

# 基于秸秆还田麦—稻连作全年定位减量施肥的效果研究

程秀洲

(河南省潢川县农业技术推广中心,河南潢川 465150)

**摘要** 为了研究秸秆全部还田对减施化肥、增加经济效益的影响,开展了为期一年的麦—稻轮作秸秆全部还田化肥减量试验。结果表明,秸秆还田区土壤容重下降,土壤有机质和全氮含量高于秸秆不还田区;随着秸秆还田次数的增加,土壤中缓效钾含量增加,有效磷含量下降;秸秆还田有助于提高粮食产量、减少化肥施用量、提高经济效益。配合作物秸秆资源化利用,调整施肥结构,水稻—小麦—稻全年连作区种植作物,可以适度减少化肥用量(20%左右),对促进耕地质量提升、化肥减量增效具有一定的现实意义。

**关键词** 小麦;水稻;连作;秸秆还田;化肥减量;经济效益

**中图分类号** S512.1;S511;S147.5 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)11-0009-03

## Effect of Wheat-Rice Continuous Cropping with Year-round Location Reduction Fertilization Based on Straw Returning to Field CHENG Xiu-zhou

(Agricultural Techniques Extension Center of Huangchuan County in Henan Province, Huangchuan Henan 465150)

**Abstract** In order to study the effect of returning all straw to the field on reducing fertilizer application and increasing economic benefit, a one-year experiment on wheat-rice rotation with returning all straw to the field and reducing chemical fertilization was carried out. The results showed that, compared with the non-straw returning area, the soil bulk density was lower in the straw returning area, and organic matter and total nitrogen content were higher. With the increase of straw returning times, the slow-acting potassium content in soil increased, and the available phosphorus content decreased. Straw returning was helpful to increase grain yield, reduce fertilizer application rate and improve economic benefits. With the utilization of crop straw resources and the adjustment of fertilization structure, the chemical fertilization rate can be moderately reduced (about 20%) in wheat-rice continuous cropping area, which has certain practical significance in promoting the quality of cultivated land and increasing the efficiency of chemical fertilization reduction.

**Key words** wheat; rice; continuous cropping; straw returning; chemical fertilization reduction; economic benefit

潢川县位于河南省东南部,是国家粮食主产区、全国粮食生产先进县,主要种植制度为麦—稻轮作,常年小麦、水稻种植面积 9.67 万  $\text{hm}^2$ ,总产量 69.3 万 t(小麦 13.2 万 t,水稻 56.1 万 t),其产量占全省 1%、占全国 0.1%。全县常年可产生秸秆资源约 65.0 万 t,其中水稻秸秆 50.5 万 t、小麦秸秆 14.5 万 t,占全年度秸秆资源的 78.7%。小麦、水稻秸秆富含碳、氮、钾、硅及微量元素养分,而且秸秆还田在改良耕地土壤结构、提高土壤肥力、提高作物产量和质量及减少化肥用量方面发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。近年来,随着农业机械化水平的不断提高,特别是秸秆粉碎还田技术成熟、禁止焚烧秸秆力度加大,秸秆还田已被农民接受<sup>[2]</sup>。目前,关于秸秆还田减少化肥用量的研究较多,但在豫南水稻土秸秆还田麦—稻全年连作化肥减量施用对小麦、水稻经济性状影响的研究<sup>[3]</sup>还是空白。为此,笔者基于豫南小麦—水稻全年连作区麦、稻秸秆还田化肥减量施用定位试验为研究对象,系统地比较秸秆全量还田不同化肥施用量小麦、水稻经济性状的差异以及对耕地土壤理化性状的影响,以期为豫南地区小麦、水稻秸秆资源化利用和化肥减量施用合理比率提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

秸秆还田减量施肥小麦—水稻全年连作定位试验地位于河南省潢川县隆古乡徐庄村,耕地区域属长江中下游鄂豫皖农林区,地理位置为东经 115°0'10"、北纬 32°11'18"。试验地常年种植制度为麦—稻轮作,具有代表性;远离村庄、道路、沟渠等,土壤无明显障碍,地势平坦,肥力均匀,灌排方

