



肥沃的黑土地是农业的宝贵资源，是大自然给予人类的最丰厚的馈赠之一，被称为“耕地中的大熊猫”。我国东北地区是世界四大黑土区之一，也是唯一一片无法通过轮作休耕加以保护的黑土地。

“共和国粮仓”的重任无可推卸，如何使无法轮作休耕的黑土实现连续高产，甚至越耕越肥？这是中国国情给中国科学家提出的独特考题。面对这道黑土耕地的“中国难题”，科学家与当地政府和农民在东北

大地上埋头探索了十余年，为黑土保育开出了一系列“保健”良方。

2020 年，农业农村部、财政部印发《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020—2025 年）》。今年 4 月 21 日，中国科学院与辽宁省政府共同签署“黑土粮仓”科技会战框架协议。7 月 9 日，中科院在黑龙江哈尔滨发布国内首部《东北黑土地白皮书（2020）》。日前，记者随中央媒体采访团，走进白山黑水之间，深度探访这场保护黑土的“科技会战”。

科学家用十几年时间摸索出多种模式，黑土重新“冒油花” 让“耕地中的大熊猫”越种越肥沃

■本报首席记者 许琦敏

改变不合理耕种 让黑土连续耕种不退化

在学术上，“黑土”有着明确的定义，指温带湿润气候草原草甸植被条件下形成的均腐殖质土壤。它性状好、肥力高，是一种非常适合植物生长的土壤。

“黑土地肥到家，捏把泥土冒油花，一两黑土二两油，插根筷子也发芽。”在东北地区流传的顺口溜，形象地描述了黑土地的肥沃。我国东北平原曾经分布着大面积的沼泽湿地，枯枝落叶进入沼泽形成肥沃的有机质。

在自然界，每形成 1 厘米厚的黑土，需要 200 至 400 年。我国东北地区的黑土厚度约为 1 米，这相当于一笔用两万多年时间才积淀下来的宝贵财富。

100 多年前，人们把沼泽中的水排干，就露出了肥沃的黑土，再经过开垦种植，曾经的“北大荒”变成了现在的“北大仓”。目前，作为我国最大的商品粮基地，东北粮食主产区典型黑土地耕地面积约 18.5 万平方千米，是我国粮食生产的“稳压器”和“压舱石”。以位于东北黑土地核心区的吉林省为例，该省 65% 以上的耕地是黑土，80% 以上的粮食产自黑土。

然而，传统耕种模式对于黑土肥力的保持并不友好。“形象地说，黑土地有点过度‘劳累’了，看起来也没那么黑黝黝了。”中国科学院沈阳应用生态研究所研究员张旭东说，从十几年前，科学家就致力于改变传统耕种模式，寻找使黑土连续耕种而肥力不退化的办法。

2020 年 12 月 28 日，习近平总书记任在中央农村工作会议上指出，“要把黑土地保护作为一件大事来抓，把黑土地用好养好”。2021 年中央一号文件提出“实施国家黑土地保护工程，推广保护性耕作模式”，黑土地保护上升为国家战略。

走下一米深的试验田方坑，张旭东手指土壤剖面介绍，在传统耕作方式下，农民每年收割后，就会将所有的籽实和秸秆从田里全部收走，几乎片叶不留；到了春耕时分，播种前必要要把最表层的十几厘米土壤翻起一遍。

“东北地区春季常有大风，被翻松的土壤表面缺乏覆盖物，极易被风刮走，造成严重的风蚀。”张旭东说，上世纪 30 年代，美国黑土区就因过度开垦导致了“黑风暴”灾害。与此同时，翻耕的土壤也极易受到大雨冲刷，造成水蚀，这些都会使珍贵的黑土层变薄。

