

## 油菜秸秆还田对土壤养分及水稻生长的影响

何成芳<sup>1</sup>, 朱鸿杰<sup>1</sup>, 戚传勇<sup>2</sup>, 方志鹏<sup>2</sup>, 刘春松<sup>2</sup>, 闫晓明<sup>1\*</sup>

(1. 安徽省农业科学院农产品加工研究所, 安徽合肥 230031; 2. 合肥市农业经济技术监督管理总站, 安徽合肥 230091)

**摘要** [目的]探讨江淮地区稻油轮作制度下, 秸秆还田后土壤养分物质的变化情况。[方法]选取合肥地区主栽油菜品种皖油 14 秸秆进行还田, 水稻品种选用丰两优一号, 设计微区模拟试验和大田定位试验, 分别测定油菜秸秆还田条件下水稻生长期的土壤养分和产量因素。[结果]微区模拟试验中, 秸秆还田对土壤养分的影响较大, 提高了土壤有机质含量, 有效磷和速效钾含量呈先增加后减少的趋势; 秸秆还田提高了水稻产量, 各处理较空白对照增产 55.54% ~ 159.26%。大田定位试验中, 土壤有机质变化不明显, 有效磷和速效钾含量明显降低, 三者的变化幅度分别为 3.27% ~ 9.24%、-12.44% ~ -42.00% 和 -38.70% ~ -49.21%。油菜秸秆还田对水稻移栽后秧苗分蘖及生长无不利影响, 且提高了水稻的结实率和产量。[结论]该研究可为进一步探讨稻油轮作制度下的物质循环提供科学依据。

**关键词** 油菜秸秆; 土壤; 水稻生长; 物质循环**中图分类号** S158; S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)30-0078-02**Effects of Rape Straw Returning to Soil on Soil Nutrient and Rice Growth****HE Cheng-fang<sup>1</sup>, ZHU Hong-jie<sup>1</sup>, QI Chuan-yong<sup>2</sup>, YAN Xiao-ming<sup>1\*</sup> et al** (1. Institute of Agro-products Processing, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031; 2. Hefei Agricultural Economic and Technical Supervision and Management Station, Hefei, Anhui 230091)

**Abstract** [Objective] To investigate the soil nutrient changes in rice paddy rotation system under straw cropping system in Jianghuai Area. [Method] The main rape varieties of Wanyou 14 in Hefei area were selected for returning to the fields, selected the rice varieties of Fengliangyou No. 1, micro area simulation test and field positioning test was designed, the long-term soil nutrient and yield factors of rice were determined under the condition of rape straw returning to field. [Result] In the micro simulation experiment, the effects of straw returning on soil nutrients were greater, the content of organic matter in soil increased, and the content of available phosphorus and available potassium first increased and then decreased. Straw returning increased rice yield, and the yield increased by 55.54% ~ 159.26% compared with blank control. In field experiment, the soil organic matter does not change significantly, phosphorus and potassium content decreased obviously, change rate was 3.27% ~ 9.24%, -12.44% ~ -42.00% and -38.70% ~ -49.21% respectively. Rape straw returning has no adverse effect on the tillering and growth of rice seedlings after transplanting, and also improves the seed setting rate and yield of rice. [Conclusion] This study can provide a scientific basis for further studying the material circulation in rice oil rotation system.

**Key words** Rape straw; Soil; Rice growth; Material cycling

安徽江淮地区气候温暖湿润, 主要作物有水稻、油菜、小麦、玉米、棉花等。种植制度多为一年二熟制, 如小麦-水稻、水稻-油菜、水稻-棉花, 部分地区有一年三熟制, 如稻-稻-油(菜)。该地区的秸秆还田主要是稻草、麦秆、玉米秸和油菜秸, 还田方式旱作物多采用粉碎翻压还田或留高茬还田<sup>[1]</sup>。笔者采用微区试验和大田试验相结合的方法, 分别测定油菜秸秆不同量还田条件下, 水稻生长期土壤有机质、速效磷、速效钾的含量和与水稻生长、产量相关的各因素含量<sup>[2-5]</sup>, 综合分析油菜秸秆还田对土壤养分和水稻生长的影响。

