



秸秆综合利用 技术手册


王飞 李想 主编

JIEGAN ZONGHE LIYONG JISHU SHOUCHE



农业部农业生态与资源保护总站 组编



 中国农业出版社

秸秆综合利用技术手册

农业部农业生态与资源保护总站 组编

王飞 李想 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

秸秆综合利用技术手册 / 王飞, 李想主编; 农业部
农业生态与资源保护总站组编. —北京: 中国农业出版
社, 2015. 11

ISBN 978-7-109-21226-8

I. ①秸… II. ①王… ②李… ③农… III. ①秸秆—
综合利用—手册 IV. ①S38-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 291261 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 王森鹤

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/32 印张: 7.875

字数: 200 千字

定价: 24.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编 委 会

主 任 王衍亮

副主任 王久臣 杨礼胜 李少华

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 飞 方 放 田宜水 李 想

李景平 强少杰

编 写 人 员

主 编 王 飞 李 想

副主编 (按姓氏笔画排序)

石祖梁 田宜水 毕于运 常志州

编 者 (按姓氏笔画排序)

于建光 王 飞 王亚静 王红彦

石祖梁 田宜水 毕于运 刘 嘉

孙仁华 孙恩惠 李 想 张振华

武国峰 罗 娟 黄红英 常志州

前 言



农作物光合产物一半在籽实，一半在秸秆。据测算，将我国现有农作物秸秆有效利用，相当于在现有基础上净增 20% 左右的农业资源。伴随着我国粮食生产取得“十一连增”的历史成就，农作物秸秆量也随之增加。截至 2013 年年底，我国秸秆理论资源量达到 9.64 亿 t，可收集量 8.19 亿 t，目前全国尚有 22% 的秸秆没有得到有效利用，秸秆地区性、季节性、结构性过剩现象严重。开展农作物秸秆综合利用事关保护耕地地力、农业面源与大气污染防治、转变农业发展方式和农业可持续发展，是农业部“一控两减三基本”的重要内容之一，是当前“三农”工作的难点和热点问题。

在有关部门的大力推动下，秸秆由过去仅用于农村生活能源和牲畜饲料，已拓展到肥料化、饲料化、燃料化、原料化和基料化“五料化”利用领域。为指导各地推广实用成熟的秸秆综合利用技术，推动秸秆综合利用产业化发展，国家发展和改革委员会会同农业部于 2014 年 11 月 24 日印发了《秸秆综合利用技术目录（2014）》。为配合此目录的发布，我们编制了《秸秆综合利用技术手册》。本书从技术原理、技术流程、工艺参数、技术操作要点、注意事

项、适宜区域和典型案例等方面详细介绍了秸秆“五料化”和“收储运”的20项技术，以期为从事秸秆综合利用的行政管理和技术人员提供帮助，并为高等院校、科研院所从事相关行业研究的人员提供参考。

本书在广泛征求相关专家、秸秆综合利用一线工作人员意见的基础上，经过多次讨论和修订后定稿。由于专业知识水平与时间有限，书中难免存在疏漏与不当之处，有待于今后进一步研究完善，也敬请读者和同行批评指正，并提出宝贵建议，以便我们及时修订。

编 者

2015年11月14日

目 录



前言

第一章 秸秆肥料化利用技术	1
一、秸秆直接还田技术	1
(一) 秸秆机械混埋还田技术	1
(二) 秸秆机械翻埋还田技术	10
(三) 秸秆覆盖还田技术	16
二、秸秆腐熟还田技术	28
三、秸秆生物反应堆技术	34
四、秸秆有机肥生产技术	44
参考文献	49
第二章 秸秆饲料化利用技术	52
一、秸秆青(黄)贮技术	52
二、秸秆碱化/氨化技术	57
三、秸秆压块(颗粒)饲料加工技术	62
四、秸秆揉搓丝化加工技术	65
五、秸秆微贮技术	68
参考文献	75
第三章 秸秆基料化利用技术	77
一、秸秆基料食用菌种植技术	77
(一) 秸秆栽培草腐生菌类技术	77