便。年平均气温 15.7  $^{\circ}\text{C}$ ,1 月平均气温 2.5  $^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 -16  $^{\circ}\text{C}$ ;7 月平均气温 28  $^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温 40  $^{\circ}\text{C}$ 。降水集中在每年的 5—8 月,7 月最多。供试土壤为在第四纪下蜀系黄土上发育而成的水稻土,土壤类型为黄棕壤性侧渗性水稻土,土种为活白散土。试验地初始土壤养分状况为有机质 20.5  $\text{g}/\text{kg}$ 、全氮 1.16  $\text{g}/\text{kg}$ 、有效磷 2.2  $\text{mg}/\text{kg}$ 、速效钾 106  $\text{mg}/\text{kg}$ 、缓效钾 322  $\text{mg}/\text{kg}$ ,pH 值 6.28。

### 1.2 试验材料

本试验作物连作顺序为小麦—水稻,试验前茬作物的秸秆(包括地上部分的茬)全部粉碎均匀还田。供试小麦品种为郑麦 103,水稻品种为两优 688;供试肥料为 46%配方肥,配比为纯 N 27%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  13%、 $\text{K}_2\text{O}$  6%。

### 1.3 试验设计

本试验采用麦—稻连作,大田小区定位的方法,共设 5 个处理,分别为前茬作物秸秆不还田、施 100%常规化肥区(A),即前茬水稻、小麦收割后稻草或麦秸全部移出仅留贴地短茬,单施 100%常规用量化肥;前茬作物秸秆全量还田、施 100%常规化肥区(B),即前茬水稻、小麦收割后稻草或麦秸粉碎人工撒匀全部翻压入土,施 100%常规用量化肥;前茬作物秸秆全量还田、施 90%常规化肥区(C);前茬作物秸秆全量还田、施 80%常规化肥区(D);前茬作物秸秆全量还田、施 70%常规化肥区(E)。小麦、水稻各处理施肥量设计分别见表 1、表 2。每个处理 3 次重复,随机区组排列,小区面积 20  $\text{m}^2$ (5  $\text{m} \times 4 \text{ m}$ )。

在小麦试验期间,在地块之间设置 1 m 宽的走道,小区之间开挖排水沟,沟渠深度超过 30 cm,排水沟与外沟渠相通,确保排水顺畅,周围设 1~2 m 宽保护行;水稻试验期间,小区之间设埂,埂高 40 cm、宽 50 cm,整埂覆盖农膜衬垫,以

表1 小麦减量施肥各处理施肥量设计

处理	处理内容	纯养分用量/kg·hm <sup>-2</sup>			肥料用量 kg·hm <sup>-2</sup>
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
A <sub>1</sub>	前茬水稻秸秆不还田,施100%常规化肥区	162.0	78.0	36.0	600
B <sub>1</sub>	前茬水稻秸秆全部还田,施100%常规化肥区	162.0	78.0	36.0	600
C <sub>1</sub>	前茬水稻秸秆全部还田,施90%常规施化肥区	145.8	70.2	32.4	540
D <sub>1</sub>	前茬水稻秸秆全部还田,施80%常规施化肥区	129.6	62.4	28.8	480
E <sub>1</sub>	前茬水稻秸秆全部还田,施70%常规施化肥区	113.4	54.6	25.2	420

表2 水稻减量施肥各处理施肥量设计

处理	处理内容	纯养分用量/kg·hm <sup>-2</sup>			肥料用量 kg·hm <sup>-2</sup>
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
A <sub>2</sub>	前茬小麦秸秆不还田,施100%常规化肥区	162.0	78.0	36.0	600
B <sub>2</sub>	前茬小麦秸秆全部还田,施100%常规化肥区	162.0	78.0	36.0	600
C <sub>2</sub>	前茬小麦秸秆全部还田,施90%常规施化肥区	145.8	70.2	32.4	540
D <sub>2</sub>	前茬小麦秸秆全部还田,施80%常规施化肥区	129.6	62.4	28.8	480
E <sub>2</sub>	前茬小麦秸秆全部还田,70%常规施化肥区	113.4	54.6	25.2	420

