

程玉龙,张礼钢,翟步顺,等. 小麦种植不同耕作措施的对比[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):106-108,114.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.031

# 小麦种植不同耕作措施的对比

程玉龙<sup>1</sup>, 张礼钢<sup>1</sup>, 翟步顺<sup>2</sup>, 缪东平<sup>2</sup>, 包金峰<sup>2</sup>, 缪昌根<sup>2</sup>

(1. 农业部南京农业机械化研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省泰州市姜堰区农机化技术推广服务站, 江苏泰州 225500)

**摘要:** 试验共设置稻秸秆半量耕翻还田(THS)等6种不同处理,通过小区试验比较小麦不同耕作措施的作业效果,并结合不同稻秸还田量分析其对小麦播种深度、田间密度、根深、产量的影响。结果表明,6种不同处理的播种深度差异不显著,均能完成播种作业;少免耕、秸秆覆盖还田能够促进小麦分蘖,可适当减少用种量;土壤耕翻有利于小麦根系前期生长,后期则不如土壤少免耕种植;长期进行浅旋耕作业已成为限制小麦产量的因素之一,应大力发展和推广保护性耕作技术,择期进行深松或深翻处理更有利于小麦增产。

**关键词:** 耕作; 秸秆; 小麦; 播种深度; 根深; 产量

**中图分类号:** S512.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0106-03

土壤质量与所采取的耕作方式有着密切关系,合理的耕作方式可使土壤质量处于较高水平,使其保持健康、稳定、可持续利用的状态<sup>[1]</sup>。小麦种植方式多种多样,但其耕作环节始终为旋耕、翻耕、免耕3种类型,我国正不断进行耕种模式的创新以推行秸秆还田。旋耕最适于秸秆全量还田,且作业程序最为简捷,较为典型的复式作业机具为拖拉机,下地作业1次便能完成施肥、旋耕、播种。翻耕是将表土翻至耕作层的底层,同时将秸秆翻埋,再经碎土后才能完成播种作业,犁旋一体机的出现虽减少了作业环节,但其动力消耗较大,且秸秆会对作业过程造成不利影响。免耕播种技术正逐步发展成熟,现已克服种子入土难等问题,可基本保证小麦的播种质量;相关研究结果表明,免耕比翻耕更有利于表层土壤有机质和全氮的积累、土壤容重的降低,且免耕、秸秆半量覆盖还田与其他耕作措施相比均有明显的增产效果<sup>[2-3]</sup>。

## 1 材料与与方法

目前,水稻种植区的秸秆还田主要以浅旋耕方式为主,免耕覆盖、耕翻还田所占比例相对较小。针对小麦种植不同耕作方式、稻秸秆还田量,于江苏省泰州市顾高镇夏庄开展小区对比试验。

### 1.1 试验设计

试验前已连续4年采取全幅旋耕的方式种植小麦;采取早旋耕、放水泡田后直接使用机插秧的方式种植水稻。

试验共设6个处理,每个处理3次重复,小区长4 m、宽23 m,采用随机区组排列。供试小麦品种为大华镇麦168,千粒质量为39.933 g。供试土壤为中性壤土,播种前采用环刀法测得0~20 cm土层的土壤容重为1.425 g/cm<sup>3</sup>。各试验处

理(表1)的播种行距均为20 cm;带状旋耕全量还田(LRS)处理的单行条耕宽度为13~14 cm、未耕宽度为6~7 cm;免耕半量还田(NTHS)处理及免耕全量还田(NTS)处理的单行条耕宽度为5~6 cm、未耕宽度为14~15 cm,条耕设计深度为9 cm,实际耕深3~6 cm。

表1 试验设计

试验处理	秸秆还田量 (kg/hm <sup>2</sup> )	耕深(cm)
翻耕半量还田(THS)	4 500	翻耕 15~18
免耕半量还田(NTHS)	4 500	土壤无扰动
翻耕全量还田(TS)	9 000	翻耕 15~18
免耕全量还田(NTS)	9 000	土壤无扰动
带状旋耕全量还田(LRS)	9 000	带状旋耕 8~12
全幅旋耕全量还田(RS)	9 000	全幅旋耕 8~12

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1 作业效果 观察并记录各处理小麦出苗早晚、幼苗长势强弱、缺苗程度、地表秸秆覆盖量、分布均匀度等情况,以此描述作业效果。