而导致黑土有机质下降的最主要原因则是秸秆被收走。黑土地之所以肥沃，是因为上万年腐烂植物将自身的有机质留在了土壤中。

“有机质减少会改变土壤中的微生物种群，使得土壤透气性、保水保肥能力退化。”张旭东说，世界上另外三片黑土区都采用玉米与大豆轮作的方式，大豆属于豆科植物，其根系有固氮能力，可有效恢复地力。但由于玉米与大豆亩产相差悬殊，东北不少农民只愿意种玉米，不肯种大豆。当地地力不足、产量降低时，农民就加大化肥用量，容易导致土壤板结，作物根系无法扎进更深的土壤，遇到大风洪涝容易倒伏，碰到干旱则无法吸收到更深处的地下水，抗灾能力降低，减产风险显著升高。

秸秆科学还田 黑土“增肥”打出组合拳

如何改变传统耕作模式，让黑土地越耕越肥沃？从 2006 年起，张旭东和中科院东北地理与农业生态研究所研究员关义新，以及当时的县农业技术推广总站站长王贵满一起，开始了保护黑土地的耕种模式探索。

在“梨树模式”的发源地——吉林省梨树县高家村，张旭东于 2007 年从农民手里租下了 15 亩地，用来研究保持黑土肥力的耕种新模式。当时，这块试验田是当地肥力最差的，黑土层已贫瘠泛黄，俗称“破皮黄”。就在试验田方坑的土层剖面上，一杆一米长的刻度尺显示，经过十几年的保护性耕作试验，这片田地的黑土层已恢复到了 50 厘米左右，作物根系可以扎到地下六十厘米深处。现在，它的产量在全县名列前茅。

走在田垄上，脚下的泥土仿佛海绵一般，而去年留在地里的秸秆茬子，哪怕脚上用力踹，也不会动摇。“这说明作物根扎得深、长得牢，不怕大风大雨，干旱时也能从地下深处吸到水保命。”关义新告诉记者，曾经农民们不信他们的话，2012 年台风来袭，试验田周围地块玉米全倒伏了，而试验田只有约 15% 的玉米倾斜，基本没有倒伏。于是，次年农民们就纷纷找上门来，跟着科学家学种玉米。

科学家想出的是什么神奇办法？简单几个字：秸秆还田+免耕。这意思是说，把玉米收走，秸秆留在田里，春天也不耕地。这对当地农民的耕种习惯和思维可是不小的冲击。因为，在传统观念中，不把田里破叶儿收拾干净，那可是懒汉行径。春耕犁地，更是必不可少——不然种子怎么入土发芽呢？

不过，在科学家眼中，秸秆是有机质，应该归还给大地，才能保持土壤肥力。而且，秸秆覆盖住土壤之后，黑土就不怕风蚀水蚀了。根据实地测量，秸秆覆盖免耕后，可为土壤

增加的蓄水量相当于 50—60 毫米降水——相当于多出两场大雨，基本可免除干旱对试验地生产的影响。与常规耕作相比，试验田的降雨渗透率平均增加 30% 以上，地表蒸发降低 40% 以上。而且，由于坚硬的犁底层消失，水分下渗和保持能力显著增强。2018 年，东北遭遇几十年一遇的大旱，在当地玉米普遍减产的情况下，试验田大获丰收，创造了亩产 950 公斤的历史最高纪录。

当秸秆自然腐烂在泥土里，土壤微生物、蚯蚓都来以此为食。试验田现在每平方米土壤中的蚯蚓数量从过去的三五条，增加到 40 至 60 条。土壤结构大为改善，生物多样性提高、生物功能增强，说明土壤生态功能得到显著恢复和提高。土壤变得“健康”，土传病害也有所降低。

研发免耕播种机 保护性耕作技术落地推广

至于耕地，只需把秸秆归拢到一边，即可播撒种子，使用免耕播种机，不仅出苗整齐，还可节约三成种子。用专家的话说，这就是以固碳、育土、防蚀、保墒为核心，提升土地承载力，改善土地生态系统的高效耕作模式。于是，要改变传统耕种

方式，推广免耕播种机，就成了保护性耕作技术的关键一环。

“由于东北黑土不可能休耕，针对我国东北玉米连作、行距小等特殊困难，我们摸索出了适合我国国情的宽窄行秸秆覆盖免耕种植、秸秆覆盖均匀垄种植、宽窄行秸秆覆盖条带耕作种植、秸秆覆盖垄作少耕种植等多种保护性耕作技术模式。”关义新说，宽窄行其实就是将相邻两行作物种得靠近一点，就形成窄行和宽行的交替排列。而宽窄行秸秆覆盖条带耕作就是在当年播种的窄行进行秸秆清理与深松浅耕，从而较好解决了部分地区免耕导致的低温及播种质量问题，在低成本秸秆还田的同时，更容易实现苗齐苗匀苗壮，由此达到高产稳产。