防区间甬水甬肥,区组之间开挖1m宽灌(排)水沟,沟深50cm以上,水沟与田外沟渠相通,四周设1~2m宽保护行。

本试验于2017年前茬作物水稻收割后,安排小麦季试验,小麦收割后布置水稻季试验,直至2018年度水稻收割结束。小麦试验必须与水稻试验在同一地块进行,试验处理顺序和小区排列位置不变。

#### 1.4 试验过程

2017年10月30日,按照取样要求采集土壤样品。2017年10月30日翻压前茬水稻稻草稻茬(秸秆不还田处理清除稻草稻茬);11月2日整地,并一次性在不同小区按设计用量撒施配方肥(不施追肥),然后旋耕耙碎耢平备播;11月4日采用条播法播种,播量为225kg/hm<sup>2</sup>,行宽17cm;2018年2月23日除草;3月27日防治小麦蚜虫、赤霉病、锈病;4月2日防治小麦赤霉病;2018年5月24日考种取样,5月26日收割测产。水稻于2018年5月16日采用工厂化育秧;6月23日试验小区翻压前茬麦秸麦茬(秸秆不还田处理清除麦秸麦茬)整地,并一次性在不同小区按设计用量撒施配方肥(不施追肥),同时旋耕耙平;6月24日移栽插秧,每小区插秧为东西行,每行(5m长边)插25穴(穴距20cm),行距25cm,共插16行,每小区插400穴(做到横竖成行),插秧密度20万穴/hm<sup>2</sup>,每穴插1株带1~2个分蘖的苗,基本苗达到20万~40万株/hm<sup>2</sup>;2018年7月1日小区除草防治病虫害,8月15日防治稻纵卷叶螟,9月13日防治稻曲病;10月19日取样考种,10月22日收割测产。

#### 1.5 土壤样品测定方法

**1.5.1 植株农艺性状及养分测定。**小麦、水稻收获时测定株高、茎粗、穗长、穗粒数、千粒重等;用凯氏定氮测全氮,用钼锑抗比色法测全磷,用火焰光度计法测全钾。

**1.5.2 土壤理化性状及耕层养分测定。**为便于观察分析,对试验地块土壤理化性状进行分析时,各处理不区分作物种植类型,按试验各处理分别取样。试验土壤样品采集时间为小麦试验开始前整块试验地采集一个混合样,小麦试验结束后(即水稻试验开始前)每个处理采集一个混合样,水稻试验结束后每个处理再采集一个混合样,共采集3次,11个混合样品。采样时间分别是2017年10月30日、2018年5月16日和2018年9月27日,测定土壤容重及总孔隙度。土壤pH值测定用复合电极法;有机质测定用重铬酸钾容量法测

定土壤;全氮测定用凯氏蒸馏法;有效磷测定,酸性土样(pH<6.5)用氟化铵—盐酸提取钼锑抗比色法,中性土样(pH≥6.5)用碳酸氢钠提取钼锑抗比色法;测全磷用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法;测速效钾用乙酸铵提取—火焰光度计法;测缓效钾用硝酸铵提取—火焰光度计法。

#### 1.6 数据处理

本试验数据采用WPS表格和SPSS 20.0软件进行数据处理分析,并用Duncan's检验法进行差异显著性比较,显著性水平定义为 $\alpha=0.05$ 。

### 2 结果与分析

#### 2.1 对土壤理化性状的影响

从表3可以看出,秸秆全量还田麦—稻连作全年定位减量施肥对土壤理化性状有一定影响。秸秆还田处理B、C、D土壤容重呈逐季下降趋势,而处理A(秸秆不还田)和处理E(秸秆还田减肥30%)从第1季小麦试验开始至第2季水稻试验结束土壤容重有上升趋势,且处理E较处理A上升明显。2018年9月27日水稻收获季采样检测结果表明,与处理A相比,处理B、C、D土壤有机质含量均有不同程度的上升,而处理E降低(降幅为8.9%),这可能与化肥减量过多作物生物总量减少有关。土壤全氮含量的变化与土壤有机质相似,但处理E变化不明显;有效磷和速效钾养分变化十分相似,都是小麦收获季升高、水稻收获后下降,且变化幅度较大,降幅达21.6%~60.4%,这可能与施用“一炮轰”配方肥中磷、钾元素相对较低有关。与之相反,土壤缓效钾随着作物种植次数的增加其含量均有不同程度的增加,每季间增幅在8%~35%之间,这可能与麦—稻秸秆全量还田对土壤缓效钾作用的增加有关<sup>[4]</sup>。

