

王 麒,宋秋来,冯延江,等.施用氮肥对还田水稻秸秆腐解的影响[J].江苏农业科学,2017,45(11):197-201.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.053

施用氮肥对还田水稻秸秆腐解的影响

王 麒^{1,2}, 宋秋来², 冯延江², 孙 羽², 曾宪楠², 来永才^{1,2}

(1. 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站,黑龙江哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江哈尔滨 150086)

摘要:针对黑龙江省水稻秸秆量大、利用率低的问题,开展秸秆腐解规律研究,以期为解决秸秆综合利用问题提供理论依据。以水稻为试验材料,在秸秆还田条件下研究氮肥施用量对水稻秸秆腐解及养分释放速率的影响。结果表明:水稻秸秆在冬季腐解缓慢,水稻生长季腐解迅速,还田 1 年后累积腐解率为 49.95%,还田 2 年累积腐解率为 78.77%;施氮量在 103 ~ 133 kg/hm² 时,秸秆腐解率较高。秸秆还田 1 年后磷、碳、氮含量分别降低了 62.5%、5.40%、2.94%;腐解 2 年后磷、碳、氮含量分别降低了 56.25%、12.73%、10.29%。在水稻还田 1 年后,不施氮肥提高了还田秸秆的碳氮比;而与不施氮肥相比,在适当施用氮肥的情况下水稻秸秆的氮磷比高。

关键词:水稻;秸秆还田;腐解规律;氮肥

中图分类号: S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0197-04

水稻是黑龙江省重要的粮食作物,2015 年种植面积达 400 多万 hm²,在国家粮食安全中占有极其重要的地位。但是水稻收获的同时其剩余产品稻草的处理却成为一大难题,大部分稻草都在田间被焚烧处理,这不仅浪费宝贵的自然资源,还造成大气污染^[1]。提高秸秆的利用率、扩大秸秆的利用途径是农业发展面临的重要问题^[2]。稻草中含有的很多元素是农业生产上重要的肥料来源,还田后受到土壤微生物的影响开始腐解,其中的氮、磷、钾等养分被释放出来,能够被作物吸收利用,可以相对减少化肥使用量,提高经济效益^[3]。徐国伟认为随着生长发育的进行,腐解秸秆释放出的养分对水稻生长产生有利的影响^[4]。李朝苏等在免耕条件下的秸秆还田试验表明,水稻分蘖数量及干物质积累不受秸秆还田的影响,但却延长开花后的绿叶功能期,在产量形成中光合产物积累所占比例也有所提高^[5]。马宗国等也认为,秸秆腐解使水稻前期的生长发育受到抑制,但有益于水稻后期生长^[6]。综上所述,很多学者针对水稻秸秆还田对作物生长及土壤养分的影响进行了大量研究,但是由于黑龙江省地处寒地,对水稻秸秆还田方面系统的研究相对较少^[7]。因此,本研究针对黑龙江省水稻生产实际,研究水稻秸秆腐解规律,以期为解决黑龙江省水稻秸秆综合利用问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2012—2014 年在黑龙江省国家现代农业示范区

(哈尔滨市道外区民主乡)进行,采用小区试验,每个小区 24 m²,供试土壤为黑土,有机质含量 29.56 g/kg,速效氮含量 79.56 mg/kg,速效磷含量 55.84 mg/kg,速效钾含量 168.42 mg/kg。供试水稻秸秆为 2012 年秋季收获的,其总碳含量 40.39%,全氮含量 0.68%,全磷含量 0.16%,全钾含量 1.86%。供试尿素(总氮含量≥46.4%)为大庆石化公司生产;磷酸二铵(N:18%,P₂O₅:46%)为宜昌东禾化肥有限公司生产;硫酸钾(K₂O≥50%)为青上化工(青岛)有限公司生产。

1.2 方法

供试水稻秸秆自然风干后,将秸秆剪成 5 cm 的小段放入尼龙网袋(孔径 0.150 mm,长 30 cm,宽 20 cm)中,每袋装入水稻秸秆 40 g(干质量),封住袋口。将网袋于 2012 年 10 月 15 日翻地后埋入 10 ~ 15 cm 土层。