1.2.2 覆土深度 小麦返青起身后,表层土壤已被自身质量沉积压实,此时将其根系轻轻拔出,测量种子的埋土深度,每个小区测10个样点(即每种处理测30个样点)。

1.2.3 苗密度 于播种130 d后测量苗密度,每个小区选择1个测量样点,在1个播种幅宽(6行)中测量各行1 m长度内的小麦株数(即每种处理测量18行),目测所有样点是否无明显缺苗现象。

1.2.4 根系集中区深度 分别于拔节期(2014年4月2日)、小麦灌浆期(2014年5月13日)2次测量根系集中区深度,每个小区选择3个样点。第1次测量将同样株数(10株)的小麦取出,用水清洗后测量其根系长度,以10条根系以上(含10条)部分的根长作为根系集中区深度值。第2次测量以植株行中心为中间点,在垂直植株行的水平方向观察15 cm宽度内的根系数目,以15条根系以上(含15条)部分的根长作为根系集中区深度值,再分2次向前轻轻剥落2 cm土层,先后形成3个竖直面,以量取的最大值作为观察值。

1.2.5 产量 在收割前每个小区随机选取3个样点,目测各

收稿日期:2014-08-18

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD08B04);农业技术试验示范专项经费(农机)。

作者简介:程玉龙(1988—),男,河南周口人,硕士,从事农业装备工程技术研究。Tel:(025)58619529;E-mail:tkcyl@163.com。

通信作者:张礼钢,研究员,从事农业装备工程技术研究。Tel:(025)84440199;E-mail:n308@126.com。

样点的小麦是否均匀。人工收割各采样点  $1\text{ m}^2$  面积内的小麦,并分别进行人工脱粒、除杂,晾晒 2 d 后称其质量。LRS、RS 处理使用联合收割机收割,晾晒后统一称质量,取平均值作为比较对象。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2007 软件对试验数据进行初步整理和分析,并绘制图表;采用 SPSS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 作业效果比较分析

由播种 30 d 后田间的实际情况(图 1)可见,NTHS、NTS 处理出苗较早,长势良好,叶色浓绿,幼苗密度适当,较早达到基本苗数,无明显断行现象。NTHS 处理行间田面稻秸分布均匀,残茬清晰可见,未发现杂草萌发;NTS 处理稻秸及残茬 100% 覆盖于地表,平铺厚度较深,无杂草萌发。LRS 处理的地表秸秆量少于 NTHS 处理,且分布无序、不均匀,大部分掺杂于浅层土壤中,可发现少量杂草幼苗;RS 处理出苗较晚,幼苗长势不如 LRS 处理,且迟于 LRS 处理达到齐苗,地表有少量秸秆覆盖,分布较杂乱,杂草滋生较多。THS 处理与 TS 处理差异不大,出苗均相对较晚,幼苗长势最弱,苗密度最小,地表秸秆量极少,未发现杂草萌发。

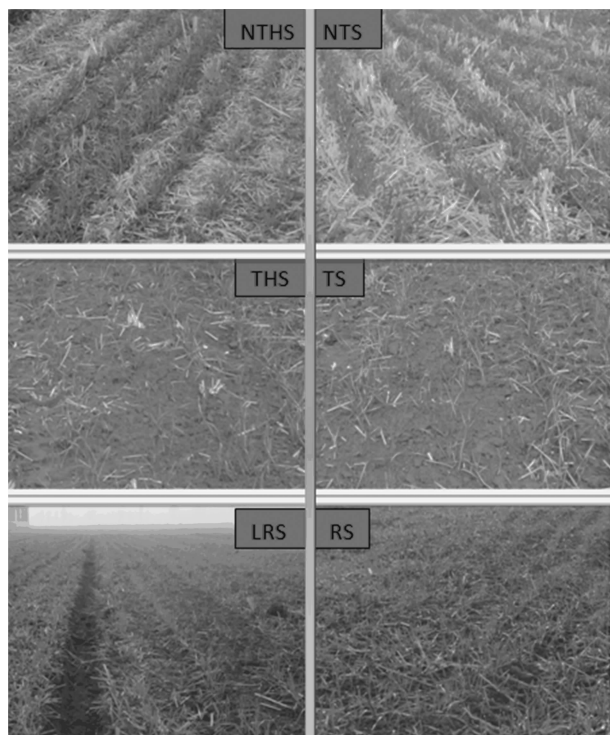


图1 各处理 30 d 作业效果

### 2.2 耕作措施、秸秆对播种深度的影响

在稻秸秆全量还田时,小麦播种深度以全幅旋耕最大,以带状旋耕最小;翻耕田的播种深度值大于免耕田(表 2)。播种深度在一定程度上受机器对土壤、秸秆扰动程度的影响,但影响不显著,6 种作业方式均能按照既定深度完成播种作业。

