

2、水土保持区域试验的研究。自1957年以来,本所先后在陕北的延安、富县、安塞、吴旗、宜川,渭北的洛川、长武,宁南的固原、彭阳、同心,山西的曲峪和内蒙的准格尔旗等地建立了十多个水土保持综合实验或单项试验基点。这些基点大多采取科研、生产和推广相结合的方法,取得了比较显著的社会效益和经济效益,为黄土高原的水土保持工作提供了经验和示范作用。

3、水土保持途径和战略决策的研究。通过调查研究和区域试验,对黄土高原水土流失综合治理提出了一整套决策性的意见,受到国家各有关部门的重视和支持,为国家整治黄土高原的战略决策提供了依据和条件。1980年协助国家科委、农委和中国科学院为在西安召开的“黄土高原水土流失综合治理科学讨论会”,起草了黄土高原综合治理方案,提出了大力种草造林,建立新的人工植被体系,尽快建成畜牧业基地和林业基地的黄土高原治理方针,并分别不同情况,阐述了25个小区的分区治理方案。1981—1982年,主持了黄土高原发展战略问题的研究,提出了实现“自给性农业、防护性林业、商品性牧业”的黄土高原发展战略。

1984年,从总结水土流失的发生原因及演变过程入手,找出了黄土高原水土流失的根本原因在于超渗径流,提出了采取降水就地入渗拦蓄作为土地合理利用和水土保持的共同战略要求。1985年在总结晋西北和陕北水土保持经验的基础上,提出大力发展小流域综合治理和系统开发,是搞好水土保持的成功经验;调整农林牧结构,合理利用土地,是整治水土流失的根本途径;开展多种经营,发展商品生产,是发展和巩固水土保持成果的重要保证。

六、其它方面的研究

(一) 核技术应用的研究。核技术在农业上和其它方面的应用及其试验技术的研究。

1、核技术在农业上应用的研究。主要包括以下三个方面：

(1) 冬小麦的辐射效应。1971—1975年根据辐射诱变育种法，试用 ^{60}Co — γ 射线诱变改变小麦梯形恢复系T808。试验结果表明，诱变可以改变小麦恢复系的农艺性状，而不影响其雄性不育恢复性。通过试验，选出早熟和大粒的恢复系新类型。1979—1980年进行了冬小麦各代辐射效应的试验研究。研究表明，各代的辐射效应是， M_1 萌动种子的高剂量远小于干种子，萌动种子品种间敏感性的差异和株间的差异大于干种子，剂量愈大则株高愈低，变异愈显著； M_2 萌动种子高于干种子，干种子与萌动种子 M_2 穗形变化较多， M_3 辐照干种子可出现抽穗早、多花和生长建壮的植株，也可以出现短穗而迟熟的植株。辐射萌动种子无论株高、株型、叶型和叶色仍有不同程度的变异。近年来，又进行了照射干种子，连续照射干种子，照射萌动种子，花期和灌浆期照射麦穗，不同生育期照射小麦植株等五种处理方法的辐射效应。1974—1978年开展了陕西省主要农作物辐射引变适宜剂量和选育方法的研究。通过田间试验、温室培养和室内细胞学研究相结合的方法，发现50个小麦品种在 γ 射线作用下，其辐射敏感性可分为三种类型，与它们的半数剂量是不同的。提出适宜剂量是生物经济学范畴的新概念，是根据选育目标而定的，从而把辐射育种置于定向地位，减少了盲目性。适宜剂量小麦为3.5万伦，水稻为2.5万伦，谷子为4万伦，玉米为2.5—3万伦。小麦种子经照射后长成的植株常呈嵌合体，在一株内主茎花序、分蘖花序及主茎花序不同部位的突变率均不同，主穗上部的种子突变率远大于中下部位，主穗的突变率大于侧穗。另外，通过对小麦辐射突变株主要性状遗传特征的研究，发现单株粒重与株高、穗长与结实穗有显著的遗传相关。应用间接选择，可能选出丰产单株。1980—1982年，研究了辐射剂量对小麦种子的贮存效应，包括剂量对畸变率的影响、贮存时间对畸变率的影响及品种对畸变率的影响。研究表明，不同剂量辐照的根尖细胞的染色体畸变率均比对照有明显的提高。随着剂量的增加，畸变率有提高的趋势。1980年以来，研究了激光、微波、激光和中子结合使用等，对小麦遗传学和性状变异的影响。研究表明，激光和微波处理干种子后，在适宜的剂量范围内，对农作物没有损伤，并能引起染色体畸变，均能使 M_2 性状发生变异；氮分子激光与中子结合使用，比单独中子处理的染色体畸变率高8%，而氮氮激光这种效应则不明显。氮分子激光和氮激光均能促进有效分裂，而中子有抑制指数分裂的作用；氮氮激光复合处理，其细胞分裂指数略有增加。