试验设置 6 个氮肥处理:不施氮肥 0 kg/hm²(I)、总施氮量 73 kg/hm²(II)、总施氮量 103 kg/hm²(III)、总施氮量 133 kg/hm²(地方施氮标准 IV)、总施氮量 163 kg/hm²(V)和总施氮量 193 kg/hm²(VI)。磷钾肥施用量均为纯磷(P₂O₅) 46 kg/hm²,纯钾(K₂O) 75 kg/hm²。氮肥按基肥(50%)、返青肥(30%)和分蘖肥(20%)分 3 次施用;磷肥作为基肥一次性施用;钾肥按基肥(60%)、分蘖肥(40%)分别施用。试验设 3 次重复。

秸秆埋入稻田土壤后,从埋入后第 7 个月开始,每个月采样 1 次,连续采集 6 个月;从第 19 个月开始,每个月采样 1 次,连续采集 6 个月,即每年的 10 月至第 2 年的 5 月之间不进行取样,在处理后的每年 5—10 月进行取样。

1.2.1 不同氮肥施用量下水稻秸秆腐解质量的动态变化
秸秆取出后用水冲洗干净,去除秸秆以外的杂物,在 80 ℃ 下烘干至恒质量,计算腐解率:

秸秆腐解率 = (秸秆原始干质量 - 取样时秸秆烘干质量) / 秸秆原始质量 × 100%。

1.2.2 不同氮肥施用量下水稻秸秆腐解过程中的养分释放
每次取样后测定水稻秸秆烘干质量,将秸秆粉碎后,测定

收稿日期:2016-11-23

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0300204);哈尔滨市科技创新人才项目(编号:2015RQQYJ075);黑龙江省农业科技创新工程(编号:2014ZD004)。

作者简介:王 麒(1980—),男,黑龙江鸡西人,博士,助理研究员,从事水稻栽培研究。Email:neauwq@163.com。

通信作者:来永才,博士,研究员,主要从事耕作栽培研究。E-mail:yame0451@163.com。

秸秆碳、氮、磷、钾含量。碳含量采用重铬酸钾容量法 - 外加热法测定;使用 H₂SO₄ 和 H₂O₂ 联合消煮,采用凯氏定氮仪测定植株氮素含量;使用 H₂SO₄ 和 H₂O₂ 联合消煮,采用钼锑抗比色法测定植株磷素含量^[8]。

秸秆氮(磷)素质量 = 秸秆质量 × 秸秆氮(磷)素含量;
碳氮比(C/N) = 碳素质量/氮素质量;
氮磷比(N/P) = 氮素质量/磷素质量。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥施用量下秸秆腐解的质量动态变化特征

由表 1 可知,水稻秸秆腐解率呈现逐渐增加的过程,各施氮处理变化规律基本一致,均呈现出慢—快—慢—快的过程。秸秆还入农田 9 个月内腐解缓慢,秸秆残余量较大,不同氮肥施用量处理在腐解 9 个月时的腐解率分别为 8.50%、9.33%、10.17%、9.17%、9.67%、9.25%,施氮量 103 kg/hm² (Ⅲ)处理的腐解率最高,不施氮处理的腐解率最低,平均腐

