不同秸秆还田量对水稻产量和土壤肥力的影响

李录久[1],吴萍萍[1],王家嘉[1],姚文麒[2],汪 霄[1],赵贤友[3]
(1.安徽省农科院土壤肥料研究所,安徽合肥 230031;2.长丰县农业技术推广中心,安徽长丰 231100;3.肥西县土肥站,安徽肥西 231200)

摘要 [目的]研究不同小麦秸秆还田量对水稻生长和白土肥力的影响,探讨适宜还田量和腐熟剂效果。[方法]设置0、2 250、3 000、3 750和4 500 kg/hm^{2}小麦干秸秆还田量,水稻收获期测定籽粒产量,采集0~20 cm土壤样品,分析物理和化学性状。[结果]实施小麦秸秆直接还田,对后季水稻生长具有良好的促进作用,3年3地试验籽粒产量分别提高3.74%~9.45%、3.73%~13.9%和2.34%~14.9%,平均增产5.98%、8.13%和7.74%,3 750 kg/hm^{2}的中等秸秆还田量处理水稻籽粒产量最高;配施秸秆腐熟剂,水稻增产作用更明显。实施适量小麦秸秆直接还田,能有效提高后季稻田土壤有机质和有效态氮磷钾含量,增加耕作层厚度,提高土壤pH。[结论]当前生产水平下,江淮丘陵白土稻田小麦秸秆适宜还田量为3 750 kg/hm^{2}左右。

关键词 小麦秸秆直接还田;水稻产量;土壤理化性状
中图分类号 S141.4 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2020)10-0043-03
doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.10.012
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Different Rate of Straw Returned to Field on Rice Yield and Soil Phi-chemical Properties

LI Lu-jiu, WU Ping-ping, WANG Jia-jia et al (Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract [Objective] Response of rice yield and soil phi-chemical properties to rate of wheat straw returned to field directly was conducted so as to seek the suitable amount and effect of straw decomposer. [Method] Five rates of wheat straw 0, 2 250, 3 000, 3 750 and 4 500 kg/hm^2 returned to field were designed and soil phi-chemical properties of 0-20 cm depth, as well as grain yield reviewed in rice mature stage. [Result] There was a better accelerated effect of wheat straw directly returned to field on rice growth next season, seed yield increased by 3.74%-9.45%, 3.73%-13.9% and 2.34%-14.9% averagely 5.98%, 8.13% and 7.74% respectively, and the treatment of 3 750 kg/hm^2 wheat straw rate obtained the highest yield. The higher grain yield was achieved for the treatment of wheat straw combined with decomposed dose. Concentration of available nitrogen, phosphorus and potassium and organic matter in paddy soil of late season elevated obviously, the depth of cultivation layer increased, as well as soil pH. [Conclusion] In the paddy of Jianghuai hilly region, at the current production level, the suitable returning rate of wheat straw is about 3 750 kg/hm^2.

Key words Wheat straw directly returned to field; Rice yield; Phi-chemical properties in soils

长江与淮河之间的江淮地区是安徽省重要的农作物种植区域,适合油菜、水稻、小麦、玉米、蔬菜等多种农作物生长发育,有油菜(小麦、蔬菜、绿肥)—水稻(玉米、大豆、棉花)、水稻—水稻和水稻—休耕等众多轮作模式,以油菜—水稻和小麦—水稻轮作最为普遍。近年来,由于受进口的影响,油菜籽价格直线下降,加之产量不高、稳产性差,机械化作业困难,全省特别是江淮地区油菜种植面积急剧下降,而小麦种植面积相应大幅度增加,小麦—水稻轮作已成为江淮之间最主要的水旱轮作方式[1-2]。

江淮地区小麦—水稻轮作区,水稻土主要是由下蜀系黄土和长江淮河冲积物等母质发育而成,黄白土田、马肝田、白土田、沙泥田等面积较大,土壤有机质含量低,属于南方低产水稻土[3]。与其他轮作方式不同,在小麦收获的夏季,小麦—水稻轮作会产生大量小麦秸秆。近年由于国家加强了环境保护,各地均禁止焚烧作物秸秆,小麦秸秆的主要去处就是直接还田。实施秸秆还田,可以充分利用秸秆养分资源,减少浪费,提高土壤有机质和有效养分含量,改善土壤理化性状,改良和培肥中低产田,实现持续增产[4-5]。然而,由于秸秆缺少堆腐熟化过程,直接还田的秸秆前期会与作物争夺土壤养分,尤其是氮素,特别是大量秸秆直接还田时;如果不采取适当的技术措施,如选择适宜秸秆还田量、增施氮肥和秸秆腐熟剂,不仅影响秸秆还田的效果,还会造成水稻减产[6-7]。为此,笔者开展了不同秸秆还田量和配施秸秆腐熟剂研究,以期为小麦秸秆直接还田提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤 试验于2011、2012和2013年在安徽省肥西县和长丰县进行,每年选择1地设置1个试验,3年共安排3个试验。供试土壤为下蜀系黄土发育的水稻土,属于漂洗水稻土亚类的白土,肥力较低,灌排条件良好。水稻移栽前0~20 cm耕层土壤养分状况为:pH 5.52、5.47和6.76,有机质含量17.4、27.7和21.2 g/kg,全氮含量1.04、1.13和1.01 g/kg,全磷含量1.53、0.99和0.18 g/kg;碱解氮含量83.6、119.0和88.8 mg/kg,有效P含量12.2、6.5和7.7 mg/kg,速效K含量48.6、72.2和119.4 mg/kg。

