

# 保护性耕作概念、机理与关键技术

□ 中国农业大学教授、博士生导师 高焕文 (邮编10083)

## 一、保护性耕作的基本概念

保护性耕作是相对于传统翻耕的一种新型耕作技术。它的定义是：“用大量秸秆残茬覆盖地表，将耕作减少到只要能保证种子发芽即可，主要用农药来控制杂草和病虫害的耕作技术”。由于它有利于保水保土，所以称为保护性耕作。针对保护性耕作的基本要点，也可用4句话来概括：秸秆覆盖、免耕播种、以松代翻、化学除草。

## 二、我国保护性耕作的试验研究

我国是主要的干旱国家之一，干旱、半干旱及半湿润偏旱地区的面积占国土面积的52.5%，遍及昆仑山、秦岭、淮河以北的16个省、市、自治区，仅雨养农业面积即3 300万 $\text{hm}^2$ 。旱区农业发展的主要问题，一是降雨少、气温低、土壤贫瘠，产量低而不稳，农民生活贫困；二是水土流失和风蚀沙化严重。为了实现旱区可持续发展，从20世纪60年代起我国就开展了保护性耕作的单项技术和农艺试验研究，但我们的研究一般着眼于增产功能，不看重环保功能，没有进行系统的试验研究，特别对实施保护性耕作所需的关键机具研究不够。90年代初，在农业部农机化司的支持下，中国农大和山西省农机局、澳大利亚昆士兰大学、中国农科院土肥所等合作，在山西开始了农机农艺结合的保护性耕作系统试验研究课题，经10年试验，通过引进和自主开发，完成了适应性研究和适合北方的保护性耕作机具的开发，提出了相应的耕作技术体系，解决了在我国旱区实施保护性耕作的工具和手段问题。

世界上采用保护性耕作的国家都是发达国家，采用大型机具耕作，不符合我国小地块、小动力、农民购买力弱的国情，而合适的小型保护性耕作机具世界上还是空白。我国只能自行开发研制小型保护性耕作机具。课题研制的3类(免耕播种机、深松机、浅松机)10多个型号的中、小型机具，满足了我国保护性耕作性能要求，适用于小地块、小动力，价格低廉，可满足我国北方和类似的发展中国家需要。目前，山西省已经成为我国保护性耕作试验示范基地，全省30多个县示范推广保护性耕作近12万 $\text{hm}^2$ 。采用保护性耕作后，玉米可以增产

17%，每公顷节支450元；小麦增产13%，每公顷节支300元。河北、内蒙、辽宁、陕西、甘肃、新疆、黑龙江等省区也先后开展了保护性耕作试验示范，总计面积8万多 $\text{hm}^2$ 。

## 三、保护性耕作的效益

根据中国农业大学等在山西10年的系统试验，保护性耕作与传统翻耕相比有三方面效益：一是社会效益：减少径流(水分流失)60%、水蚀(土壤流失)80%左右；减少风蚀(农田扬沙)，抑制沙尘暴；不烧秸秆、减少大气污染。二是生态效益：增加休闲期贮水量14%—15%，提高水分利用效率15%—17%，节约水资源；增加土壤肥力，有机质、速效氮、速效钾都得到提高；改善土壤结构，土壤团粒结构和毛管孔隙度(含水孔隙)增加，大孔隙减少。三是经济效益：提高小麦、玉米产量15%—17%；减少作业工序，降低作业成本10%—15%；增加农民收入近30%。

## 四、保护性耕作的增产机理

旱地土壤水分基本来自天然降雨。雨水消耗分三部分：一是径流消耗，二是地表蒸发，第三才是供给作物生长的有效耗水。据测定，我国北方地区平地径流占降雨的10%左右，坡地可达30%多，蒸发占降雨的60%—80%，有效耗水占10%—20%。要想增加有效水分，只能减少径流和蒸发。

1. 保护性耕作能够减少径流和蒸发。中国农业大学等在山西寿阳建立了天然降雨径流试验区，装置了翻斗式径流测试仪、自动化数据采集仪和微型气象站等先进设备，对保护性耕作和传统耕作下的径流和土蚀进行同步监测。同时采用人工模拟降雨装置，对不同作物、不同覆盖与耕作处理进行了试验测定。测试结果表明保护性耕作具有显著的减少径流、增加入渗的效果。根据测试结果，秸秆覆盖在减少径流中起第一位作用，作用率约47%。秸秆覆盖使地面温度降低、风速减小，从而减少蒸发。据临汾试区测定，冬小麦休闲期内传统耕作地蒸发量平均217.6mm，占休闲期降雨量227mm的79%；而保护性耕作地蒸发量为197.9mm，占71%，减少蒸发损失19.7mm，增加了休闲期蓄水量。

保护性耕作提高了水分利用效率，为增产创造了

条件。以中国农业大学在临汾试区的保护性耕作小麦9年的监测结果可见,保护性耕作的休闲期蓄水量高于传统耕作14%,对小麦出苗和根系发育十分有利。保护性耕作的水分利用效率平均高于传统耕作17%。

