

# 豫南雨养区小麦简耕覆盖高产高效 技术创新与应用

李向东<sup>1</sup>, 张德奇<sup>1</sup>, 王汉芳<sup>1</sup>, 吕凤荣<sup>1</sup>, 邵运辉<sup>1</sup>, 方保停<sup>1</sup>,  
岳俊芹<sup>1</sup>, 谢耀丽<sup>2</sup>, 周广有<sup>2</sup>

(1. 河南省农业科学院 小麦研究中心, 小麦国家工程实验室, 农业部黄淮中部小麦生物学与遗传育种重点实验室, 河南省小麦生物学重点实验室, 河南 郑州 450002; 2. 西平县农业技术推广中心, 河南 西平, 463900)

**摘要:** 土壤培肥、自然降水高效利用、作物秸秆循环利用、作物高产高效是土壤可持续利用和粮食生产能力持续提高的关键问题。豫南雨养农业区存在着降雨量较大但降水时空分布与作物需水时段相矛盾、土壤培肥能力不足等问题。为此, 结合豫南雨养区的生产、生态实际和多年定位试验, 提出了资源循环高效利用与作物持续高产假设, 并集成创新了小麦简耕覆盖高产高效技术, 其核心技术是机械化玉米秸秆粉碎覆盖还田和小麦免耕直播。自 2006 开始, 在驻马店市和南阳市进行了多年示范应用, 取得了良好的效应。该技术解决了利用合理的耕作措施解决培肥土壤、提高自然降水和农业废弃物利用率、作物高产与资源高效协同一致的问题, 为土地可持续利用和生产能力持续提升提供了技术支撑。

**关键词:** 豫南雨养区; 简耕覆盖; 高产高效; 创新与应用

中图分类号: S512.1; S311 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)12-0042-05

## Innovation and Application of Winter Wheat Cultivation Technologies with Minimum Tillage and Straw Mulching in Rain-fed Area of Southern Henan

LI Xiang-dong<sup>1</sup>, ZHANG De-qi<sup>1</sup>, WANG Han-fang<sup>1</sup>, LÜ Feng-rong<sup>1</sup>, SHAO Yun-hui<sup>1</sup>,  
FANG Bao-ting<sup>1</sup>, YUE Jun-qin<sup>1</sup>, XIE Yao-li<sup>2</sup>, ZHOU Guang-you<sup>2</sup>

(1. Wheat Research Center of Henan Academy of Agricultural Sciences, National Laboratory of Wheat Engineering, Key Laboratory of Wheat Biology and Genetic Breeding in Central Huang-huai Region, Ministry of Agriculture & Henan Provincial Key Laboratory of Wheat Biology, Zhengzhou 45000, China;  
2. Xiping Agricultural Technology Extension Center, Xiping 463900, China)

**Abstract:** The key point for achieving the sustainable utilization of soil resource and the sustainable grain production ability was to enhance the soil fertility and the natural precipitation usage efficiency, to recycle the crop stalks and to achieve the high grain yield with low input. The research demonstrated that there were some problems needed to be solved to achieve the sustainable utilization of soil resource and the sustainable grain production ability in the rain-fed agricultural region of southern Henan province. Compared to other parts of Henan province, the rainfall in southern Henan province is sufficient, but the spatial-temporal distribution of precipitation and the soil fertility could not match the crop requirement. It was assumed that the high resource recycle efficiency and the sustainable grain production ability could be achieved synchronously by in-

收稿日期: 2012-07-21

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(HY201203033); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD20B01, 2012BAD14B08)

作者简介: 李向东(1967-), 男, 河南遂平人, 研究员, 博士, 主要从事小麦栽培与耕作、农业生态等研究。E-mail: hnlxd@126.com

tegrating and innovating the winter wheat cultivation technology with minimum tillage and straw mulching. The technology has been applying in Zhumadian and Nanyang since 2006, with the purpose of improving the soil fertility and the usage efficiency of natural precipitation and crop stalks, so as to realize the high crop yield and high resource usage efficiency synchronously. The technology would make significant contribution to the grain production in the rainfed agricultural region of southern Henan province.