(2) 谷类作物的辐射效应。1976—1979年，进行电离辐射对春谷的引变效应规律的研究。研究表明， M_1 代谷子的出苗率、胚芽高度和胚根长度，随着剂量的增高而降低，染色体畸变随着剂量的增高而增高。从红谷和晋谷2号的辐射突变后代中，选出3个优良品系，比对照增产10—40%。

(3) 牧草的辐射效应。1976—1982年，用 ^{60}Co — γ 射线处理飞播树种，经室内、试验场圃及荒山上进行人工撒播试验证明，油松剂量1—3千伦琴对出苗有刺激作用，5千伦琴以上有抑制作用；侧柏剂量1—7千伦琴对出苗有刺激作用。1980—1984年，用 ^{60}Co — γ 射线处理沙打旺种子和越冬芽，诱发早熟突变。试验结果表明，用 ^{60}Co — γ 射线处理沙打旺种子，可诱发植株在形态上产生突变，在主茎及一二级分枝基部向上3或4叶的叶腋间开始长出花序。这样保证了早熟性，使开花期大大提高。

2、核技术的其它应用。主要有以下四个内容：

(1) 白鲢鱼种对鱼腥藻摄食量和利用率。为了弄清白鲢鱼种究竟能否吸收利用螺旋鱼腥藻，并探求其吸收利用率和体内分布情况，1974—1975年，利用放射性同位素 ^{32}P 进行了白鲢鱼种

对螺旋鱼腥藻吸收利用的示踪试验。试验结果表明，白鲢鱼种不但能够大量摄食螺旋鱼腥藻，而且能消化吸收；它对螺旋鱼腥藻的吸收利用率高达60—80%。

(2) ^{60}Co — γ 射线辐照板栗杀虫保果效果。1980—1982年用板栗进行几组不同剂量的辐照实验，分析了营养成分的变化，并同瑞士小白鼠进行了生长、毒性和繁殖等实验。试验结果表明，照射量为 10^6R 左右，害虫全被杀死，主要营养成分无明显变化，对四代M₁小白鼠的各种指标观察，均未见明显改变。

(3) 同位素辐射羊毛消毒。1976—1978年应用 ^{60}Co — γ 射线辐照羊毛。辐照结果证明， γ 射线对“布氏杆菌”的致死照射量为10万伦。杀死这种杆菌所需照射与菌液浓度有一定关系。在羊毛包可能存在最高菌量(10亿菌数/毫升)时，杀灭毛包内“布氏杆菌”的照射量为11万伦。以50万伦的照射量辐照羊毛及其制品，其机械及工艺性未见明显影响。在此基础上，配合陕西第一毛纺厂建立了羊毛包辐照车间进行中间试验。

(4) 中子活化法的应用。1983年利用中子活化分析，测定了新集黄土剖面中的十种元素含量和层间分布情况，结合相对丰度图估测了剖面中总稀土量平均为199ppm。这表明，虽然黄土堆积的时代不同，但稀土元素的分馏情况却很相似。并应用铈钆镱硒(Ce、Nd、Eu、Se)四种稀土元素对玉米苗期和开花结实期进行的单标记试验。试验结果证明，作物一次吸收稀土量较大，并迅速向结实器官运转。1985年对油页岩及其产物在不同介质中的淋溶液进行活化分析，测定了38种元素析出规律。实验证明，微量元素以不同的模式淋溶析出。