由于东北各地的垄距从 50 多厘米到 70 厘米不等，免耕播种机必须灵活调整行距，才能适应各地情况。所以，进口免耕播种机不仅价格高，而且无法大规模推广，唯有自主研发。

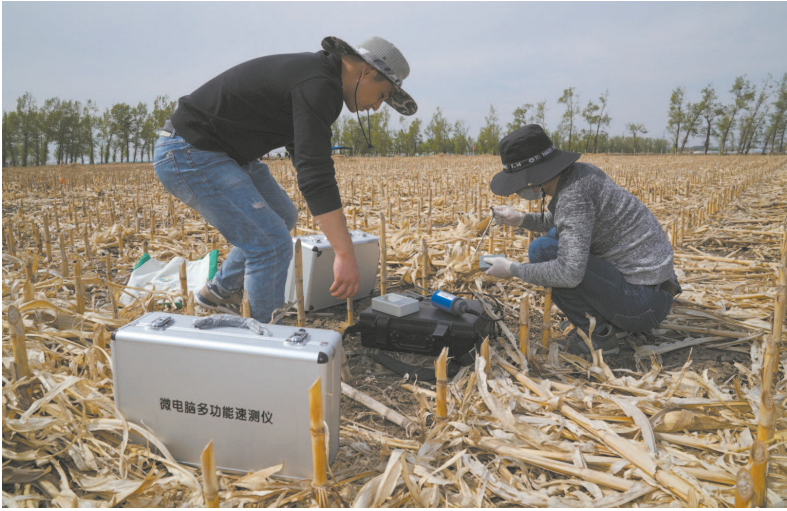
杨青魁当年把地租给张旭东后，爱好农机的他，就跟着关义新一起搞起了免耕机具的开发。“免耕播种一体机可同时完成过去四台农机的活儿，一台机器一天能播种 1500 多亩地。”杨青魁还和自家兄弟共同经营起了康达农机农民专业合作社，吸纳了 60 多个农户的近

2000 亩地。

如今，随着“梨树模式”的推广，免耕播种一体机也在东北走红。“玉米秸秆覆盖少耕免耕技术的示范推广，说到底要基于机械化现代农业。”关义新说，“梨树模式”的成功离不开当地政府对于免耕播种机产业化的大力扶持，及时出台配套机具及保护性耕作作业补贴政策，当地农机、农业技术推广部门也做了大量细致深透的推广工作，“示范

推广也是一门学问，改变农民观念才是成功的真正关键点”。

中科院基于野外台站监测数据发现，在玉米—大豆—小麦轮作系统中，长期施用化肥条件下土壤有机质下降 14.6%。而在玉米秸秆覆盖免耕条件下，从第九年开始，免耕土壤有机质含量较传统耕作提升了 16%。



题图：采用秸秆覆盖垄作少耕免耕种植的黑土地。

- ①黑龙江海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站温室。
- ②经过十多年保护性耕作，试验田犁底层消失，作物根系可扎到 60 厘米的土壤深处。
- ③科研人员在保护性耕作试验田里监测土壤数据。
- ④我国自研的免耕播种一体机。

延伸阅读

世界四大黑土区

北美密西西比河平原
面积：290 万平方千米
欧洲乌克兰和俄罗斯平原
面积：182 万平方千米
亚洲东北平原
面积：109 万平方千米
南美潘帕斯平原
面积：106 万平方千米

黑风暴

1934 年 5 月 11 日凌晨，美国西部草原地区发生了一场人类历史上空前的黑色风暴。风暴整整刮了三天三夜，形成一个东西长 2400 千米、南北宽约 1500 千米、高约 3200 米的迅速移动的巨大黑色风暴带。风暴掠过美国 2/3 的土地，3 亿多吨土壤被风暴刮走。这场风暴位列 20 世纪人类十大自然灾害之首，造成这场灾难的原因正是由于开发者对土地资源的不断开垦，森林的不断砍伐，致使土壤风蚀严重。