(二) 秸秆栽培木腐生菌类技术	88
二、秸秆植物栽培基质技术	98
参考文献	112
第四章 秸秆燃料化利用技术	116
一、秸秆固化成型技术	116
二、秸秆热解气化技术	131
(一) 秸秆气化技术	131
(二) 秸秆干馏技术	142
三、秸秆沼气生产技术	148
(一) 户用秸秆沼气生产技术	148
(二) 大中型秸秆沼气生产技术	153
参考文献	164
第五章 秸秆原料化利用技术	166
一、秸秆人造板材生产技术	166
二、秸秆复合材料生产技术	173
三、秸秆清洁制浆技术	188
(一) 有机溶剂制浆技术	189
(二) 生物制浆技术	193
(三) DMC 清洁制浆技术	195
(四) 制浆废液资源化利用技术	198
四、秸秆块墙体日光温室构建技术	199
五、秸秆容器成型技术	209
参考文献	218
第六章 秸秆收储运技术	222
一、秸秆收储运模式	222
(一) 分散型秸秆收储运模式	223

(二) 集约型秸秆收储运模式	225
二、秸秆收储运设备	227
(一) 秸秆收集设备	229
(二) 秸秆运输设备	235
(三) 秸秆储藏技术	236
三、案例分析	239
参考文献	240

第一章 秸秆肥料化利用技术

农作物秸秆除富含碳水化合物外，还含有氮、磷、钾及钙、镁、硅等植物生长必需或有益的元素，秸秆肥料化利用，将秸秆归还农田，不仅可起到改良土壤、增加土壤固碳等作用，还可以弥补因作物生长养分吸收引起的土壤矿质养分缺失，秸秆肥料利用已成为秸秆资源化最重要的技术途径，它主要包括秸秆直接还田、秸秆腐熟还田、秸秆反应堆还田与秸秆生产有机肥还田技术。

一、秸秆直接还田技术

(一) 秸秆机械混埋还田技术

1. 技术原理

秸秆机械化混埋还田技术，就是用秸秆切碎机械将摘穗后的玉米、小麦、水稻等农作物秸秆就地粉碎，均匀地抛撒在地表，随即采用旋耕设备耕翻入土，使秸秆与表层土壤充分混匀，并在土壤中分解腐烂，达到改善土壤的结构、增加有机质含量、促进农作物持续增产的一项简便易操作的适用技术。秸秆机械化混埋还田较传统的沤制还田省去了割、捆、运、铡、沤、翻、送、撒等多道工序，可以大大提高工作效率，减轻劳动强度，争抢农时，具有很好的社会效益和经济效益。

2. 工艺流程

秸秆机械混埋还田可分为水田秸秆机械混埋还田和旱地秸秆机械混埋还田，其中水田主要农作物有水稻、小麦、油菜等，旱田主要农作物有玉米、小麦、大豆等。

水稻-小麦（油菜）轮作秸秆还田技术：具体流程为收割机

机收小麦（油菜）→秸秆粉碎+均匀抛洒→放水浸泡 24h→底施氮肥→机械旋耕埋草→施复混肥→平整土地→水稻种植（机插、摆栽、抛秧、人工插秧）；收割机机收水稻→秸秆切碎+均匀抛洒→施基肥→反转灭茬机旋埋秸秆（或普旋两次）→小麦机械条播或摆播（油菜机直播或机械移栽）→机械镇压→机械开沟。

玉米-小麦轮作秸秆还田技术：具体流程为玉米人工穗摘（或机械收获同步粉碎）→秸秆机械粉碎→撒施底肥和杀虫、杀菌剂→施耕两遍→圆盘播种机进行小麦机械条播→机械镇压→机械开沟；收割机机收小麦→秸秆粉碎+均匀抛洒→施底肥→玉米机械播种→镇压→机械开沟。

3. 设备选型、工艺参数

秸秆机械混埋还田技术主要相关机械包括：①小麦（油菜）收割机、水稻收割机、玉米收割机；②秸秆切碎+抛撒装置；③秸秆还田机、秸秆粉碎机；④反转灭茬机、旋耕机、重型圆盘耙；⑤小麦施肥播种一体机、玉米精量播种机、水稻插秧机、油菜移栽机或直播机；⑥镇压器；⑦开沟机等。上述部分机具的具体性能、规格见表 1-1、表 1-2 和表 1-3。