**Key words:** rain-fed area in southern Henan; minimum tillage and straw mulching; high crop yield and high resource usage efficiency; innovation and application

20 世纪 70 年代以来,以集约化、专业化、劳动生产率高为特征的现代农业形式带来了许多诸如植被迅速减少、水土流失加剧、土地肥力下降、沙化和盐碱化严重、生态环境遭到严重破坏、粮食产量下降等问题,使农业发展面临困境<sup>[1]</sup>,我国华北平原也因此出现农田土壤耕层变浅、养分不均衡,东北平原土壤有机质加速下降、耕层变薄、土壤功能退化等现象<sup>[2-3]</sup>。因此,免耕与秸秆覆盖相结合的保护性耕作技术,正被日益广泛地应用于农业生产,并逐渐成为相关领域的研究热点<sup>[4-9]</sup>和国际农业技术发展的重要趋势。基于此我国如何从国情出发,开展耕地保护性利用和自然资源、农田废弃物资源的高效循环利用,加快保护性耕作技术的发展,对于保护生态环境,发展现代可持续农业具有重大的现实意义<sup>[10-12]</sup>。为此,开展了小麦简耕覆盖高产高效技术研究,报道如下。

## 1 小麦简耕覆盖高产高效技术创新与技术集成

### 1.1 小麦简耕覆盖高产高效技术创新的理论基础

保护性耕作起源于美国,目前已经成为国际农业技术发展的重要趋势,以保护性耕作为核心的土壤保护和可持续利用研究是国际上近 50 a 来的热点问题。保护性耕作技术的“少动土”、“少裸露”,达到“适度湿润”和“适度粗糙”等状态,对于改善土壤环境具有多种独特的生态经济作用<sup>[13-15]</sup>。同时,合理、适宜的保护性耕作措施可以提高作物产量<sup>[16-19]</sup>。在我国,保护性耕作技术泛指保土保水的耕作措施,是减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境的综合技术体系,其技术关键是通过土壤少免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖技术,达到“少动土”、“少裸露”、“少污染”并保持“适度湿润”和“适度粗糙”的土壤状态,从而保护土地可持续生产力<sup>[20]</sup>。

循环农业是按照循环经济理念,通过农业生态系统设计和管理,实现物质能量资源的多层次、多级化的循环利用,达到农业系统的自然资源利用效率最大化、购买性资源投入最低化、可再生资源高效循环化、有害生物和污染物可控制化的产业目

标<sup>[3]</sup>。在生产方式方面,循环农业摒弃了常规农业一味地追求高投入、高产出、高消耗、高排放的生产方式,注重建立资源利用高效率、外部投入最低化、污染排放最少化的生产目标。

总之,结合我国高度集约化农业生产和农村劳动力转移的实际,构建以自然资源和农田废弃物高效循环利用为主要内容的保护性耕作和循环农业技术,对于保护生态环境、发展现代可持续农业具有重大的现实意义。

### 1.2 小麦简耕覆盖高产高效技术创新区域的生态、生产特点

豫南雨养区位于北纬 33°线两侧河南省境内,包括河南省驻马店市和周口市、南阳市、平顶山市的部分县(市),耕地总面积在 150 万  $\text{hm}^2$  以上,是河南省乃至我国的粮食主产区。土壤肥力不足、耕作措施粗放、降雨充沛但年际间分布不均是目前制约豫南雨养区土地可持续利用和生产能力不断提高的主要障碍性因子,影响“土壤—作物”系统功能的发挥。该区光温水资源丰富,年降雨量 750 mm 以上,小麦生育期降水 350 mm 以上,能基本满足小麦生长发育的需要,但降雨多集中在 7、8、9 月份,易造成抢墒播种和冬春苗期干旱。农村大批劳动力向城镇转移造成农村实际务农劳动力不足;生产上衍生出的一些简单粗放生产技术如旋耕等,导致在特殊年份生产上出现一系列问题,如抗旱、抗寒力下降、土壤养分失衡,这在一定程度上影响小麦产量的稳定和提高;在该区域秸秆还田比例仍然较少,大量秸秆随意丢弃或焚烧,不仅污染环境,而且造成了资源浪费。

根据豫南雨养区降雨和耕作制度特点,以地力培育、节水抗旱型农作制度构建为核心,以节水保墒、培肥地力、节能简化为主要技术目标,以简耕、免耕和秸秆覆盖还田为关键技术,以农机农艺相配套为手段,以全程病虫害防治和防灾减灾作保证,进行黄淮南片不同生态类型区小麦简耕覆盖高产高效技术体系的研究创新和集成示范,建立适合该区域生态、土壤及耕作特点的黄淮南片小麦简耕覆盖高产