继北美黑风暴之后，由于人类未吸取教训，历史在上世纪六十年代再度重演。在 1960 年至 1965 年之间，苏联新开垦地区两度遭到黑风暴的严重侵袭，经营多年的农庄在几天之间全部被毁，颗粒无收。据事后对灾情损失的统计，当时苏联的新垦荒区春季作物受灾面积超过 400 万公顷，被刮上天的砂土总量约有 9.6 亿吨至 12.8 亿吨。

良田良种良法，多种模式确保“北大仓”常盛

■本报首席记者 许琦敏

自 2007 年起，中国科学院沈阳应用生态研究所和东北地理与农业生态研究所联合国内相关科研力量，探索出了玉米秸秆还田的“梨树模式”、肥沃耕层构建的“龙江模式”、黑土产能长效保障的“辽河模式”，以及苏打盐碱地“以稻治碱”等多种黑土保护性耕作模式。

其中，“梨树模式”作为东北黑土地综合功能提升的关键技术，已成为东北地区玉米生产现代耕作模式的样板。该模式在东北黑土区（包括内蒙古东部）近 3 年累计推广应用超过 3000 万

亩，实现经济效益 27.3 亿元。

根据国家相关要求，黑土地要用好养好，建设高标准农田，真正实现旱涝保收、高产稳产。到 2030 年，东北 2.78 亿亩黑土地中，实施黑土地保护面积要达到 2.5 亿亩，耕地质量提高一个等级，土壤有机质含量平均每公斤提高 2 克以上。

“东北各地的黑土情况各有不同，‘梨树模式’是针对玉米种植地的一种保护性耕种模式，因为玉米产生的秸秆量较大。”中科院东北地理所研究员韩晓增介绍，在东北各地，还有大量中低肥力黑土，它们形成的原因

有风蚀水蚀严重、天然存在酸性白浆层、坡耕地蓄水保水能力差等。

为此，科学家分别根据不同情况，发展起了各有针对性的黑土地保育模式，分别将不同因素导致的中低肥力黑土，通过“健康调理”，培育成有机质丰腴的高产黑土，从而形成了涵盖东北黑土地所有土壤类型和解决方案的“龙江模式”。

在遍布黑土的东北平原上，还存在不少贫瘠的盐碱地。东北的盐碱地占到全国盐碱地面积的 10.3%。如何使这些土地得到改良，加入到“黑土粮仓”的队伍之中？2002 年，中科院东北地理

所研究员梁正伟回国后，在吉林西部筹建起大安农田生态系统国家野外科学观测研究站。这是我国第一个以典型苏打盐碱土为主要监测和研究对象的野外台站。经过多年努力，这里逐步形成了“良田+良种+良法”三位一体的高效治理措施。

盐碱地治理在滨海地区并不罕见，一般用水将地里的盐分冲掉即可。“但东北的盐碱地主要成分是碳酸钠、碳酸氢钠，属于碱性盐，与滨海地区主要成分氯化钠、氯化镁等中性盐的盐碱地并不相同。”梁正伟说，苏打盐碱地即使用水洗过之后，仍然会呈较强碱性，不利于作

物生长。而且，东北平原上的盐碱地多因盐分从山上冲刷下来，水分蒸发后在洼地积聚而成，故而为多盐碱化湿地、水田等，形成了“有水也难种稻”的困境。

针对这一情况，多年来，梁正伟团队在世界上率先提出了“以耕层改土治碱为基础，以灌排洗盐为支撑”的重度苏打盐碱地快速改良新思路和新方法。同时，团队还培育出了多个耐盐碱水稻、牧草新品种，通过“以草治碱”“以稻治碱”，实现了盐碱地大规模增产增收和环境友好双赢的治理目标。经过三到五年治理后，吉林大安的羊草顶级植被覆盖面积从治理前的 30% 提高到 80% 以上。