4. 技术要点

（1）作物收获时，采用安装有秸秆切碎装置的联合收割机，在进行收获作业的同时，同步进行秸秆切碎和抛撒（图 1-1；图 1-2），要求秸秆粉碎长度小于 8cm。若联合收割机上没有安装秸秆切碎装置，则需用秸秆粉碎机再次下地把收获后落于地面的秸秆切碎并抛撒开。

（2）秸秆灭茬时，采用大、中型旋耕机械进行整地作业，旋耕深度 $>12\text{cm}$ 。为使秸秆与肥、土搅拌均匀，采用反转灭茬机作业一遍效果较好（图 1-3），或正转灭茬机旋耕两次，沿江高沙土地地区可采用正转灭茬机进行作业。同时，精细整地，达到土碎地平，为作物播种或移栽创造条件。

（3）秸秆还田时间要适当，适度湿润且有良好的通气条件才能促进秸秆腐解。一般在农作物收割后应立即进行秸秆还田，避

表 1-1 麦、油秸秆还田机械化作业模式部分机械及配套参数

轮作方式	机具名称	型号	工作参数	配套动力	备注	产地
小麦	小麦收割机	雷沃谷神 GN70	割幅 4.57m, 喂入量 7kg	160 马力*	自走式	山东
		沃得 DX60	割幅 4.57m, 喂入量 6kg	140 马力	自走式	江苏
秸秆切地装置		约翰迪尔 C100	割幅 4.57m, 喂入量 6kg	140 马力	自走式	黑龙江
		金湖华伟	纵轴流系列	收割机动力	悬挂式	江苏
油菜	油菜收割机	星光至尊 4LZY-2.0S 型	工作幅宽 2m, 喂入量 2kg	75 马力	自走式	浙江
		碧浪 4LZ(Y)-1.8	工作幅宽 2.18m, 喂入量 2.5kg	≥75 马力	自走式	浙江
小麦 (油菜)-水稻		柳林 4LYZ-1.2	割幅 2.3m, 喂入量 ≥4.32kg/s	≥70 马力	自走式	浙江
		云港 1GKND-300	耕幅 2.4m, 耕深 15~20cm	80 马力	悬挂式	江苏
水稻	旋耕机	中天龙舟 1GQNZ-180	耕幅 1.8m, 耕深 12~20cm	55 马力	履带自走式	湖南
		1BPSQ-300 旋耕耙平地机	耕幅 1.2m, 耕深 16cm	70 马力	悬挂式	吉林
水稻插秧机		谷王 2ZGQ-6	乘坐式, 工作 6 行, 行距 30cm	20 马力	自走式	安徽
		洋马 VP6	乘坐式, 工作 6 行, 行距 30cm	10 马力	自走式	江苏
水稻摆秧机		久保田 NSD8	乘坐式, 工作 8 行, 行距 30cm	21 马力	自走式	江苏
		井关 PZ60	乘坐式, 工作 6 行, 行距 30cm	16 马力	自走式	江苏
水稻	水稻摆秧机	2ZB-6(RX-60AM)	乘坐式, 幅宽 1.89m, 行数 6 行	8 马力	自走式	江苏
		2ZCY-430 型半钵苗插秧机	工作 4 行, 行距 30cm	3.5 马力	手扶式	吉林