表 2 各处理的播种深度 mm

耕作措施	播种深度	
	秸秆半量还田	秸秆全量还田
翻耕	26.23 ± 8.32	25.87 ± 9.68
免耕	23.53 ± 8.91	24.57 ± 8.59
带状旋耕	—	24.10 ± 7.74
全幅旋耕	—	26.43 ± 8.44

利用 Fisher 提出的最小显著差异(LSD)方法,对 6 个样本间的平均值进行多重比较,检验其是否存在显著性差异,其中显著性水平  $\alpha = 0.05$ 。

$$LSD = t_{\alpha/2}(n-k) \sqrt{MSE \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}. \quad (1)$$

式中, $t_{\alpha/2}$ 是自由度为  $(n-k)$  的  $t$  分布临界值; $n_i$ 、 $n_j$  分别为第  $i$ 、第  $j$  个样本的容量。

经计算得组内均方  $MSE = 74.57318$ ,再根据自由度  $(n-k) = 180 - 6 = 174$ ,查  $t$  分布表得  $t_{\alpha/2}(n-k) = t_{0.025}(174) = 1.96$ ,由于样本容量均为 30,所以各 LSD 值均为 3.09。

$$LSD = 1.96 \times \sqrt{74.57318 \times \left( \frac{1}{30} + \frac{1}{30} \right)} = 3.09.$$

不同处理的平均值之差最大值为 2.90,均小于 3.09,所各处理的播种深度间差异不显著。

### 2.3 耕作措施、秸秆对小麦田间密度及分蘖数的影响

土壤耕作的主要目的是通过调整耕作层和地表状况,创造出适宜的土壤条件以保证作物种子的萌发和出苗,但是不同耕作模式对小麦田间密度影响较大。小麦苗密度受播种量、分蘖数的影响,所以以苗密度与播种量的比值作为小麦分蘖情况的评价指标,同时可反映小麦种子的发芽情况及成活率。

不同处理对小麦苗密度、苗种比的影响差异显著,各处理苗密度由大到小依次为 NTS、NTHS、TS、RS、THS、LRS;各处理苗种比由大到小依次为 NTS、NTHS、TS、LRS、RS、THS(表 3)。可见,免耕、秸秆覆盖还田更有利于小麦分蘖,翻耕、秸秆全量还田次之。受稻秸秆覆盖的影响,小麦分蘖期免耕田的地表气温高于翻耕田,从而促进小麦分蘖,增大小麦的苗密度。带状旋耕田与全幅旋耕田相比也呈现此特点,表明秸秆覆盖有利于小麦分蘖。

表 3 小麦田间密度参数

试验处理	密度[株/(m·行)]			播种量 (kg/hm <sup>2</sup> )	苗种比
	中位数	平均值	标准差		
THS	148.0	149.72	44.76	172.5	2.08
NTHS	207.5	208.33	42.62	187.5	2.66
TS	183.5	190.83	44.27	172.5	2.65
NTS	222.0	217.56	47.76	187.5	2.78
LRS	151.5	143.72	36.48	150.0	2.30
RS	145.5	156.94	40.44	172.5	2.18

## 2.4 耕作措施、秸秆对小麦根系生长的影响

在拔节期,THS、TS处理的根深值较大,表明土壤耕翻更有利于小麦苗期根系的生长;其次为免耕;旋耕田根系集中区深度值较小,这是由于旋耕方式使浅层土壤的草土比过高,不利于水分的保持及根系的生长。在灌浆期,免耕田小麦根系的长势优于翻耕田,且均比全幅旋耕田的根系长势好,带状旋耕田已经体现出少免耕田的优势,与全幅旋耕田相比优势明显。同为翻耕或免耕时,秸秆全量还田的根系集中区深度值大于秸秆半量还田(表4)。