2. 保护性耕作可提高土壤肥力。保护性耕作把大量秸秆通过覆盖的方式还田,直接增加有机质。在临汾6年测定的小麦保护性耕作对土壤肥力的影响表明:每年土壤有机质增加0.03%、速效氮提高1.2%、速效钾提高0.8%,速效磷略有降低,每年下降2.4%。保护性耕作还明显增加蚯蚓数量,蚯蚓数量是土壤肥沃程度的重要标志。澳大利亚昆士兰试验站测定,保护性耕作开展15年后,少耕覆盖、免耕覆盖的蚯蚓数分别为33条/m<sup>2</sup>和44条/m<sup>2</sup>,而传统耕作是19条/m<sup>2</sup>。中国农业大学在山西临汾的测定,保护性耕作6年后的小麦地深松覆盖与免耕覆盖地分别为3条/m<sup>2</sup>和5条/m<sup>2</sup>,而传统翻耕地没有蚯蚓。分析原因是保护性耕作土壤含水量高、有机物质多,不翻耕及旋耕土壤。

3. 保护性耕作对增产的不利影响及改进办法:(1)地表温度降低。玉米等春播作物,由于播种出苗阶段地温低1℃—2℃,将对出苗产生不利影响。为减少降低温度的影响,可采用清除种行上的覆盖物以及疏松种行表土等措施。(2)播种质量不易保证。保护性耕作由于地表不平整、软硬不均匀、秸秆覆盖量过多或覆盖物分布不均等原因,会导致播种时播深不一致,种子分布不均匀,甚至出现缺苗断垄等播种质量问题。为了减少不利影响,一方面要改进播种机性能,提高适应能力,另一方面播种前要检查地表状况,必要时进行秸秆粉碎、撒匀,耙地或浅松,以适当减少覆盖量、疏松平整表土。(3)保护性耕作杂草控制较困难。翻耕有翻埋杂草作用,保护性耕作相对来说失去了一项控制杂草的手段;有的杂草受秸秆遮盖,药液不易直接喷到杂草上,影响杀草效果。保护性耕作必须更仔细的观察杂草情况,在幼苗时就及时喷施除草剂,或用机械锄草。经多年观察,尚未发现杂草出现问题不能控制的情况,可能与北方寒冷、干旱,杂草不严重有关。

保护性耕作的增产作用是根本性的,不利方面则与管理水平密切相关,只要加强管理,注意克服或降低保护性耕作的不利之处,充分发挥它的优越之处,保护性耕作就能获得最好的效果。

#### 五、保护性耕作的生态环境保护机理

1. 能减少土壤水蚀。山西寿阳径流测试区对土壤水蚀测定结果:在有暴雨的1999年,传统耕作土壤流失73.65吨,而免耕覆盖处理14.5吨,减少土蚀80%;在没有暴雨的1998年,传统耕作1.72吨,而免耕覆盖0.46吨,

减少73%。可见保护性耕作防治土壤流失的效果非常明显。

2. 能减少土壤风蚀、防治“沙尘暴”。(1)农田是“沙尘暴”的重要沙源地。从土粒在风吹情况下的运动看,可以按直径分为三类:直径500μm以上为粗沙粒;直径70μm—500μm为细粒;直径70μm以下为尘粒。粗粒不会被风吹离地面;细粒会被风吹离地面,在近空跃动前进,跃移的高度一般在0.5m内。粗粒和细粒都只能运移几十米、几百米的短距离,不可能长途移动。只有尘粒才能被风吹到高空,运移千里之外,是沙尘暴的主要成分。尘粒主要存在于耕作的农田和荒漠的草地,耕作愈多的农田,微粒含量愈多。因此,裸露的农田是沙尘暴的重要沙源。(2)保护性耕作是保护农田减少风蚀最有效的途径。秸秆残茬降低风速,根茬固土、秸秆挡土,可以有效地减少土粒运移和飞扬,保护性耕作使地表湿润,增加团粒结构,也是减少风蚀的重要因素。美国和澳大利亚等使用风洞装置,对不同秸秆覆盖率、不同土质及不同耕作方式下的土壤风蚀量进行了对比测定。结果显示,无论何种土壤、其粗糙度如何,保护性耕作均有很强减少土壤风蚀能力,只要保持30%的秸秆覆盖,其风蚀减少程度即可达70%—80%。地边种树也是农田保护的重要措施,可以降低风速和阻挡沙粒滚动、跃动,但不可能阻挡上升的微尘。所以农田保护,应该保护性耕作为主,田边植树为辅。

#### 六、机械化保护性耕作工艺体系

为了大面积推广应用保护性耕作法,把保护性耕作变成一项农民能够掌握的技术,必需通过试验研究,确定不同地区、不同作物的保护性耕作工艺体系。

1. 保护性耕作主要作业环节有四项:秸秆与表土处理、免耕播种施肥、杂草及病虫害防治、深松。

2. 保护性耕作工艺体系:一般由五、六项有关作业组成,收获、人工间苗、追肥等关系不大的作业,可以按传统要求进行,一般用耕作方式(免耕、深松)和覆盖方式(秸秆粉碎覆盖、倒秆覆盖)划分工艺体系。例如,山西寿阳一年一熟玉米保护性耕作有3种工艺体系,供农民选:①免耕碎秆覆盖体系,适合砂土或轻壤土质、产量较高的地区;②免耕倒秆覆盖体系:适合冬季风大的地区;③深松碎秆覆盖体系:每隔2年—3年深松一次,适合多数土壤条件,特别在开始试验保护性耕作的地区。其中免耕粉碎覆盖的作业工序是:秋天人工收摘玉米穗——粉碎秸秆——免耕休闲——耙地(秸秆多的年份进行)——免耕施肥播种——喷除草剂——人工间苗、追肥、除草。

(收稿日期2005年7月10日)