* 马力为非法定计量单位, 1 米制马力(ps)=0.7354987 千瓦(kW)。——编者注

表 1-2 水稻秸秆还田机械化作业模式部分相关机械及配套参数

轮作方式	机具名称	型号	工作参数	配套动力	备注	产地
水稻-小麦 (油菜)	水稻收割机	久保田 PRO888GM	工作 5 行,幅宽 1.72m	88 马力	自走式\半喂入	江苏
		洋马 AG600	工作 4 行,幅宽 1.4m	60 马力	自走式\半喂入	江苏
	水稻-小麦 (油菜)	常发锋凌 4LB-150	工作 4 行,幅宽 1.5m	65 马力	自走式\半喂入	江苏
		久保田 PRO688Q	工作幅宽 2m,喂入量 2.5kg	68 马力	自走式\全喂入	江苏
	反转灭茬机	洋马 AW70(4LZ-2.5)	工作幅宽 2m,喂入量 2.5kg	70 马力	自走式\全喂入	江苏
		1GFM-250	耕幅 3m,耕深 25cm	85~100 马力	悬挂式	江苏
	小麦播种机 (油菜)	1GKF-200	耕幅 2m,耕深 20cm	70~90 马力	悬挂式	江苏
		亚澳 SGTNB-220Z5/9	耕幅 2.2m,工作 9 行,配备旋耕、播种、施肥、镇压、掏草刀装置	65~80 马力	牵引式	陕西
		农哈哈 2BXF-16 机	作业 16 行,行距 22cm;配备圆盘式开沟器、覆土器、镇压器	30~50 马力	悬挂式	河北
		小麦摆播机	作业幅宽 1.2m,均匀摆播	15 马力	悬挂式	江苏
油菜移栽机	富来威 ZZQ-4	幅宽 1.6m,作业 4 行	20~50 马力	牵引式	江苏	
	ZYL-4 型链夹式移栽机	作业幅宽 1.5~3m,作业 4 行	50 马力	牵引式	江苏	
油菜直播机	云马 2BF-4Y	幅宽 1m,作业 4 行	17 马力	悬挂式	江苏	
	丹凤 2BGY-4	幅宽 1.2m,作业 4 行,窝眼式排种	15 马力	悬挂式	江苏	
开沟机	镇压器	作业幅宽 1.5m	15~20 马力	自走式	江苏	
	振云 1KH-35	耕深 28~35cm	50~100 马力	悬挂式	江苏	
	民安开沟机	前置式,沟深 13~18cm	12~22 马力	悬挂式	江苏	

表 1-3 玉米秸秆还田机械化作业模式部分相关机械及配套参数

轮作方式	机具名称	型号	工作参数	配套动力	备注	产地
玉米-小麦	玉米收割机	福田雷沃谷神 C1603(4YZ-3)	工作幅宽 2m, 工作 3 行, 行距 68cm; 中置还田机	110 马力	自走式	山东
		久保田 PRO-106Y	工作幅宽 2.4m, 工作 3 行, 行距 60~80cm; 中置还田机	105 马力	自走式	江苏
		牧神 4YZB-4	工作幅宽 2.68m, 工作 4 行, 行距 40~75cm; 中置秸秆还田机	110 马力	自走式	新疆
		东方红 4YZ-4(7300)	工作幅宽 2.4m, 不对行; 中置秸秆粉碎还田机	110 马力	自走式	河南
	秸秆粉碎还田机	美迪 4YW-3 背负式	工作幅宽 2m, 工作 3 行, 行距 55cm; 后置秸秆粉碎机	>50 马力	自走式	河北
		开元王 1JQ-172	工作幅宽 1.72m, 甩刀 46 把或直刀 102 片	60~70 马力	悬挂式	河北
		玉丰之王 4JGH-1.8	工作幅宽 1.8m, 锤爪式、刀式	60~90 马力	悬挂式	山东
		豪丰 4J-250(B)	工作幅宽 2.5m, 锤爪式	90~100 马力	悬挂式	河南
	圆盘耙	格兰 FX320 秸秆还田机	工作幅宽 3.2m, 配通用型短刀、通用型长刀、飞锤刀片	120 马力	悬挂式	国外
		德沃 1JH-280 秸秆粉碎还田机	工作幅宽 2.8m, 锤爪式	≥80 马力	悬挂式	黑龙江
		农哈哈 1JHY-150 秸秆还田机	工作幅宽 1.5m, 锤爪、甩刀、弯刀	65 马力	悬挂式	河北
		沱河 1BJ-3.0	工作幅宽 3m, 作业深度 14cm	120~140 马力	悬挂式	山东
旋耕机	澳亚 1GKNBM-220	耕幅 2.2m, 耕深 8~18cm	80~100 马力	悬挂式	陕西	
	圣和开元王 1GQN-230	耕幅 2.3m, 耕深 12~18cm	80~90 马力	悬挂式	河北	
	东方红 1GQN-230KD	耕幅 2.3m, 耕深 12~16cm	80~90 马力	悬挂式	河南	
小麦播种、施肥、旋耕、镇压、开沟、收割机械同表 1						
玉米精量播种机	海轮王 2BJG-3	铧式播种开沟器、铲式施肥开沟器、圆盘覆土器, 3 行, 行距 60~65cm	≥25 马力	牵引式	黑龙江	
播种机	马斯奇奥 MT 系列	配置播种、施肥、镇压系统, 6 行, 行距 45~75cm	100 马力	牵引式	山东	
	雷沃 12 行精量免耕施肥播种机	可监控播种情况、堵塞、漏播现象, 并可实现 GPS 自动驾驶	180 马力	牵引式	山东	