1.2 试验设计 3年3地试验均在施氮(N)180 kg/hm^2、磷(P_2O_5)90 kg/hm^{2}和钾(K_2O)120 kg/hm^{2}的等量氮磷钾肥基础上进行,设置0、2 250、3 000、3 750和4 500 kg/hm^{2}共5个不同小麦秸秆(干重)还田用量,另加一个施用60 kg/hm^{2}秸秆腐熟剂处理,构成6个处理,分别以S_0、S_{2250}、S_{3000}、S_{3750}和S_{4500}及S_{3000}+B表示。供试肥料:氮为尿素,磷为磷酸二铵,钾为氯化钾。小区面积20~30 m^2,3次重复,完全随机区组排列。肥料施用:70%的氮肥和全部磷钾肥作基肥[8],在水稻

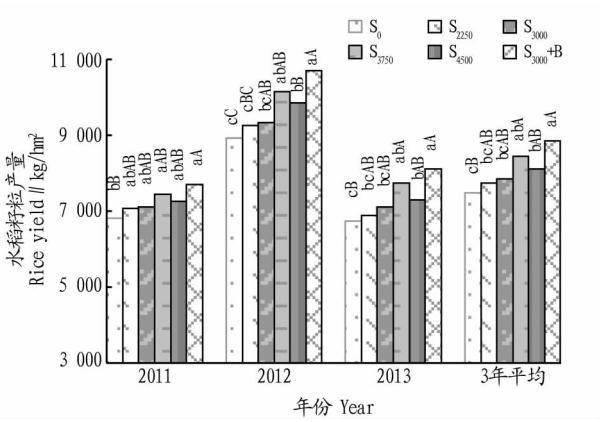
基金项目 国家重大研发项目苏皖麦区化肥减施、IPNI项目资助;公益性行业(农业)科研专项经费课题(20150311802,201003016)。
作者简介 李录久(1962—),男,安徽长丰人,研究员,博士,从事土壤肥料研究。
收稿日期 2019-07-08

移栽前施用;剩下的 30%氮肥作追肥,于水稻拔节期追施。小麦秸秆称量后放入小区,人工踩压埋于 15 cm 耕层土壤以内。供试水稻品种为丰良优 6 号等当地主栽品种,每年 4 月下旬播种育秧,5 月下旬到 6 月初移栽,9 月底至 10 月上中旬收获。其他栽培管理措施同当地一般大田水稻。

1.3 测定项目和分析方法 水稻成熟期田间调查有效穗数,每小区采集代表性的水稻植株样品 5 穴,带回室内处理作为分析样品,人工收获测定小区水稻籽粒产量。土壤基本性状采用常规法分析,参照《土壤农化分析》[9]进行:pH 用玻璃电极法测定;土壤有机质采用 H_2SO_4-K_2CrO_7 氧化法测定;碱解氮用扩散法测定,有效磷采用氟化铵-稀盐酸浸提(酸性土)-钼蓝比色法测定,速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度计法测定;耕层厚度用测量法测定。数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行处理和统计分析,用 LSD 法进行差异显著性检验[10]。