解率为 9.35%;之后随着温度的升高、降水量的增加,腐解速率加快,至还田后 12 个月,水稻还田后的第 1 个生长季结束,此时期不施氮处理的腐解率最高,施氮量 103 kg/hm² (Ⅲ)处理的腐解率最低,6 个处理平均腐解率达 49.95%;之后进入冬季,秸秆腐解基本停滞,至还田后 20 个月 6 个不同氮肥施用量处理的平均腐解率为 51.16%,整个冬季仅腐解了 1.21%,不同氮肥处理比较可知,施氮量 133 kg/hm² (Ⅳ)处理的腐解率最高,施氮量 103 kg/hm² (Ⅲ)处理的腐解率最低。还田 20 个月后,水稻开始了第 2 个生长季,秸秆腐解速度加快,但明显低于第 1 年腐解速度,至取样结束 6 个处理秸秆平均腐解率为 78.77%;不同氮肥处理比较可知,施氮量 103 kg/hm² (Ⅲ)处理的腐解率最高,施氮量 133 kg/hm² (Ⅳ)处理的腐解率最低。综上可知,不同取样时期秸秆腐解率表现出明显的时间变化规律,施氮量在 103 ~ 133 kg/hm² 秸秆腐解率较高。

表 1 还田水稻秸秆的腐解率

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	腐解率(%)						
		I	II	III	IV	V	VI	平均值
2012-10-15	0	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
2013-05-15	7	5.00a	3.50ab	2.00b	3.67a	2.83ab	3.58ab	3.43
2013-06-15	8	5.73a	5.57a	5.42a	4.83a	5.12a	5.20a	5.31
2013-07-15	9	8.50a	9.33a	10.17a	9.17a	9.67a	9.25a	9.35
2013-08-15	10	21.67a	20.83a	20.00a	24.17a	22.08a	22.50a	21.88
2013-09-15	11	45.83a	42.92ab	40.00b	45.00a	42.50ab	43.96a	43.37
2013-10-15	12	53.58a	50.33a	47.08a	50.00a	48.54a	50.17a	49.95
2014-05-15	19	52.08a	50.67a	49.25a	52.50a	50.88a	51.58a	51.16
2014-06-15	20	51.33a	50.96a	50.58a	51.67a	51.13a	51.31a	51.16
2014-07-15	21	63.25a	62.33a	61.42a	63.25a	62.33a	62.79a	62.56
2014-08-15	22	68.75a	68.79a	68.83a	68.83a	68.83a	68.81a	68.81
2014-09-15	23	76.75a	75.04ab	73.33b	76.67a	75.00ab	75.85a	75.44
2014-10-15	24	77.50ab	79.38a	81.25a	77.08b	79.17a	78.23ab	78.77

注:同行数据后不同小写字母表示 LSD 检验在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。表 2、表 3、表 5 同。

2.2 不同氮肥施用量下水稻秸秆腐解过程中的养分释放

2.2.1 总碳含量变化 由表 2 可知,还田水稻秸秆碳素含量的动态变化呈现波动性下降,秸秆腐解 7 个月后各处理碳素含量相对原始样品分别降低了 3.69%、1.46%、2.57%、3.12%、2.85%、8.27%,平均下降 3.66%,处理 VI (193 kg/hm²)下降最快,处理 II (73 kg/hm²)降低最少。至 2013 年 10 月,秸秆腐解 1 年后各处理碳素含量相对原始样品分别降低了 6.91%、2.20%、6.78%、9.06%、3.44%、4.06%,平均下降 5.40%,此时处理 IV 下降最快,处理 II 碳含量仍然降低最少。到取样结束(腐解 2 年后)各处理碳素含量相对原始样品分别降低了 12.21%、13.72%、12.95%、12.58%、12.78%、12.21%,处理 II (73 kg/hm²)碳含量降低速度加快,其秸秆最终碳素含量低于其他处理,不同氮肥处理碳含量平均下降 12.73%。可以看出,水稻秸秆碳含量降低主要出现在水稻生长季,此阶段温度较高、降水充沛,有利于秸秆腐解,而在秋冬季节水稻秸秆的碳含量降低很少,甚至出现碳含量升高的情况。