高效生产技术体系。通过项目攻关和实施,实现了小麦简耕覆盖条件下高产高效的目标,同时实现了节本增效、节能环保、土壤肥力明显改善、稳产高产能力显著提升的目标。

### 1.3 小麦简耕覆盖高产高效关键技术和技术体系

1.3.1 指导思想与目标 小麦简耕覆盖高产高效技术以保水保土、培肥地力、节能高效、持续高产的简化栽培为主攻目标,以农艺与农机相结合为手段,采取机械化作业,秸秆粉碎覆盖还田、小麦免耕直播施肥为一体的简化栽培配套技术,最终达到简化农作程序、提高水肥等资源的利用效率、保护农田生态环境、提高粮食持续高产能力、降低生产成本、促进农民增收的目的。

通过以机械化玉米秸秆粉碎覆盖还田、小麦免耕直播为主要内容的小麦简化栽培措施技术集成和创新示范,初步建立了适合豫南雨养区生态条件和农作制度特点的小麦简化高效栽培技术体系,并为河南省及黄淮南片相应生态区大面积应用提供了示范样板和技术支撑。示范区小麦产量比实施前提高 5%~10%,水肥利用效率提高 5%~10%,节本增效合计 1 200~1 500 元/hm<sup>2</sup>。

1.3.2 关键技术 小麦简耕覆盖高产高效技术的核心是玉米秸秆粉碎覆盖还田和小麦免耕播种,因此,该模式的技术关键是做好秸秆覆盖还田条件下的整地播种和农机农艺的良好协作。其主要技术流程如下:

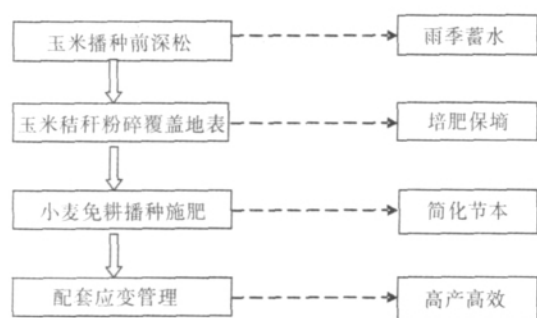


图 1 小麦免耕覆盖简化高产高效栽培技术流程

1.3.2.1 播种质量是关键 由于地表不平整、秸秆覆盖量过多或覆盖物分布不均等原因,会导致免耕播种时播深不一致,种子分布不均匀,甚至出现缺苗断垄等播种质量问题。要改进播种机性能,提高适应能力,播种前要检查地表状况,确定适宜的墒情和播种量。

1.3.2.2 农机农艺要配套 目前小麦免耕播种机类型较多,应根据不同区域不同土质、不同产量水平确定合理的种植模式,从农艺角度选择与之配套的

免耕播种机,避免由于农机农艺不配套对小麦出苗和后期群体形成造成不利影响。

#### 1.3.3 技术体系

1.3.3.1 玉米秸秆粉碎覆盖还田 人工收获玉米果穗后,趁青尽早进行秸秆粉碎还田。要求秸秆细碎、覆盖均匀,为下一步小麦免耕播种奠定良好基础。

1.3.3.2 小麦免耕播种施肥一体化 用免耕播种机一次完成破茬开沟、施肥、播种、覆土和镇压作业。半冬性冬小麦播期为 10 月 10—15 日,弱春性品种为 10 月 20—25 日。播种量应视具体情况而定,以保证基本苗数量。一般播量为 120~150 kg/hm<sup>2</sup>,小麦适宜播种深度一般在 3~4 cm,要求播种均匀,覆土严密。

1.3.3.3 田间管理技术 每公顷底施三元复合肥(N:P:K=15:15:15)750 kg。根据苗情,可在春季适当追肥,追肥量一般为尿素 120~150 kg/hm<sup>2</sup>。后期叶面喷洒 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 促进灌浆。病虫害防治同高产田管理。

## 2 小麦简耕覆盖高产高效技术应用的生态、经济、社会效益

### 2.1 生态效应

2.1.1 秸秆还田有效地提高了土壤有机质和养分含量 从 2007 年玉米播种开始进行秸秆覆盖与不覆盖的试验,分小麦/玉米两季秸秆覆盖还田、一季秸秆覆盖还田、秸秆不还田,每年进行土壤养分监测。从 2007—2010 年进行的养分测定结果来看(表 1),双季秸秆还田 0~20 cm 耕层各项土壤养分指标均有大幅度提高,尤其是速效钾和有机质,如西平县土壤有机质由 11.7 g/kg 提高到 15.0 g/kg,提高了 28.21%,速效钾由 58.70 mg/kg 提高到 93.10 mg/kg,提高了 58.60%;方城县速效磷由 15.30 mg/kg 提高到 18.90 mg/kg,提高了 23.53%。说明秸秆覆盖还田可明显提高土壤有机质和养分含量。