3、核技术应用中实验技术的研究。1975—1976年研制的低本底 β 测量装置，通过物质屏蔽和反符合电子学线路，使本底降为 1.12 ± 0.03 计数/分，初步满足了生物示踪实验需要。1978—1979年研制了羊毛包辐照消毒车间的防护设计和面源排列装置；1981年研究用钛溅射离子泵代替ZhT—1301型质谱计原来的扩散泵，可以使质谱计的离子源及分析器的真空度达到或超过原估计水平，而且较扩散泵操作简便，又不用液氮和冷却水；1984—1985年用PMBP柱萃淋法测定土壤中单一稀土元素，代替了传统的苯萃取法，减少了苯的危害，简化了操作手续。

(二) 分析测试和计算技术的研究。这项研究包括土壤和植物样品的测试技术以及电子计算技术的应用。

1、土壤样品的测试技术。主要有以下两个内容：

(1) 土壤物理性质的测定技术。1960年在野外用胶结剂测定土壤膨胀量，方法易掌握，适应性强，准确度高，可以计算出假比重、膨胀含水量和孔隙率等。1961年设计了一套8节测试15个样本的机械分析读数时间排列卡，使用简便，提高了分析工作的效率和质量。1977年对压缩空气测定土壤比重的效果进行了分析和评价。1982年介绍了 γ —4极测定土壤密度和含水量的方法和技术。

(2) 土壤养分的测定技术。1960年推荐了用四苯硼化钠容量法测定土壤中全钾的方法，并提出了选用对硝酸盐作指示剂调节酸碱，结果良好，不影响滴定终点观察及分析结果；1978年将原子吸收光谱测定有效态微量养分含量用于黄土地区，取得了满意的效果；1980年试验用土壤悬液的电位滴定法直接测定土壤的氯离子，结果证明这种方法灵敏度高，重现性好，不需过滤、吸样，较常规法简便；1981年试验用分光光度法测定微量的As⁺³和As⁺⁵，证明该方法选择性强，又简便，可以用于常规分析；1981年以控制提取温度为主要条件，通过25个石灰性土壤样品速效磷的测定和数据处理，得出用Olaen法测定速效磷时的温度校正式；1983年选用极谱催化波测定石灰性土壤有效铝，变异系数大多低于10%，回收率为90—108%。这证明，该方法灵敏度高，不需要

萃取浓集,符合测定规范要求;1984年研究了准确测定饮水含硒量的荧光法;1985年应用Icp—AES法测定土壤流失过程中的迁移元素,得到了满意的结果。

2、植物样品的测定技术。1978年介绍气液色谱法测定高粱蔗中乌头酸的方法和用比色法测定高粱蔗汁中淀粉的方法;1981年报道了制备酚类化合物的三甲基硅(TMS)衍生物和利用气液色谱法测定动物样品中的酚类化合物的方法;1985年对羽状复叶的沙打旺光合速率干重法进行了探索。探索结果表明,采用半数小叶法取样,可依单位叶面积干重指标计算光合强度,并给出了计算公式;1985年试用电感耦合等离子体发射光谱法测定牛羊奶中的多种元素。试验结果表明,该方法适用于奶中无机元素的分析,并可用来测定血尿及其它生物制品中的常量和微量元素。

3、电子计算技术的应用。自七十年代末以来,逐渐将电子计算机技术应用到生物统计、资料整编和实验数据处理中去;1984年应用TRS—80微型计算机整编分析小流域洪水流量、洪水总量与集水面积(即 $O\sim F$ 及 $W\sim F$)关系曲线,并用微型计算机分析黄土高原的蒸发蒸腾量;1983年用电子计算机进行农林牧优化生态经济结构模式的统计与计算。

(三)其它方面的研究。这些研究主要有微生物、药用植物和农业工程机械。

1、微生物的研究。1977—1980年进行了毛霉酶促磷酸化反应条件的研究,详细研究了葡萄糖、磷酸盐、镁离子、pH、温度等因素对霉酶促合成三磷酸腺苷(ATP)的影响,为用一磷酸腺苷(AMP)生产ATP提供了工艺路线,并研究了毛霉的葡萄糖代谢与嘌呤核苷酸代谢与ATP生成的关系;1978—1979年研究了小麦根系—微生物联合固氮的强度,证实了小麦根际存有活固氮菌,而且该固氮菌能感染小麦根系,在根内定居,显示固氮活性;1977—1979年研究了不同菌株对紫云英根瘤的脱氧酶和豆血红蛋白的影响。