2.2.2 氮素含量及碳氮比变化 由表 3 可知,还田水稻秸秆腐解过程中氮素含量的动态变化亦呈现波动性下降,至 2013

年 5 月,秸秆腐解 7 个月后各处理氮素含量较原始氮素含量分别降低 1.47%、10.29%、2.94%、-1.47%、1.47%、-1.47%,平均下降 1.47%,氮素含量降低较小,不同氮肥处理间波动较大,处理 II (73 kg/hm²)降低最多,处理 IV (133 kg/hm²)和 VI (193 kg/hm²)的秸秆氮含量甚至有所升高,出现了富集。至 2013 年 10 月,秸秆腐解 1 年后各处理氮素含量较原始氮素含量分别降低 23.53%、-11.76%、13.24%、17.65%、-19.12%、-1.47%,平均下降 2.94%,此时处理 II、处理 V 和处理 VI 均出现不同程度的富集。到取样结束(腐解 2 年后)各氮肥处理氮含量较原始氮素含量分别降低了 10.29%、-5.88%、16.18%、13.24%、14.71%、10.29%,处理 III (103 kg/hm²)氮含量降低最多,处理 II (73 kg/hm²)出现了氮富集现象,各处理氮含量平均下降 10.29%,此时水稻秸秆平均氮含量为 0.61%。可见,水稻秸秆在腐解过程中氮含量整体下降,但在不同阶段又出现氮含量的升高,可能是水稻秸秆从环境中吸收了氮素。

由表 4 可知,水稻秸秆腐解前 C/N 为 59.40,经过 1 年的腐解后,各氮肥处理 C/N 发生了明显变化,各施氮处理的 C/N 大小依次为 I > IV > III > VI > II > V,不施氮处理(I)

表 2 不同氮肥施用量下还田水稻秸秆碳素含量变化

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	碳含量(%)						平均值
		I	II	III	IV	V	VI	
2012-10-15	0	40.39a	40.39a	40.39a	40.39a	40.39a	40.39a	40.39
2013-05-15	7	38.90a	39.80a	39.35a	39.13a	39.24a	37.05a	38.91
2013-06-15	8	36.54a	37.85a	37.20a	36.87a	37.03a	31.25b	36.12
2013-07-15	9	38.50a	32.60b	35.55ab	37.03a	36.29ab	35.09ab	35.84
2013-08-15	10	34.80a	36.80a	35.80a	35.30a	30.00a	34.80a	34.58
2013-09-15	11	38.90a	29.90b	34.40ab	36.65a	35.53ab	37.00a	35.40
2013-10-15	12	37.60ab	39.50a	37.65ab	36.73b	39.00a	38.75a	38.21
2014-05-15	19	38.90a	35.90a	37.40a	38.15a	37.78a	36.99a	37.52
2014-06-15	20	38.00a	38.20a	38.10a	38.05a	38.08a	36.54a	37.83
2014-07-15	21	35.86a	35.86a	35.86a	35.86a	35.86a	34.25a	35.59
2014-08-15	22	28.90b	35.40a	32.15ab	30.53ab	31.34ab	30.16ab	31.41
2014-09-15	23	38.90a	36.58a	37.74a	38.32a	38.03a	35.00a	37.43
2014-10-15	24	35.46a	34.85a	35.16a	35.31a	35.23a	35.46a	35.25

表 3 不同氮肥施用量下还田水稻秸秆的氮素含量变化

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	氮含量(%)						平均值
		I	II	III	IV	V	VI	
2012-10-15	0	0.68a	0.68a	0.68a	0.68a	0.68a	0.68a	0.68
2013-05-15	7	0.67a	0.61a	0.66a	0.69a	0.67a	0.69a	0.67
2013-06-15	8	0.69a	0.63a	0.62a	0.51b	0.69a	0.61a	0.63
2013-07-15	9	0.64a	0.68a	0.69a	0.60a	0.61a	0.60a	0.64
2013-08-15	10	0.65a	0.53b	0.71a	0.59b	0.60ab	0.60ab	0.61
2013-09-15	11	0.66ab	0.75a	0.68ab	0.66ab	0.60b	0.67ab	0.67
2013-10-15	12	0.52b	0.76a	0.59b	0.56b	0.81a	0.69ab	0.66
2014-05-15	19	0.45b	0.72a	0.77a	0.61ab	0.69a	0.51b	0.63
2014-06-15	20	0.49c	0.74ab	0.83a	0.66b	0.74ab	0.6b	0.68
2014-07-15	21	0.65b	0.83a	0.67b	0.66b	0.66b	0.59b	0.68
2014-08-15	22	0.68b	0.74a	0.69b	0.68b	0.68b	0.67b	0.69
2014-09-15	23	0.67ab	0.79a	0.58b	0.62b	0.60b	0.69ab	0.66
2014-10-15	24	0.61b	0.72a	0.57b	0.59b	0.58b	0.61b	0.61