**1 材料与方**

**1.1 试验材料** 选取安徽江淮地区主栽油菜品种皖油 14 的秸秆进行还田, 水稻品种选用丰两优一号。

**1.2 微区模拟试验设计** 微区试验设 5 个处理, T<sub>1</sub>(空白对照)、T<sub>2</sub>(NPK 对照)、T<sub>3</sub>(油菜粉碎秸秆 1/4 量还田, NPK)、T<sub>4</sub>(油菜粉碎秸秆 1/2 量还田, NPK)、T<sub>5</sub>(油菜粉碎秸秆全量还田, NPK)。微区面积 4 m<sup>2</sup>, 3 次重复, 随机区组排列。各小区独立灌排。

**1.3 大田定位试验设计** 定位试验设 4 个处理: W<sub>1</sub>(空白对照)、W<sub>2</sub>(NPK 对照)、W<sub>3</sub>(油菜粉碎秸秆 1/2 量还田, NPK)、W<sub>4</sub>(油菜粉碎秸秆全量还田, NPK)。小区面积 80 m<sup>2</sup>, 4 次重复, 随机区组排列。区间双埂, 双膜包埋, 各小区独立灌排。水稻田施肥量为 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O(225-75-150 kg/hm<sup>2</sup>), 1/3 N 肥、P 肥和 K 肥基施, 另 1/3 N 肥作分蘖肥, 1/3 N 肥作穗肥。其他管理措施按常规生产统一进行。

**2 结果与分析**

**2.1 微区试验土壤养分变化** 分别于 7 月 22 日、8 月 28 日、9 月 25 日(分别为水稻分蘖期、抽穗期及成熟期)测定土壤有机质、速效磷、速效钾含量, 研究不同秸秆还田量微区试验的土壤养分变化情况, 结果见表 1。由表 1 可知, 在油菜秸秆还田的水稻生长期, 土壤有机质含量在分蘖期到抽穗期呈上升趋势, 在收获期中略有下降, T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 处理在收获期下降较少, T<sub>5</sub> 处理在收获期有机质含量仍保持较高水平。分析其原因, 秸秆还田有利于增加土壤有机质含量, 但水稻生长到收获期时消耗了大量养分, 导致土壤中的有机质含量下降, 而秸秆还田延缓了土壤有机质的消耗, 有利于增加土壤肥力。各处理的土壤有效磷变化趋势较为明显, 有效磷含量在抽穗期大幅升高, 在收获期有效磷含量下降明显, 其中以 T<sub>5</sub> 处理的有效磷变化趋势较为平缓。各处理的土壤速效钾含量呈先增加后减小的趋势。

**基金项目** 国家科技支撑计划项目(2007BAD89B10)。**作者简介** 何成芳(1973—), 女, 安徽无为, 人, 副研究员, 从事农业生态环境研究。\* 通讯作者, 研究员, 从事农业环境研究。**收稿日期** 2017-08-31

表 1 微区模拟试验中不同处理土壤有机质、有效磷、速效钾含量的变化

Table 1 Changes of soil organic matter, available phosphorus and available potassium of different treatments in micro model test

处理 Treatment	有机质含量 Content of organic matter//g/kg			有机质含量 变化幅度 Change range of organic matter content %	有效磷含量 Content of available phosphorus mg/kg			有效磷含量 变化幅度 Change range of available phosphorus content//%	速效钾含量 Content of available potassium mg/kg			速效钾含量 变化幅度 Change range of available potassium content//%
	07-22	08-28	09-25		07-22	08-28	09-25		07-22	08-28	09-25	
T <sub>1</sub>	18.96	21.31	17.47	-7.90	20.57	87.66	60.68	194.99	158.45	158.45	167.32	5.59
T <sub>2</sub>	18.96	21.31	17.47	-7.90	21.81	109.09	62.01	184.31	229.50	224.43	172.26	-24.94
T <sub>3</sub>	16.99	20.39	20.47	20.50	21.24	101.95	56.69	166.90	193.98	234.58	182.14	-6.10
T <sub>4</sub>	17.21	21.15	18.09	5.10	18.33	87.66	46.06	151.28	239.65	224.45	182.14	-23.99
T <sub>5</sub>	16.06	21.80	21.77	35.60	22.08	76.23	39.42	78.53	224.43	214.28	177.20	-21.04