#### 2.2 对小麦经济性状的影响

从表4可以看出,2018年5月小麦收获季,与处理A<sub>1</sub>相比,处理B<sub>1</sub>除株高基本持平外,其余各项指标均偏低;与处理B<sub>1</sub>相比,处理C<sub>1</sub>、D<sub>1</sub>小麦实际产量有所提高(分别提高4.4%和5.0%),而处理E<sub>1</sub>却降低了3.1%,这可能与化肥减施过多致使小麦生长后期肥力不足有关<sup>[4]</sup>。

#### 2.3 对水稻经济性状的影响

从表5可以看出,2018年10月水稻收获季,与处理A<sub>2</sub>相比,处理B<sub>2</sub>除茎粗、千粒重增加不明显( $P>0.05$ )外,株高、穗长、穗总粒数和穗实粒数增加明显( $P<0.05$ );与处理B<sub>2</sub>相

表 3 不同处理对土壤理化性质影响

处理	样品采集时间	容重/g·cm <sup>-3</sup>	有机质/g·kg <sup>-1</sup>	全氮/g·kg <sup>-1</sup>	有效磷/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup>	缓效钾/mg·kg <sup>-1</sup>
A	2017-10-30	1.40	20.5	1.16	2.2	106	322
	2018-05-16	1.39	22.3	1.47	5.9	116	348
	2018-09-27	1.42	19.3	0.99	3.8	89	451
B	2017-10-30	1.40	20.5	1.16	2.2	106	322
	2018-05-16	1.37	22.5	1.37	5.9	127	353
	2018-09-27	1.35	20.0	1.54	2.2	88	468
C	2017-10-30	1.40	20.5	1.16	2.2	106	322
	2018-05-16	1.39	22.0	1.32	5.8	136	410
	2018-09-27	1.38	20.4	1.33	3.5	91	497
D	2017-10-30	1.40	20.5	1.16	2.2	106	322
	2018-05-16	1.39	23.9	1.29	5.1	136	400
	2018-09-27	1.38	20.5	1.18	4.0	96	464
E	2017-10-30	1.40	20.5	1.16	2.2	106	322
	2018-05-16	1.40	22.8	1.18	4.8	133	347
	2018-09-27	1.44	18.7	1.16	1.9	80	414

表 4 不同处理对小麦经济性状的影响

处理	株高/cm	茎粗/cm	穗长/cm	穗粒数/粒	千粒重/g	理论产量/kg·hm <sup>-2</sup>	实际产量/kg·hm <sup>-2</sup>
A <sub>1</sub>	64.7	0.39	7.7	28.0	36.7	4 999.5	4 500.0
B <sub>1</sub>	65.0	0.37	7.2	26.3	36.6	4 705.5	4 236.0
C <sub>1</sub>	63.0	0.38	6.9	27.0	36.9	4 912.5	4 421.3
D <sub>1</sub>	63.7	0.39	7.0	29.0	36.7	4 941.0	4 446.9
E <sub>1</sub>	62.7	0.37	6.7	23.7	36.9	4 558.5	4 102.7

比,处理 C<sub>2</sub>、D<sub>2</sub> 水稻实际产量明显提高( $P<0.05$ )(分别提高 8.5%和 12.8%),而处理 E<sub>2</sub> 水稻实际产量提高不显著(仅为 2.0%),这可能与水稻生长后期供肥乏力有关<sup>6</sup>。

#### 2.4 对小麦经济效益的影响

根据试验各处理投入产出品市场价格计算出秸秆麦—稻全年连作定位减量施肥对小麦经济效益的影响。

表 5 不同处理对水稻经济性状的影响

处理	株高/cm	茎粗/cm	穗长/cm	穗数/万穗·hm <sup>-2</sup>	穗总粒数	穗实粒数	千粒重/g	理论产量/kg·hm <sup>-2</sup>	实际产量/kg·hm <sup>-2</sup>
A <sub>2</sub>	97.7	0.65	21.3	223.5	165.6	143.2	25.1	8 033.31	6 057.3
B <sub>2</sub>	107.3	0.65	23.5	210.0	176.5	158.1	25.0	8 300.25	6 167.1
C <sub>2</sub>	100.3	0.64	21.5	214.5	160.4	142.4	24.8	7 575.11	6 689.1
D <sub>2</sub>	101.3	0.69	23.5	241.5	170.1	156.4	24.7	9 329.34	6 953.7
E <sub>2</sub>	100.7	0.64	22.8	214.5	167.2	149.6	25.1	8 054.39	6 293.1