表4 根长

试验处理	根系集中区深度(cm)	
	拔节期	灌浆期
THS	12.93	21.67
NTHS	11.93	23.78
TS	13.50	22.44
NTS	12.40	24.44
LRS	11.33	24.33
RS	11.53	20.67

## 2.5 耕作措施、秸秆对小麦产量的影响

LRS、RS处理是在小麦全部收割后统一测产的,其平均值为5250 kg/hm<sup>2</sup>,与往年采用全幅旋耕方式播种的产量极为接近。另外4种处理的小麦产量存在一定差异,其中全量免耕覆盖田(NTS)的产量最低,仅为6924.8 kg/hm<sup>2</sup>。THS、TS处理相比较,即同为耕翻还田时,稻秸秆半量还田比全量还田增产242.5 kg/hm<sup>2</sup>;NTHS、NTS处理相比较,即同为免耕覆盖时,稻秸秆半量还田比全量还田增产359.7 kg/hm<sup>2</sup>;THS、NTHS处理相比较,即同为半量还田时,耕翻还田比免耕覆盖还田增产162.8 kg/hm<sup>2</sup>;TS、NTS处理相比较,即同为全量还田时,耕翻还田比免耕覆盖还田增产280 kg/hm<sup>2</sup>(图2)。

以显著性水平 $\alpha$ 为0.05对各处理的产量值进行多重比较,最小显著差值为1620 kg/hm<sup>2</sup>,即图2中4种不同处理产量之间的差异均未达显著水平,但与LRS、RS处理的产量相比,各自之间的差异均达显著水平,这与梁淑敏等在成都平原对小麦产量的研究结果<sup>[4]</sup>不完全相同。

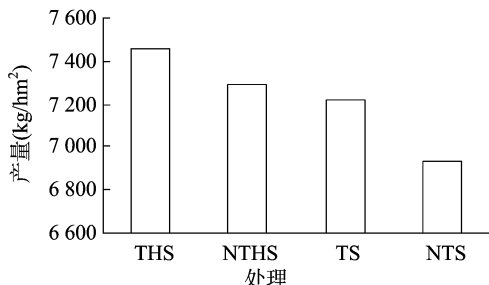


图2 不同处理的产量

秸秆还田量及耕作方式的不同可直接影响小麦产量。在本试验中,稻秸秆半量还田、翻耕作业是最有利于小麦增产的影响因子。周江明等研究证明,早稻秸秆半量(3000 kg/hm<sup>2</sup>)还田比晚稻更有利于产量的增加<sup>[5]</sup>。与翻耕作业、秸秆半量还田相比,免耕作业、秸秆全量还田虽略有减产,但与全幅旋耕作业相比,其增产幅度仍然明显。

## 2.6 因子交互作用分析

除了考虑耕作措施、秸秆对试验指标的影响,还应对两者

之间的联合搭配作用,即交互作用进行分析。不同试验指标受交互作用影响的程度不同,有的甚至可忽略不计。耕作措施、秸秆2个因子的互作效应对小麦田间密度、根深、产量的影响见图3。交互作用对田间密度和产量有着明显影响,对各时期根深值的影响则不明显;因此,在分析耕作措施、秸秆对田间密度、产量的影响时,应将二者的交互作用考虑在内;而在分析其对根系的影响时,可将交互作用忽略不计。

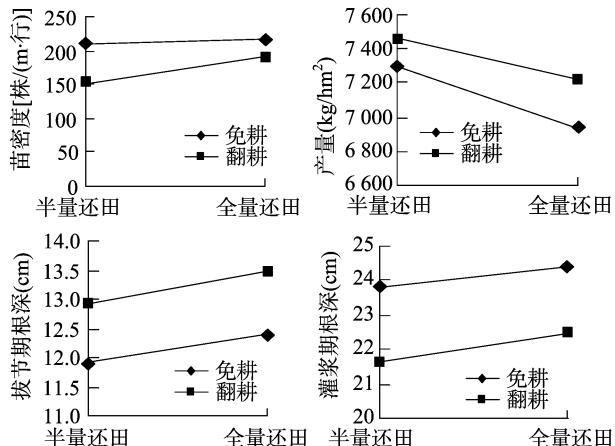


图3 耕作秸秆互作效应

采用免耕方式时,秸秆还田量对苗密度的影响并不明显;而采用翻耕方式时,苗密度随秸秆还田量的增加而显著增大。采用翻耕方式时,秸秆全量还田的产量低于半量还田;而采用免耕方式时,随着秸秆还田量的增加,产量下降更为明显。