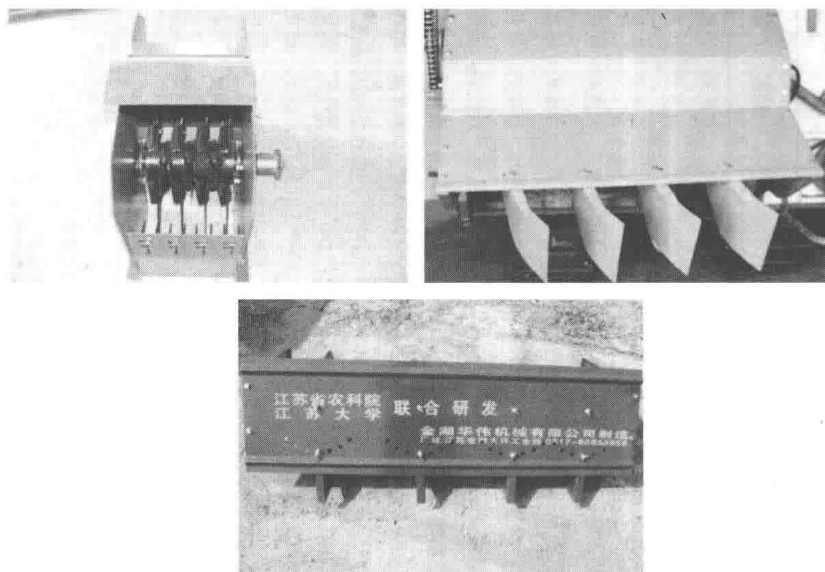


图 1-1 全喂入和半喂入收割机配备的秸秆切碎和均匀抛撒装置

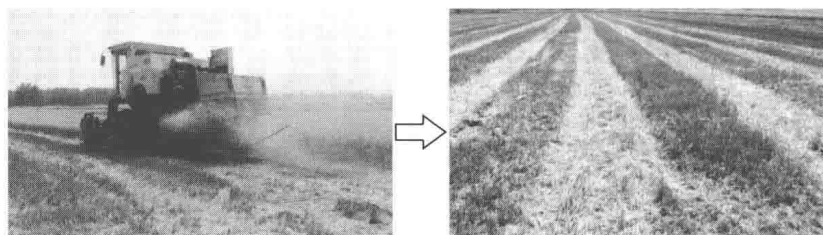


图 1-2 配备秸秆切碎抛洒装置的收割机田间作业效果

免秸秆水分损失致使不易腐解。如玉米在不影响产量的情况下，应及时摘穗，趁秸秆青绿、含水率 30% 以上时粉碎旋理。秸秆腐解的土壤水分含量应掌握在田间持水量的 60% 时为适合，若土壤水分不足，应及时灌溉补水，以促进秸秆腐解，释放养分，供作物吸收。

(4) 施肥。秸秆还田初期往往会发生微生物与农作物争夺速效养分，特别是氮肥的现象，使农作物黄苗不发，如玉米秸秆腐

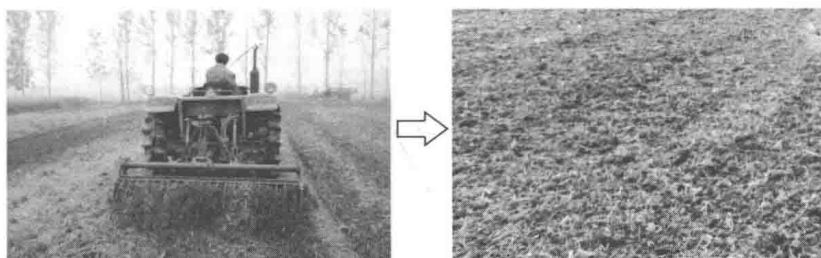


图 1-3 反转灭茬机田间作业效果

解所需的碳、氮、磷的比例为 100 : 4 : 1 左右。因此,要秸秆还田的同时应补施一定量的氮肥和磷肥,促进秸秆腐烂分解。一般每亩* 还田 500kg 秸秆时,需补施 4.5kg 纯氮和 1.5kg 纯磷。