从表 6 可以看出,处理 D<sub>1</sub> 的总经济效益最高,较处理 A<sub>1</sub> 增收 171.9 元/hm<sup>2</sup>。虽然小麦试验季处理 A<sub>1</sub> 的产值最高,但由于处理 A<sub>1</sub> 的投入成本较处理 D<sub>1</sub> 多,因而其效益较处理 D<sub>1</sub> 低。处理 B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>、E<sub>1</sub> 与处理 A<sub>1</sub> 相比,经济效益分别降低 607.2、

34.0、472.8 元/hm<sup>2</sup>。从产投比来看,处理 D<sub>1</sub> 产投比最高(1.47),处理 B<sub>1</sub> 最低(1.19)。

#### 2.5 对水稻经济效益的影响

根据试验各处理投入产出品市场价格计算出秸秆麦—

表 6 不同处理对小麦经济效益的影响

处理	产量 kg·hm <sup>-2</sup>	产值 元·hm <sup>-2</sup>	投入成本/元·hm <sup>-2</sup>					纯效益 元·hm <sup>-2</sup>	较处理 A <sub>1</sub> ± 元·hm <sup>-2</sup>	产投比
			种子	肥料	农药	人工机械	合计			
A <sub>1</sub>	4 500.0	10 350.0	1 080.0	1 470.0	90.0	1 800.0	4 440.0	5 910.0		1.33
B <sub>1</sub>	4 236.0	9 742.8	1 080.0	1 470.0	90.0	1 800.0	4 440.0	5 302.8	-607.2	1.19
C <sub>1</sub>	4 421.3	10 169.0	1 080.0	1 323.0	90.0	1 800.0	4 293.0	5 876.0	-34.0	1.37
D <sub>1</sub>	4 446.9	10 227.9	1 080.0	1 176.0	90.0	1 800.0	4 146.0	6 081.9	171.9	1.47
E <sub>1</sub>	4 102.7	9 436.2	1 080.0	1 029.0	90.0	1 800.0	3 999.0	5 437.2	-472.8	1.36

注:2017—2018 年度小麦试验投入产出品市场价格分别为小麦种子 4.8 元/kg、配方肥 2.45 元/kg、农药 90 元/hm<sup>2</sup>、人工机械消耗 1 800 元/hm<sup>2</sup>、商品小麦 2.3 元/kg。

稻全年连作定位减量施肥对水稻经济效益的影响。

从表 7 可以看出,处理 D<sub>2</sub> 的经济效益最高,较处理 A<sub>2</sub> 增收 2 552.9 元/hm<sup>2</sup>;处理 B<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>、E<sub>2</sub> 与处理 A<sub>2</sub> 比较,经济效益分别提高 276.7、1 739.1、1 035.2 元/hm<sup>2</sup>。从产投比来看,处理 D<sub>2</sub> 的产投比最高(2.23),处理 A<sub>2</sub> 最低(1.67)。这一结果与小麦试验季结果不一致,这可能是随着秸秆全量还田时间延长,秸秆腐熟释放的营养在土壤中发挥了作用的缘故<sup>7</sup>。

### 3 结论与讨论

试验结果表明,从试验前后土壤理化性质的变化来看,秸秆还田可以降低土壤容重,说明秸秆还田可改善土壤物

理性质,降低土壤容重,疏松土壤,提高土壤渗透性,增加土壤含水量。其中,秸秆还田肥料施用量减少 30%的处理,水稻收获季土壤容重反而上升,这可能与化肥减量过多造成作物生物总量减少有关<sup>8</sup>。