## 2.7 相关性分析

经皮尔逊相关性检验结果可知,苗密度与播种量的相关系数为0.83107,而苗密度与苗种比的相关系数为0.93258,表明播种量在一定范围内变化时,小麦分蘖数对苗密度的影响更显著。苗密度与播种深度在播深区间内呈负相关,相关系数为-0.43623;苗密度与秸秆还田量呈一定正相关,即耕作方式相同时,秸秆全量还田比半量还田的苗密度值大。在拔节期,THS、TS处理的根深最大,与播种深度呈正相关,相关系数为0.4151。

## 3 结论与讨论

当地温润的气候、丰富的水资源为种子发芽提供了得天独厚的环境条件,但从小麦苗期至拔节期的一段时间内,土壤耕作的质量可直接影响作物的生长。与浅旋耕种植的小麦相比,免耕、翻耕种植的小麦在生长前期已凸显优势。

免耕田为保证基本苗数量,常增大播种量。事实上,播种后及时灌水便可保证小麦种子的发芽和出苗,甚至由于春冬季秸秆覆盖的增温作用可促进小麦分蘖,可以适当减少用种量。与翻耕田相比,免耕田灌浆期的根深优势并未促成产量优势,原因是该种植季雨水及灌溉水充足,水分不是限制小麦增产的因素。目前,实际生产中比例较大的是旋耕作业,应适当改变耕作方式以突破产量限制。在实施免耕处理前,最好对田块进行深松或深翻处理,不宜选择长期进行浅旋耕的田块进行免耕种植。保护性耕作的优势在于其长期效应,但短期内的试验也已证明,在管理得当的前提下,实施保护性耕

(下转第114页)

表3 不同处理下小麦籽粒产量及产量构成

处理	每穗粒数 (粒)	单位面积穗数 (穗/m <sup>2</sup> )	单株粒数 (粒)	空粒数 (粒)	千粒质量 (g)	产量 (g/m <sup>2</sup> )
CK	16.2 ± 0.5aA	749.0 ± 20.8abA	39.9 ± 0.7aA	4.3 ± 1.0cB	41.2 ± 0.8bB	884.0 ± 70.9aAB
W	15.3 ± 0.6bA	683.7 ± 29.7bcAB	36.2 ± 1.2bA	5.8 ± 0.5abAB	44.8 ± 1.7aA	809.3 ± 32.8bB
NT	16.3 ± 0.4aA	774.7 ± 59.4aA	39.4 ± 0.8aA	4.5 ± 0.8bcB	49.9 ± 0.5aAB	994.1 ± 49.9aA
WNT	15.1 ± 0.3bA	631.3 ± 22.5cB	37.3 ± 2.2abA	6.5 ± 0.3aA	43.0 ± 1.5bAB	724.9 ± 3.7bB

的叶面积,而在灌浆中后期叶片 SPAD 值却迅速降低,显著低于对照,说明增温处理虽然促进了小麦叶面积的增加,但其造成叶片早衰不利于光合产物累积,这可能是导致籽粒产量下降的重要因素之一。夜间增温(W、WNT)处理下,小麦氮、磷营养元素的转运量显著增加,但是转运率无明显差异,这可能是因为在冬小麦在夜间增温条件下促进了植物地上部生物量的累积,后期增温影响小麦的开花及有效分蘖,使得有效穗数降低,因此转运率并无明显变化。增温处理导致小麦单位面积有效穗数及产量均显著下降,这与房世波等的研究结果<sup>[11]</sup>相同。另外,气候变暖容易造成小麦冬前迅速生长,不利于过冬返青,花后气温太高,甚至出现高温胁迫,会降低冬小麦生物量、产量<sup>[12]</sup>。本研究发现,夜间增温使小麦生物量增加,但有效穗数减少,这可能是由于前期有效分蘖率降低,最终导致作物产量降低。此外,本试验增温处理时间为每天 19:00 至次日 06:00。由于增温反光膜不透光,因此在 12 月底和 1 月初白昼最短之时进行盖膜增温,可能减短了增温时间,对农作物后期生长产生潜在不利影响。本研究结果表明,免耕处理(NT)对小麦株高、叶面积、生物量无明显影响,对小麦籽粒产量及其构成也无显著影响,说明本试验中温度效应比耕作效应对小麦生长的影响更大。前人研究结果表明,免耕措施在冬前和春季具有“降温效应”,延迟了冬小麦出苗、返青,使得分蘖率降低,不利于作物生长发育<sup>[13]</sup>。也有学者认为,半干旱地区的少免耕技术使小麦出苗率增加,且叶面积系数、干物质积累量、产量均有所提高。