研究表明,在目前施用有机肥有限的情况下,秸秆还田是豫南雨养区实现小麦持续高产、培肥土壤的有效措施。

2.1.2 秸秆覆盖对小麦全生育期蓄水、保墒、抑蒸效果明显 从试验结果看(表 2),2 a 两地基本一致,秸秆覆盖蓄水、保墒、抑蒸效果最好,特别是小麦生长前期。小麦越冬期(以西平为例),2007—2008 年覆盖比常规翻耕越冬期耕层土壤含水量提高 0.9 个百分点,比旋耕提高 0.65 个百分点;2008—2009 年覆盖比常规翻耕耕层越冬期土壤含水量提高 2.22 个百分点,比旋耕提高 1.85 个百分点。

表 1 小麦/玉米两季秸秆还田示范田 0~20 cm 耕层土壤养分

%

年份	有机质/(g/kg)		速效钾/(mg/kg)		速效磷/(mg/kg)	
	方城	西平	方城	西平	方城	西平
2007	16.5	11.7	114.70	58.70	15.30	22.60
2010	18.3	15.0	131.30	93.10	18.90	25.20
2010 较 2007 增加/%	10.91	28.21	14.47	58.60	23.53	11.50

表 2 不同时期 0~20 cm 土壤耕层水分变化(西平) %

处理	2007—2008 年			2008—2009 年	
	越冬期	返青期	拔节期	越冬期	抽穗
覆盖	18.05	17.91	22.60	16.06	14.75
不覆盖	16.60	17.29	19.45	14.71	14.56
翻耕	17.15	17.40	19.45	13.84	14.37
旋耕	17.40	17.69	19.40	14.21	14.60

2.1.3 秸秆覆盖能提高水分利用效率,增产增效  
从多年小区试验平均产量结果看(表 3),覆盖处理产量比其他模式高,比传统翻耕方式略有增产,增幅为 2.36%,差异不显著。说明覆盖免耕直播条件下,配合适当的栽培技术措施完全可以实现和传统翻耕模式相当或更高的小麦产量水平,也说明提高了自然降水的利用效率。

表 3 不同耕作方式小麦产量及其三要素(西平)

处理	穗数/ (万穗/hm <sup>2</sup> )	穗粒 数/粒	千粒 重/g	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	增幅/ %
覆盖	642.0	28.8	46.8	7 360.5	2.36
不覆盖	628.5	26.1	48.3	7 123.5	-0.94
翻耕	663.0	26.5	44.7	7 191.0	—
旋耕	673.5	26.9	45.9	7 176.0	-0.22

## 2.2 社会经济效益

应用免耕覆盖模式,比秸秆粉碎还田翻耕和旋耕省去了耕地、耙地 3~4 次作业,节约成本 450~600 元/hm<sup>2</sup>,播种施肥一次性作业可节省 1 个人工(750~900 元/hm<sup>2</sup>),合计节本 1 200~1 500 元/hm<sup>2</sup>,显现了简化农事操作程序、节本增效的经济效益。

表 4 免耕覆盖与秸秆粉碎翻耕旋耕方式  
生产作业费用比较 元/hm<sup>2</sup>

项目	秸秆粉碎	整地	播种	合计
免耕覆盖	450	—	600	1 050
秸秆粉碎翻耕	450	900	300	1 650
秸秆粉碎旋耕	450	750	300	1 500

我国“三农”问题的核心是增加农民收入,而农业高成本是制约我国农产品竞争力和农民增收的重要因素。传统耕作需要翻耕、耙耨、播种、施肥、中耕除草、秸秆运出等十几道工序,作业繁多、用工量大、

能耗高。简化栽培技术实施少免耕,工序比传统耕作减少一半以上,效率高、用工少、能耗低,显著降低生产成本,可以实现节本、简化、高产高效的目标。在西平县、南阳市免耕覆盖示范田和邻近大田调查,实际产量免耕覆盖模式与旋耕方式相比,平均小麦产量分别增加 3.47%~8.71%,实现了节本高产高效的目的。2008—2009 特大干旱年份,设在西平县盆尧乡于营村的小麦免耕覆盖简化高效栽培技术百亩示范方,一水未浇产量达到 9 972.0 kg/hm<sup>2</sup>(实打验收)。在南阳方城县赵河镇中锋村,同一块地连续 3 a 实现小麦产量超 9 750 kg/hm<sup>2</sup>,最高 11 028.0 kg/hm<sup>2</sup>,达到了蓄水保墒、节水抗旱、培肥地力、高产高效的综合效果。