**2.2 微区试验产量因素变化** 测定不同秸秆还田量下,微区试验中水稻茎蘖动态变化,有效穗、每穗总粒数、结实率等产量构成因素的差异变化,以及理论产量的差异变化,结果见表 2、3。由表 2 可知,微区试验中,水稻茎蘖动态的变化说明在油菜秸秆不同还田量条件下,水稻移栽后对秧苗分蘖及生长无不利影响。由表 3 可知,油菜秸秆还田后较好地提高了水稻的结实率和产量,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 处理分别较 T<sub>1</sub> 处理增产 84.42%、55.54%、66.42%、159.26%。

表 2 微区模拟试验中不同处理水稻茎蘖动态变化(分蘖数/单株)

Table 2 Change of dynamic change of rice stem and tiller (tiller number per plant) of different treatments in micro model test

处理 Treatment	08-01	08-18	09-02	09-25
T <sub>1</sub>	5.3	10.6	8.7	4.3
T <sub>2</sub>	8.2	14.3	10.3	7.8
T <sub>3</sub>	8.4	11.3	9.0	7.3
T <sub>4</sub>	7.5	11.6	9.6	7.1
T <sub>5</sub>	9.3	12.6	11.3	10.0

表 3 微区模拟试验中不同处理水稻产量构成因素比较

Table 3 Comparison of yield components of rice under different treatments in micro model test

处理 Treatment	有效穗数 Effective panicle number × 10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	每穗总粒数 Total grain per panicle	结实率 Seed setting rate//%	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield//kg/hm <sup>2</sup>	比 T <sub>1</sub> 产量增减 Increase or decrease than T <sub>1</sub> //%
T <sub>1</sub>	76.84	132.56	80.96	26.95	2 222.43	—
T <sub>2</sub>	139.35	187.56	64.64	24.26	4 098.63	84.42
T <sub>3</sub>	130.42	153.63	69.71	24.75	3 456.92	55.54
T <sub>4</sub>	126.85	180.31	65.55	24.67	3 698.73	66.42
T <sub>5</sub>	178.66	192.93	67.87	24.63	5 761.94	159.26

**2.3 大田定位试验土壤养分变化** 对比微区试验,设定半量、全量油菜秸秆还田进行大田定位试验,分别于 6 月 18 日、7 月 29 日、8 月 26 日、9 月 23 日、10 月 14 日(分别为水稻生育期中移栽前、分蘖期、抽穗期、成熟期及收获后)测定土

壤中有机质、有效磷、速效钾含量的变化,结果见表 4。由表 4 可知,大田定位试验中,土壤有机质变化不明显,有效磷和速效钾含量明显降低,三者的变化幅度分别为 3.27% ~ 9.24%、-12.44% ~ -42.00% 和 -38.70% ~ -49.21%。

表 4 大田定位试验中不同处理主要生育期土壤有机质、有效磷、速效钾

Table 4 Changes of soil organic matter, available phosphorus and available potassium of different treatments during different growth stages in field trials

处理 Treatment	有机质含量 Content of organic matter//g/kg					有机质含量 变化幅度 Change range of organic matter content %	有效磷含量 Content of available phosphorus mg/kg					有效磷含量 变化幅度 Change range of available phosphorus content %	速效钾含量 Content of available potassium mg/kg					速效钾含量 变化幅度 Change range of available potassium content//%
	06-18	07-29	08-26	09-23	10-14		06-18	07-29	08-26	09-23	10-14		06-18	07-29	08-26	09-23	10-14	
W <sub>1</sub>	24.47	23.10	31.67	24.11	26.73	9.24	20.57	14.82	24.78	11.20	14.37	-30.14	194.32	69.69	189.56	100.59	119.12	-38.70
W <sub>2</sub>	24.23	24.21	24.63	24.28	25.19	3.96	21.81	17.05	18.97	14.86	12.65	-42.00	207.91	130.24	90.69	112.94	111.21	-46.51
W <sub>3</sub>	24.87	23.12	27.36	26.78	25.75	3.54	18.33	20.91	25.13	18.91	16.05	-12.44	200.49	208.95	169.79	130.24	101.82	-49.21
W <sub>4</sub>	24.18	23.71	25.17	24.55	24.97	3.27	21.24	16.16	20.84	27.11	13.19	-37.90	184.62	93.17	104.29	104.28	104.29	-43.51