的 C/N 最高,为 71.86,明显高于其他处理,而高施氮肥处理 V (163 kg/hm²) 的 C/N 最低。秸秆腐解 2 年后,各处理 C/N 有了不同程度的变化,低施氮量处理(I 、 II) 的 C/N 均出现

了不同程度的下降,而施氮量在 103 ~ 163 kg/hm² 的各氮肥处理 C/N 均出现了不同程度的升高。可见,水稻秸秆 C/N 受氮肥施用影响明显。

表 4 不同氮肥施用量下还田水稻秸秆的碳氮比变化

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	碳氮比						平均值
		I	II	III	IV	V	VI	
2012-10-15	0	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
2013-05-15	7	58.07	64.95	59.34	57.00	58.15	53.98	58.58
2013-06-15	8	53.24	59.97	60.27	72.45	53.95	51.25	58.52
2013-07-15	9	60.24	48.10	51.20	61.75	59.52	58.37	56.53
2013-08-15	10	53.42	69.88	50.78	59.70	49.91	58.13	56.97
2013-09-15	11	58.86	39.92	50.87	55.58	59.34	55.24	53.30
2013-10-15	12	71.86	52.31	63.44	65.77	35.63	56.46	57.58
2014-05-15	19	86.03	50.08	48.35	62.25	54.49	72.69	62.32
2014-06-15	20	77.24	51.85	45.97	57.62	51.13	60.94	57.46
2014-07-15	21	55.31	43.09	53.53	54.41	53.97	57.92	53.04
2014-08-15	22	42.78	47.77	46.84	44.82	45.84	45.02	45.51
2014-09-15	23	58.37	46.19	65.42	61.64	63.46	50.99	57.68
2014-10-15	24	57.87	48.61	61.29	59.52	60.39	58.16	57.64

2.2.3 磷素含量变化 由表 5 可知,水稻秸秆磷素含量整体呈现下降的过程,秸秆腐解前期磷素含量下降较快,至秸秆腐解 9 个月后,磷素含量平均下降 56.25%,之后磷素含量一直

没有明显变化,保持在 0.07% 左右的水平。不同氮肥处理间比较,秸秆腐解 2 年后,施氮处理 VI (193 kg/hm²) 磷素含量最高,显著高于其他处理。

表 5 不同氮肥施用量下还田水稻秸秆的磷素含量变化

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	磷含量(%)						平均值
		I	II	III	IV	V	VI	
2012-10-15	0	0.16a	0.16a	0.16a	0.16a	0.16a	0.16a	0.16
2013-05-15	7	0.16a	0.15a	0.16a	0.14a	0.15a	0.16a	0.15
2013-06-15	8	0.08b	0.05b	0.15a	0.15a	0.06b	0.15a	0.11
2013-07-15	9	0.08a	0.04b	0.06ab	0.05b	0.07ab	0.10a	0.07
2013-08-15	10	0.07a	0.04a	0.05a	0.05a	0.06a	0.06a	0.06
2013-09-15	11	0.06a	0.04a	0.07a	0.06a	0.07a	0.06a	0.06
2013-10-15	12	0.06a	0.06a	0.05a	0.05a	0.07a	0.07a	0.06
2014-05-15	19	0.05a	0.07a	0.05a	0.06a	0.08a	0.06a	0.06
2014-06-15	20	0.06b	0.05b	0.06b	0.06b	0.11a	0.07b	0.07
2014-07-15	21	0.07b	0.05b	0.06b	0.06b	0.1a	0.07b	0.07
2014-08-15	22	0.04a	0.03a	0.06a	0.06a	0.06a	0.08a	0.06
2014-09-15	23	0.06b	0.06b	0.03b	0.06b	0.07b	0.11a	0.07
2014-10-15	24	0.06b	0.07b	0.05b	0.06b	0.07b	0.10a	0.07