2、药用植物的研究。1964年从分类学角度对麻黄的形态特征、产地、分布和生境等进行了研究;1970—1972年对治疗菌痢、子宫脱垂等疾病的草药——鬼灯进行了调查研究,并分析了其化学成分和临床应用效果;1971—1972年对陕西省24个县的止痛、止血草药的形态、分布和性味功能进行了研究;1980—1982年对中药连翘的化学成分进行了分离和鉴定,并对其应用效果进行了研究。

3、农业工程机械的研究。1975—1978年对喷灌技术进行了系统的试验研究,试制了延河1·10型、2·20型、2·30型和2·40型喷头及3·45型喷灌泵,并完成了摇臂式喷头的喷咀、流道、喷管和稳流器诸部件结构参数的选择,为全国喷头联合设计组采用;1971—1975年通过参加陕西省长安县正岔试验坝与石砭峪大坝沥青混凝土斜墙的试验、设计与施工,对沥青混凝土在土石坝防渗上的应用进行了系统的总结。

(四)水土保持科技情报资料的研究。主要包括水土保持情报的专题及文献的搜集和整编。

1、水土保持情报的专题研究。本所情报研究室,在水土保持情报研究方面做了大量的工作。1981年,整编了《黄土高原水土流失综合治理科学讨论会资料汇编》,并组织拟写了《建国以来黄河中游水土保持概况》一文。该文经过查阅大量文献,概述了1949—1980年期间党和国家对水土保持工作的指示和重视情况,介绍了建国以来全国水土保持机构名称及历次全国性水土保持工作会议的情况;1985年为全国人大财政经济委员会编写了《世界及我国水土保持发展趋势及其对策研究》的专题材料,作为参加世界各国会议联盟环境大会使用;1983—1985年,参加了国家城乡建设环境保护部下达的《二〇〇〇年中国水土流失趋势预测及防治对策研究》的调研题目,提出了我国1980—2000年水土流失宏观的趋势判断。

2、水土保持情报文献的搜集和整编。建所以来,情报研究室共搜集整理有关水土保持的内部资料23,000多份,黄土高原地区地形图、航空照片33,000多张。现馆藏图书83,000多册,中外

文现刊近700种中，有80%以上是有关水土保持科学研究方面的论著。1980—1985年按季度或年度编印了《水土保持内部期刊题录》七册，《水土保持科技期刊专题题录》三册，共选用内部期刊题录11,000多条，公开出版中文期刊题目9,000多条。另外，还组织编译出版了《水土保持的问题与展望》(1980年在英国召开的土壤保持会议论文集)。

The advancement and results in study of soil and water
conservation when celebrating the fortieth
anniversary of the establishment of new China

*Northwestern Institute of Soil and Water Conservation
under the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Conservancy*

Abstract

On the occasion of celebrating the fortieth anniversary of founding new China the NISWC has obtained greater advancement and significant results in many subjects during only thirty years, such as soil erosion rule and its prediction and forecasting, the evaluation and reasonable utilization of soil and land resources, the theory and technics to recover vegetation, the system and base to increase yield in dry land farming, the comprehensive harness of soil and water loss, etc. . The paper epitomizes the recent state of each research work in six sections.

(Continued from page 39)

there are mutual conveyance of natural resources among mining, farming, forestry and husbandry, etc. Now the golden delta is still a virgin land to be reclaimed, various resources of water energy, mining and ecology are sunk in sleep. To open the treasure house of resources and to realise the vigorous development of economy in the partial watershed of Sichuan Province or even the whole watershed of Yangtze River, it is needed to catch the key that is to exploit the water energy of the rivers. It is suggested; first, to summarize the historical experiences and to take the unflinching development of water energy in Sichuan Province in priority as the guide policy; secondly, to prepare strongly for the comprehensive exploitation with the greatest effort and all the measures available; thirdly, to reform the system of electricity management, to expand the extension "to support electricity with electricity", and to soften the policy in introduction of foreign funds. It is said that, only in this way, the exploitation of water energy resource of the three rivers could be accelerated in large scale, realizing the virtuous circulation in ecology.