**2.4 大田定位试验产量因素变化** 由表 5 可知,大田定位试验条件下,水稻移栽后对秧苗分蘖及生长无不利影响。各处理的单株分蘖数均在 7 月 13 日达分蘖高峰,之后下降至

平稳,群体平均单株分蘖数最多的是 W<sub>4</sub>,各处理群体平均单株有效分蘖数从大到小依次为 W<sub>3</sub>、W<sub>4</sub>、W<sub>2</sub>、W<sub>1</sub>。

(下转第 93 页)

不同添加物对亚硝峰的抑制率效果不一。姜汁对亚硝峰的抑制率高达 81.5%<sup>[9]</sup>, 蒜为 47.9%, 葱为 41.6%<sup>[5]</sup>。该研究中的添加物对亚硝峰的抑制率为 38.1%~66.9%, 这可能与不同添加物对亚硝酸盐抑制过程中所起的作用不一致有关。

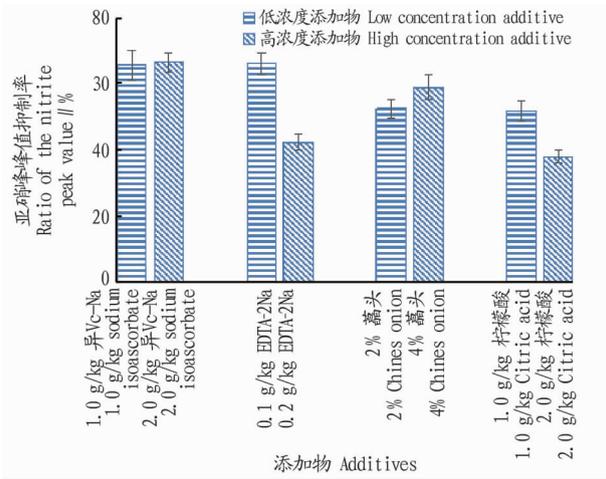


图5 不同添加物对亚硝峰峰值的抑制率

Fig.5 Inhibition ratio of the nitrite peak value for different additives

3 结论

该试验采用腌制发酵法,以亚硝酸盐含量及感官评分为指标,考察乳酸菌接种量、食盐添加量、发酵温度和发酵时间4个因素对腌制芥菜品质的影响,通过正交试验,优化芥菜腌

(上接第79页)

表6显示, W<sub>4</sub>的结实率最高,为94.85%, W<sub>3</sub>结实率较高,为93.46%; W<sub>3</sub>产量最高,达11463.23 kg/hm<sup>2</sup>, W<sub>4</sub>与W<sub>2</sub>产量相差不大。说明油菜秸秆还田后提高了水稻的结

表5 大田定位试验中不同处理主要生育期的水稻茎蘖动态变化(分蘖数/单株)

Table 5 Dynamic change of rice stem and tiller (tiller number per plant) of different treatments during different growth stages in field positioning test

处理 Treatments	06-28	07-13	07-27	08-12
W <sub>1</sub>	5.30	11.26	10.54	8.30
W <sub>2</sub>	8.20	12.90	11.30	9.00
W <sub>3</sub>	7.50	15.50	14.10	10.40
W <sub>4</sub>	8.40	12.40	10.00	9.20

表6 大田定位试验中不同处理的水稻产量比较

Table 6 Comparison of rice yield with different treatments in field positioning test

处理 Treatments	结实率 Seed setting rate / %	结实率比 W <sub>1</sub> 增减 Increase or decrease than W <sub>1</sub> / %	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	产量比 W <sub>1</sub> 增减 Increase or decrease than W <sub>1</sub> / %
W <sub>1</sub>	92.78	—	9538.50	—
W <sub>2</sub>	89.25	-3.80	10630.05	11.44
W <sub>3</sub>	93.46	0.73	11463.23	20.18
W <sub>4</sub>	94.85	2.23	10566.76	10.78