秸秆还田处理可提高土壤有机质含量,不同秸秆还田处理的土壤总氮含量变化与土壤有机质变化相似,只有前茬作物秸秆全量还田施 70%常规化肥处理没有明显变化。从这一点来看,化肥减少过多,对土壤中养分的贮藏还是有一定的影响,如果长期过量(>20%)减施化肥,可能会影响粮

(下转第 13 页)

表3 不同处理油菜植株性状

处理	株高/cm	第1次有效分枝部位/cm	单株第1次有效分枝数/个	密度/株·hm <sup>-2</sup>	成熟期倒伏情况	成熟度
1(CK)	125.57	22.17	4.85	325 014	无	一致
2	123.23	21.53	5.31	330 024	无	一致
3	124.10	21.50	6.33	305 023	无	一致
4	126.06	21.02	6.64	300 023	10%倒伏	贪青
5	129.67	21.33	6.81	330 318	20%倾斜	贪青

现为贪青。

### 2.3 产量及产量构成因素

由表4可知,处理5产量最高,各产量因素都处于较高水平高,较处理1(CK,习惯施肥)增产922.95 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为45.95%;与处理4相比,处理5增产8.97%,主要是增加了株数和单株角果数;与处理1相比,处理2在减肥条件下,产量

仍略有增加,增幅2.95%。

### 3 结论与讨论

本研究结果表明,油菜直播机收施纯N 286.50 kg/hm<sup>2</sup>(基肥148.5 kg/hm<sup>2</sup>、苗肥48.7 kg/hm<sup>2</sup>、越冬肥40.6 kg/hm<sup>2</sup>、薹肥48.7 kg/hm<sup>2</sup>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 87.75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 135.00 kg/hm<sup>2</sup>处理产量最高,较习惯施肥(施纯N 195.00 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 56.25 kg/hm<sup>2</sup>、

表4 不同处理油菜产量构成及产量

处理	角果数/个·株 <sup>-1</sup>	角粒数/粒	干粒重/g	密度/株·hm <sup>-2</sup>	产量/kg·hm <sup>-2</sup>	较处理1±/%	较处理2±/%
1(CK)	115.3	16.29	3.29	325 014	2 008.39		-2.86
2	121.3	16.09	3.21	330 024	2 067.60	2.95	
3	125.8	16.30	3.33	305 023	2 082.79	3.70	0.73
4	135.8	18.81	3.51	300 023	2 689.98	33.94	30.10
5	137.2	18.64	3.47	330 318	2 931.31	45.95	41.77

K<sub>2</sub>O 56.25 kg/hm<sup>2</sup>)增产45.95%,较施纯N 286.50 kg/hm<sup>2</sup>(基肥148.5 kg/hm<sup>2</sup>、越冬肥69.0 kg/hm<sup>2</sup>、薹肥69.0 kg/hm<sup>2</sup>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 87.75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 135.00 kg/hm<sup>2</sup>处理增产8.97%,增产效果显著。说明在肥料合理运筹下,分次施肥利于促进植株健壮、分枝增多、角果和角粒数增加,提高产量<sup>[9]</sup>;但成熟期易倒伏,不利于机械操作,且肥料投入量过大,存在较大的环境风险<sup>[4-6]</sup>。施纯N 148.50 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 87.75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 67.50 kg/hm<sup>2</sup>处理在减少氮肥用量的条件下,植株一致成熟,株型较紧凑,无倒伏,较习惯施肥增产2.95%,适宜轻简化栽培。

在轻简化种植模式下,建议油菜种植应施用具有在生育期分期释放养分的控释肥料<sup>[7-9]</sup>,一次基施既满足养分需求,又减少劳动成本,还具有增产潜力<sup>[9-10]</sup>。

### 4 参考文献

[1] 鲁剑巍,任涛,丛日环,等.我国油菜施肥现状及施肥技术研究展望[J].