5. 注意事项

由于轮作制度不同,应针对秸秆还田后出现的问题,选择适宜的机械,配套适宜不同作物种植的栽培技术,促进作物生长发育,达到高产、稳产的目标。

(1) 玉米秸秆还田后使土壤中的作物纤维增加,为保证下茬小麦播种质量,应采用双圆盘开沟器播种机,其优点是靠圆盘刃滚切土块和残留在土壤浅层的秸秆,避免秸秆堵塞开沟器,而出现田间缺苗断垄的现象。玉米秸秆在土壤中腐解时需水量较大,因此要适时浇好封冻水,春季要适时早浇头水,促进秸秆腐解,防止与苗争水,保证作物正常发育。

(2) 稻茬麦(油菜)播种方式应根据土壤墒情和整地质量进行选择,墒情适宜且整地质量好的地区可选用机条播,并适度加大行距;土壤墒情和整地质量较差的地方应大力推广机械匀摆播技术。同时在水稻秸秆大量还田后,也会造成土壤透风失墒严重、小麦(油菜)根系发育不良、冬春冻害死苗严重等现象。因此,秸秆混埋条件下小麦(油菜)播种后,采用麦田镇压器工作一次进一步压实土壤,可避免麦苗(油菜)架空和根部漏风状

* 亩为非法定计量单位,1 亩 \approx 667 米² (m²)。——编者注

况，有利于增加出苗率和提高产量（图 1-4）。机开沟应在土壤墒情适宜的条件下进行，土壤含水量过高，不利于沟泥匀散，且因机轮深陷毁坏田面，影响出苗。

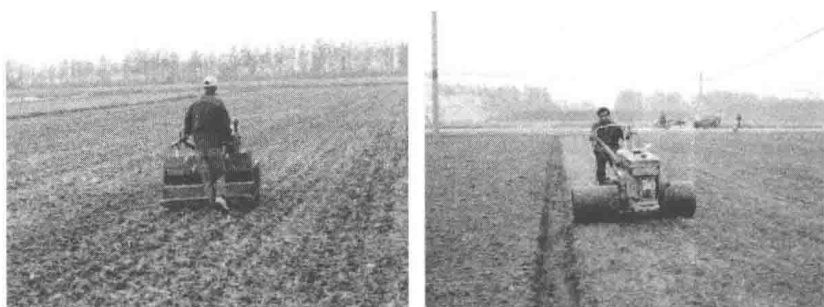


图 1-4 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所研制的小麦带状匀播机和麦田镇压器

（3）水田小麦秸秆均匀摊铺、施入基肥后，要及时放水泡田，浸泡时间以泡软秸秆、泡透耕作层为度。一般浸泡 12h 秸秆软化，壤土田块浸泡 24h，黏土田块浸泡 36~48h。选用新型机械正旋埋草、带水旋耕，一方面有利于减轻机械负荷和动力消耗；另一方面也提高了旋耕埋草田面的平整度。作业时采取横竖两遍作业，同时严格控制水层，以田面高处见墩、低处有水，作业时不起浪为度，防止秸秆飘浮，影响压草整地效果。秧苗栽插方式可以选用抛秧、钵苗摆栽、手工栽插、机插秧等方式（图 1-5）。秧苗返青后要干干湿湿，浅水勤灌，适时烤田，防止还原性有害物质过多积累而造成水稻僵苗不发。

6. 适宜区域

此项技术适宜于长江中下游一年两熟制的水稻-小麦轮作区、水稻-油菜轮作区，如江苏、安徽、湖北、四川、浙江、江西等部分地区；华北平原一年两熟制的小麦-玉米轮作区，如河南、河北、山东、山西等部分地区。

7. 典型案例

模式 1：水稻秸秆旋耕混埋还田+小麦种植