制发酵工艺。以亚硝酸盐含量及亚硝峰的抑制率为考察指标,采用单因素试验法,考察4种添加物对亚硝酸盐含量的调控作用。结果表明,在乳酸菌接种量5%、食盐添加量5%~7%(取6%)、发酵温度30℃、发酵9d的工艺条件下,腌制芥菜的亚硝酸盐含量为0.74 mg/kg,远低于20 mg/kg的国家标准,所得的腌制芥菜风味可口。4种添加物中,异抗坏血酸钠和蒜头不仅可以有效降低亚硝峰的峰值,且能进一步减少成品中亚硝酸盐含量,而柠檬酸和EDTA-2Na仅能有效抑制亚硝峰的峰值,不能有效降低成品中亚硝酸盐含量。

参考文献

- [1] 罗燕华,陈亚雪,黄意甘,等. 芥菜新品种‘漳芥1号’的选育[J]. 福建农业学报,2014,29(7):662-665.
- [2] 马霞,韩迪,张吉,等. 乳酸菌在发酵果蔬中的应用[J]. 中国乳品工业,2013,41(1):40-42.
- [3] 孟繁博,张万萍,姜金龙,等. 响应面法优化腌制芥菜发酵工艺的研究[J]. 广东农业科学,2015,42(3):79-84.
- [4] 杨性民,刘青梅,徐喜圆,等. 人工接种对泡菜品质及亚硝酸盐含量的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2003,29(3):291-294.
- [5] 黄丽慧,张雁,魏振承,等. 响应面法优化香辛料调控发酵芥菜亚硝酸盐含量的工艺[J]. 中国食品学报,2013,13(11):61-70.
- [6] 邹辉,刘晓英,陈义伦,等. 泡菜(白菜)腌制过程中有机酸对亚硝酸盐含量的影响[J]. 食品与发酵工业,2013,39(11):29-32.
- [7] 黄芑,吴晓水,李远志,等. 抗氧化剂对腌芥菜中亚硝酸盐消除效果的研究[J]. 食品科技,2009,34(5):77-80.
- [8] 阙健全,王光慈,陈宗道,等. 蒜头和苦瓜汁抑制亚硝胺合成的体外试验[J]. 营养学报,1995,17(4):409-413.
- [9] 汪勤,高祖民. 姜汁与维生素C阻断腌渍蔬菜产生亚硝酸盐的研究[J]. 南京农业大学学报,1991,14(4):99-103.

实率和产量。

3 结论与讨论

该研究结果表明,通过微区和大田定位进行油菜秸秆还田试验,虽然在土壤有机质的变化结果上有差异,但共同的结果是秸秆还田对土壤养分变化都产生了较大影响,油菜秸秆还田对水稻移栽后秧苗分蘖及生长也无不利影响,并且提高了水稻的结实率和产量,有一定的增产效果。

对于稻油轮作制度下的秸秆还田物质变化,主要是碳氮的变化。土壤有机质含量是衡量土壤肥力的重要指标,也是平衡施肥的重要参数,其形成量取决于进入土壤的有机物料数量及其腐解残留率的大小<sup>[6]</sup>,因此需进一步探讨秸秆的腐解率及木质素等不溶性碳的变化。

参考文献

- [1] 曾木祥,王蓉芳,彭世琪,等. 我国主要农区秸秆还田试验总结[J]. 土壤通报,2002,33(5):336-339.
- [2] 辛刚,颜丽,汪景宽,等. 不同开垦年限黑土有机质变化的研究[J]. 土壤通报,2002,33(5):332-335.
- [3] 李逢雨,孙锡发,冯文强,等. 麦秆、油菜秆还田腐解速率及养分释放规律研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(2):374-380.
- [4] 戴志刚,鲁剑巍,李小坤,等. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验[J]. 农业工程学报,2010,26(6):272-276.
- [5] 陈冬林,易镇邪,周文新,等. 不同土壤耕作方式下秸秆还田量对晚稻土壤养分与微生物的影响[J]. 环境科学学报,2010,30(8):1722-1728.
- [6] 于淑芳,杨力,张玉兰,等. 长期施肥对土壤腐殖质组成的影响[J]. 土壤通报,2002,33(6):165-167.