(上接第11页)

表7 不同处理对水稻经济效益的影响

处理	产量 kg·hm <sup>-2</sup>	产值 元·hm <sup>-2</sup>	投入成本/元·hm <sup>-2</sup>					纯效益 元·hm <sup>-2</sup>	较处理 A <sub>2</sub> ± 元·hm <sup>-2</sup>	产投比
			种子	肥料	农药	人工机械	合计			
A <sub>2</sub>	6 057.3	15 264.4	1 012.5	1 470.0	90.0	3 150.0	5 722.5	9 541.9		1.67
B <sub>2</sub>	6 167.1	15 541.1	1 012.5	1 470.0	90.0	3 150.0	5 722.5	9 818.6	276.7	1.72
C <sub>2</sub>	6 689.1	16 856.5	1 012.5	1 323.0	90.0	3 150.0	5 575.5	11 281.0	1 739.1	2.02
D <sub>2</sub>	6 953.7	17 523.3	1 012.5	1 176.0	90.0	3 150.0	5 428.5	12 094.8	2 552.9	2.23
E <sub>2</sub>	6 293.1	15 858.6	1 012.5	1 029.0	90.0	3 150.0	5 281.5	10 577.1	1 035.2	2.00

注:2018年水稻试验投入产出品市场价格分别为水稻种子45元/kg、配方肥2.45元/kg、农药90元/hm<sup>2</sup>、人工机械消耗3150元/hm<sup>2</sup>、稻谷2.52元/kg。

食的产量。

从试验结果看,化肥减量施用可降低成本,增加经济效益;秸秆还田可提高粮食产量,从而提高作物种植总效益,这可能是秸秆还田增加了土壤有机质和养分的结果。

综上所述,豫南水稻土麦一稻全年连作区种植作物,在秸秆全量还田前提下调整施肥结构,适度减少化肥用量(20%左右),对促进耕地质量提升、化肥减量增效具有一定的现实意义。

### 4 参考文献

[1] 王凌云.秸秆还田概况研究[J].农家参谋(种业大观),2011(10):26.

[2] 劳秀荣,吴子一,高燕春.长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J].农业

中国油料作物学报,2018,40(5):712-720.

[2] 韩上,武际,胡现荣,等.安徽省不同区域油菜对氮肥一次性施用方式的响应[J].中国土壤与肥料,2018(2):82-88.

[3] 李银水,鲁剑巍,廖星,等.氮肥用量对油菜产量及氮素利用效率的影响[J].中国油料作物学报,2011,33(4):379-383.

[4] 郑伟,叶川,陈明,等.不同肥料运筹对稻田套播油菜生长发育及产量的影响[J].作物研究,2014,28(6):593-596.

[5] 谭永强,胡立勇,余华强,等.肥料运筹对不同熟期品种油菜产量和品质的影响[J].江西农业学报,2012,24(5):97-99.

[6] 王继明,宋海星,张玲,等.肥料运筹方式对冬油菜生长及产量的影响[J].土壤,2012,44(2):232-236.

[7] 梁琪,周慧,熊光明,等.甘蓝型杂交油菜氮磷钾配比肥效试验初报[J].耕作与栽培,2018(4):34-35.

[8] 杜旭光,张秀萍,张兰新,等.长效缓释型油菜配方肥对比试验[J].基层农技推广,2017,5(7):28-29.

[9] 瞿利英,屈发科,史莉娜,等.油菜配方缓释肥施用效果初报[J].陕西农业科学,2017,63(3):11-13.

[10] 董云松,余绍伟,李根泽,等.缓释肥对烟后移栽油菜化肥利用效率和产量的影响[J].西南农业学报,2016,29(10):2411-2415.

表7 不同处理对水稻经济效益的影响

工程学报,2002,18(2):49-52.

[3] 孙小祥,常志州,靳红梅,等.太湖地区不同秸秆还田方式对作物产量与经济效益的影响[J].江苏农业学报,2017,33(1):94-99.

[4] 侯新强.新疆农作物秸秆资源化综合利用模式研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.

[5] 闫湘,金继运,梁鸣早.我国主要粮食作物施肥增产效应与肥料利用效率[J].土壤,2017,49(6):1067-1077.

[6] 毛罕平,陈翠英.秸秆还田机工作机理与参数分析[J].农业工程学报,1995,11(4):62-66.

[7] 孔涛,潘进军,张海珍.小麦氮肥定位减量施肥试验研究初探[J].河南农业,2017(12):24.

[8] QIAO J, YANG L, YAN T, et al. Rice dry matter and nitrogen accumulation, soil mineral N around root and N leaching, with increasing application rates of fertilizer[J]. European Journal of Agronomy, 2013, 49: 93-104.