2 结果与讨论

2.1 不同小麦秸秆还田用量对水稻产量的影响 由图 1 可看出,江淮丘陵地区白土型水稻土,在氮磷钾化肥配合施用的基础上,实施前茬小麦秸秆粉碎直接还田,对后季水稻生长发育不仅没有阻碍(造成减产),相反还有一定的促进作用,增加籽粒产量。与无秸秆还田的对照相比,3 年试验,实施2 250~4 500 kg/hm^2 秸秆还田后,水稻籽粒产量分别增长 3.74%~9.45%、3.73%~13.9%和 2.34%~14.9%,平均增加 5.98%、8.13%和 7.74%,总体上均有所增产,且增产作用较为明显。水稻籽粒产量随秸秆还田量的增加先提高后降低,3 750 kg/hm^{2}的中等秸秆还田量处理水稻籽粒产量最高,较对照分别增产 9.4%、13.9%和 14.9%,增产效应分别达 0.05 或 0.01 显著水平;其次是中高量秸秆还田量 4 500 kg/hm^2 处理,较对照产量相应提高 6.23%、10.3%和 8.38%,除 2011 年外其他 2 年的增产效应均达 0.05 显著水平;低中秸秆还田量的 S_{2250}和 S_{3000}处理,增产效应不显著,3 年试验结果总体趋势一致(图 1)。3 年试验平均,增产率为 3.31%~12.8%,平均增产 7.36%,表明适宜的小麦秸秆还田量不会对下季水稻生长发育造成不利影响。配施秸秆快速腐熟剂后,水稻增产作用更明显,3 年试验,S_{3000}+B 较 S_{3000}分别增产8.33%、14.95%和 14.51%,平均增产 12.8%,2012 和 2013 年的增产效应达 0.05 显著水平。



注:不同大、小写字母表示差异分别达 0.01 和 0.05 显著水平

Note: Different capital letters and lowercases stand for significant differences at 0.01, 0.05 level, respectively

图 1 不同秸秆还田量对水稻籽粒产量的影响

Fig.1 Effect of different rate of straw returned to field on rice yield

2.2 小麦秸秆直接还田对土壤肥力的影响

2.2.1 对土壤 pH 和有机质的影响。由表 1 可看出,江淮丘陵低产白土地区,小麦收获后实施秸秆直接还田对稻田土壤化学性状有明显影响。实施秸秆还田后,除加施腐熟剂的处理,土壤 pH 均有所提高,较不施秸秆的对照升高 0.06~0.14,其中秸秆还田量高的 S_{4500}处理升高的幅度较大,总体由酸性向弱酸性方向发展,减缓了土壤酸化程度。所有实施秸秆还田的处理,土壤有机质含量均明显提高,增加幅度为 2.09%~9.51%,平均提高 5.35%;中等秸秆还田量的 S_{3000}处理土壤有机质提高的幅度最大,但是差异未达显著水平。配施秸秆腐熟剂的处理,土壤有机质增加幅度更大,较无秸秆的对照升高 14.2%,差异达 0.05 显著水平;较 S_{3000}处理提高 4.31%,差异不明显。说明适宜的小麦秸秆直接还田能有效提高土壤有机质含量,配施秸秆腐熟剂效果更好。

2.2.2 对速效氮磷钾养分含量的影响。表 1 还表明,实施小麦秸秆直接还田能有效提高白土稻田土壤有效态氮磷钾含量,其中,土壤有效磷含量有所升高,速效钾含量明显增加,碱解氮含量升高的幅度较大。与无秸秆的对照相比,实施 2 250~4 500 kg/hm^2 小麦秸秆直接还田的处理,2 年试验平均,土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量分别增加 3.00%~30.20%、0.83%~16.80%和 8.80%~20.7%,平均提高 11.50%、6.85%和15.19%,中高量秸秆还田处理,碱解氮及速效钾增加较多;中等秸秆还田量处理,有效磷提高幅度最大。其中 S_{4500}处理有效态氮和钾、S_{3000}处理有效磷、S_{3750}处理速效钾,增加量均达 0.05 显著水平。配施秸秆腐熟剂的 S_{3000}+B 处理,土壤有效氮磷钾含量较对照 S_0 相应升高 5.92%、10.0%和 12.35%,仅速效钾差异达0.05显著水平;与 S_{3000}处理相比,分别增长-0.15%、-5.81%和 3.27%,差异不显著,表明秸秆直接还田时,配施腐熟剂对土壤有效态氮磷钾养分影响不明显。因此,实施适量小麦秸秆直接还田,即可有效提高白土稻田土壤有效氮磷钾含量,培肥改良低产白土。

2.1.3 对土壤耕作层厚度的影响。表 1 还表明,实施小麦秸秆还田能明显增加土壤耕层厚度。2 年试验平均,与无秸秆的对照相比,实施 2 250~4 500 kg/hm^2 小麦秸秆直接还田后,土壤耕作层厚度增加 0.10~1.75 cm,相对增加 0.67%~12.42%,平均提高 6.38%。随着秸秆还田量的增加,耕作层逐渐增厚,中高用量的 S_{4500}处理土壤耕作层增厚幅度较大,差异达 0.05 显著水平。配施秸秆腐熟剂的处理,耕作层厚度增加的更多,效果更明显,较 S_0 和 S_{3000}处理分别增长 20.8%和 15.34%,差异达 0.05显著水平。这一结果说明,适当用量的小麦秸秆直接还田,能明显增加土壤耕作层厚度,改良白土耕作层浅薄的不良物理属性;增施秸秆腐熟剂的作用更明显。