#### 参考文献:

[1] Ding Y, Griggs D J, Noguer M, et al. Climate change 2001: the scientific basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

(上接第 108 页)

作第 1 年内不会造成减产,且比常规的浅旋耕作具有增产优势。与传统的铧式犁耕翻作业相比,虽然短期内的产量略有下降,但却减少了劳动力、机械设备、能源的投入。

鉴于时间、试验场地等条件的限制,试验中尚存在不完善之处:(1)试验条件的一致性。试验缺少带状旋耕、全幅旋耕条件下稻秸秆半量还田的处理,各处理的播种量应当相同,LRS、RS 处理的产量测试应当与其他处理采用相同方法。(2)小麦田间密度构成因素的不确定性。应在小麦出苗 1 周内、分蘖结束后、小麦灌浆前 3 个时期分别记录小麦的田间密度。(3)产量构成因素的不确定性。在收割前,应测量小麦的穗密度、每穗结实粒数、千粒质量等产量构成因子。试验中存在诸多不足之处,有待在今后的研究中加以改进和完善。

- [2] 任国玉,徐铭志,初子莹,等. 近 54 年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):717-727.
- [3] 秦大河. 气候变化与干旱[J]. 科技导报,2009(11):3.
- [4] Lobell D B. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2007, 145(3/4): 229-238.
- [5] 田云录,陈金,邓艾兴,等. 开放式增温下非对称性增温对冬小麦生长特征及产量构成的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(3): 681-686.
- [6] Sandvik S M, Heegaard E, Elven R, et al. Responses of alpine snowbed vegetation to long-term experimental warming[J]. Ecoscience, 2004, 11(2): 150-159.
- [7] Kudo G, Suzuki S. Warming effects on growth, production, and vegetation structure of alpine shrubs: a five-year experiment in northern Japan[J]. Oecologia, 2003, 135(2): 280-287.
- [8] 王法宏,冯波,王旭清. 国内外免耕技术应用概况[J]. 山东农业科学,2003(6):49-53.
- [9] 孙广建,邓旭先,刘素爱,等. 免耕对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学,2006(7):37-39.
- [10] 田云录,陈金,董文军,等. 非对称性增温对冬小麦强势粒和弱勢粒淀粉合成关键酶活性的影响[J]. 作物学报,2011,37(6):1031-1038.
- [11] 房世波,谭凯炎,任三学. 夜间增温对冬小麦生长和产量影响的实验研究[J]. 中国农业科学,2010,43(15):3251-3258.
- [12] Liu H J, Kang Y H. Regulating field microclimate using sprinkler misting under hot-dry windy conditions[J]. Biosystems Engineering, 2006, 95(3):349-358.
- [13] 董文旭,陈素英,胡春胜,等. 少免耕模式对冬小麦生长发育及产量性状的影响[J]. 华北农学报,2007,22(2):141-144.

#### 参考文献:

- [1] 王晶. 不同保护性耕作措施对土壤质量的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.
- [2] 高亚军,朱培立,黄东迈,等. 稻麦轮作条件下长期不同土壤管理对有机质和全氮的影响[J]. 土壤与环境,2000,9(1):27-30.
- [3] 严洁,邓良基,黄剑. 保护性耕作对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 中国农机化,2005(2):31-34.
- [4] 梁淑敏,谢瑞芝,汤永禄,等. 不同耕作措施对成都平原稻麦轮作区土壤蓄水抗蚀性及产量的影响[J]. 中国水稻科学,2014,28(2):199-205.
- [5] 周江明,徐大连,薛才余. 稻草还田综合效益研究[J]. 中国农学通报,2002,18(4):7-10.