表 5 免耕覆盖与旋耕模式的小麦产量对比 kg/hm<sup>2</sup>

模式	地点	2007— 2008 年	2008— 2009 年	2009— 2010 年	2010— 2011 年
免耕覆盖	西平	7 425.0	8 493.0	9 972.0	10 083.0
	方城	7 161.0	7 473.0	10 432.5	11 028.0
	平均	7 293.0	7 983.0	10 202.2	10 555.5
旋耕耕作	西平	7 230.0	7 998.0	9 472.5	9 601.5
	方城	6 867.0	7 240.5	9 685.3	9 812.0
	平均	7 048.5	7 618.5	9 578.9	9 706.7

## 3 适宜区域及推广前景

河南省国家粮食核心区建设的目标和小麦生产、生态实际,需要集成创新节水抗旱、节本简化的高产高效生产技术,为河南省小麦生产的持续稳产高产提供技术支撑。缺水和干旱是制约河南小麦生产的最重要因素,该技术的实施有利于减轻缺水和干旱造成的不利影响,增强抵御旱灾的能力。该技术有效解决了秸秆利用问题,收到了改良培肥地力、提高水肥利用效率、构建循环农业体系、高产高效和持续增产的效果。农村劳动力向城镇的大量转移,造成农业实际劳动力严重不足,该技术的实施简化了农事操作程序、节本减投,使农民既增产又增收,有利于调动农民的种粮积极性。符合目前高产高效栽培、循环农业和可持续农业的技术发展趋势,有利

于构建粮食高产、资源高效、环境友好的农作物简化高产高效栽培技术体系,提高自然降水利用率和土壤肥力,增强抗旱减灾能力和区域小麦生产能力,为河南省和我国黄淮平原南片雨养农业区小麦生产的持续稳产增产提供有力的技术支撑,是该区域农业可持续发展的重要途径和发展方向之一。

#### 参考文献:

- [1] Langdale G W. Corn yield reduction on eroded Southern Piedmont soils[J]. Soil Water Conserv, 1979, 34: 226-228.
- [2] 张桃林,李忠佩,王兴祥. 高度集约化农业利用导致的土壤退化及其生态环境效应[J]. 土壤学报, 2006, 43(5): 843-850.
- [3] 高旺盛,陈源泉,段留生,等. 中国粮食主产区农田生态健康问题与技术对策探讨[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(1): 89-91, 111.
- [4] Baker C J. No-tillage seeding, science and practice[M]. Wallingford, Oxon, U K: CAB International, 1996.
- [5] Rolf Derpsch. Historical review of no-tillage cultivation of crops. [C]// RCAS Working Report, 1998, 1-181.
- [6] 李新举,张志国,邓基先,等. 免耕的土壤生态环境效应[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(4): 520-526.
- [7] 贾树龙,任图生. 保护性耕作研究进展及前景展望[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 152-154.
- [8] 杨学明,张晓平,方华军,等. 北美保护性耕作及对中国的意义[J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 335-340.
- [9] FAO. Conservation Agriculture [EB/OL]. [2010-10] <http://www.fao.org/ag/magazine/0110sp.htm>, 2001210/2004208215.
- [10] 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1-4.
- [11] 张海林,高旺盛,陈阜,等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 16-20.
- [12] 高旺盛. 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2702-2708.
- [13] Cannell R Q, Hawes J D. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates[J]. Soil Tillage Res, 1994, 30: 245-282.
- [14] Reeves D W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems[J]. Soil Tillage Res, 1997, 43(122): 131-167.
- [15] Arshad M A. Tillage and soil quality, tillage practices for sustainable agriculture and environmental quality in different agroecosystems [J]. Soil Tillage Res, 1999, 53(1): 1-2.
- [16] Campbell R B. Conservation tillage for soybean in the U. S. southern coastal plain[J]. Soil and Tillage Research, 1984, 4: 531-541.
- [17] Lindwall C W. Rotation, tillage and seeder effects on winter wheat performance and soil moisture regime[J]. Can J Soil Sci, 1995, 75: 109-116.
- [18] Triplett G B. Tillage system for cotton on silty upland soil[J]. Agronomy Journal, 1996, 88(4): 507-512.
- [19] López M V, Arrúea J L, Sánchez Girónb V. A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón[J]. Soil and Tillage Research, 1996, 37: 251-271.
- [20] 高旺盛,陈源泉,梁龙. 论发展循环农业的基本原理与技术体系[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(6): 731-734.