3 小结

江淮丘陵白土型水稻土,实施前茬小麦秸秆粉碎直接还

表 1　不同秸秆还田量对土壤理化性状的影响

Table 1　Effect of different rate of straw returned to field on phi-chemical properties in soils

处理 Treatment	pH	有机质 O.M g/kg	碱解氮 Avail N g/kg	有效磷 Avail P g/kg	速效钾 Avail K g/kg	耕层厚度 Cultivation depth//cm
CK	5.16 a	16.30 b	75.11 b	12.08 b	58.77 b	14.90 b
S_{2250}	5.25 a	16.64 b	77.36 b	12.33 ab	65.90 ab	15.00 b
S_{3000}	5.23 a	17.85 ab	79.68 b	14.11 a	63.94 ab	15.60 ab
S_{3750}	5.22 a	17.54 ab	80.13 b	13.01 ab	69.99 a	16.05 ab
S_{4500}	5.30 a	16.66 b	97.82 a	12.18 ab	70.96 a	16.75 a
S_{3000}+B	5.08 a	18.62 a	79.56 b	13.29 a	66.03 a	18.00 a

注:表中数据为 2011 和 2012 年平均值;不同大、小写字母表示差异分别达 0.01 和 0.05 显著水平

Note: Data in the table are mean of 2011 and 2012;different capital letters and lowercases stand for significant differences at 0.01, 0.05 level, respectively

田,对后季水稻生长发育不仅无不良影响,还具有一定的促进作用。3 年 3 地试验,实施 2 250~4 500 kg/hm^2 秸秆还田,水稻籽粒产量分别增长 3.74%~9.45%、3.73%~13.9%和 2.34%~14.9%,平均增产 5.98%、8.13%和 7.74%,3 750 kg/hm^{2}的中等秸秆还田量处理水稻籽粒产量最高,增产效应分别达 0.05 或 0.01 显著水平。配施秸秆快速腐熟剂后,水稻增产作用更明显,3 年产量分别提高 8.33%、14.95%和 14.51%,平均增长 12.81%,2 年增产效应达 0.05 显著水平。

实施适量小麦秸秆粉碎直接还田能有效提高后季稻田土壤有机质和有效态氮磷钾含量,增加耕作层厚度,促使土壤 pH 由酸性向微酸性方向发展,减缓土壤酸化程度,改良培肥土壤,改善低产白土耕作层浅薄的不良物理性状,为水稻生长发育创造适宜的土壤条件。

参考文献

[1] 国家统计局.2010 年全国农作物生产统计调查资料[Z].2010.

[2] 安徽省统计局.安徽农村统计调查资料 2018[Z].2018.

[3] 李录久,吴萍萍,耿言安,等.秸秆还田结合氮肥运筹管理对白土稻田土壤理化性状的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(5):1259-1266.

[4] 宋炜.玉米秸秆还田培肥地力研究综述[J].黑龙江科技信息,2016(27):267.

[5] 李国清.秸秆还田对土壤理化性状及作物产量和养分的影响[D].雅安:四川农业大学,2014.

[6] 吴文革,张四海,赵决建,等.氮肥运筹模式对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):757-764.

[7] 万靓军,张洪程,霍中洋,等.不同氮肥施用比例对两优培九产量及品质的影响[J].扬州大学学报,2005,26(1):69-72.

[8] 汪明云,李录久,吴萍萍,等.淮北砂姜黑土小麦高效锌肥施用效应[J].安徽农业科学,2019,47(2):138-140.

[9] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京: 中国农业出版社, 1994.

[10] 张翠梅,师尚礼,陈建纲.干旱胁迫对苜蓿幼苗叶绿素荧光特性和膜脂过氧化的影响[J].草原与草坪,2019,47(2):138-140.

(上接第 28 页)

[8] 张萌,肖厚军,赵欢,等.贵州黄壤区辣椒干物质、氮素积累与分配及氮素利用对新型肥料的响应[J].应用生态学报,2016,27(9):2983-2990.

[9] 梁任繁,李创珍,张娟,等.山药块茎发育中物质积累及相关代谢酶变化[J].作物学报,2011,37(5):903-910.

[10] 张凤霞.密度、个体大小和种子大小对作物生物量分配的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.