由表 6 可知,水稻秸秆腐解前 N/P 为 4.25,经过 1 年的腐解后,各氮肥处理 N/P 明显提高,不同氮肥处理 N/P 大小依次为 II > V > III > VI > IV > I,施氮量 73 kg/hm² 时 N/P 最大,而不施氮肥处理 N/P 最小,各氮肥处理平均 N/P 为 10.93。秸秆腐解 2 年后,部分处理的 N/P 较还田 1 年时有所

降低,施氮量 103 kg/hm² 时 N/P 最大,而施氮量达到 193 kg/hm² 时 N/P 最小,各氮肥处理平均 N/P 为 9.38。综上所述,不同施氮处理 N/P 受氮肥影响较大,但在不同腐解时期其规律并不一致,整体表现为不施氮处理和过量施氮处理的 N/P 较低,可见,适当施用氮肥,能够提高水稻秸秆的 N/P。

表 6 不同氮肥施用量下还田水稻秸秆氮磷比变化

调查日期 (年-月-日)	腐解时间 (月)	氮磷比						平均值
		I	II	III	IV	V	VI	
2012-10-15	0	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
2013-05-15	7	4.29	4.11	4.28	4.80	4.52	4.24	4.37
2013-06-15	8	8.22	12.82	4.06	3.39	12.26	3.99	7.46
2013-07-15	9	8.19	16.14	11.02	13.32	9.13	6.01	10.64
2013-08-15	10	9.65	12.54	13.30	12.45	10.28	9.32	11.26
2013-09-15	11	10.83	18.05	9.26	11.57	8.40	11.96	11.68
2013-10-15	12	8.72	13.05	10.94	10.20	12.38	10.28	10.93
2014-05-15	19	8.49	9.92	16.03	10.05	8.94	8.70	10.36
2014-06-15	20	7.97	13.71	12.95	11.10	6.68	8.42	10.14
2014-07-15	21	9.53	15.70	10.55	10.63	6.92	8.99	10.39
2014-08-15	22	15.53	22.12	10.98	10.64	11.69	8.64	13.27
2014-09-15	23	10.75	14.14	16.72	9.79	8.41	6.16	11.00
2014-10-15	24	9.92	9.92	10.82	10.41	8.87	6.35	9.38

3 讨论与结论

秸秆直接还田能培肥地力,增加土壤有机碳含量,可使养分得到循环利用^[9]。土壤微生物对进入农田的秸秆进行分解,使作物能够利用秸秆中释放出的氮、磷、钾等养分。水稻秸秆还田腐解总体上表现为生长季腐解速度快而非生长季缓慢的特点。本研究中秸秆腐解随时间的变化表现为“慢—快—慢—快”,即在水稻还田初期腐解缓慢,进入水稻生长季后腐解加速,还田 1 年后累积腐解率为 49.95%,秸秆约腐解了一半,还田第 2 年腐解率为 28.82%,2 年累积腐解率为 78.77%。而闫超对哈尔滨市的研究表明,第 1 个水稻生育季结束后还田秸秆腐解率达 50% 以上,在试验进行的第 2 年秸秆腐解速率明显降低,2 年累积腐解率为 67.13%^[7],与本研究中结果较为接近,第 1 年腐解速率快,而第 2 年腐解速率明显降低,其 2 年累积腐解率较本研究低 10% 左右,可能是秸秆埋入农田时间及水稻晒田期间土壤水分条件不同所致。

而不同氮肥处理间比较可知,施氮量在 103 ~ 133 kg/hm² 秸秆腐解速率较高,与张姗等的研究结果^[10] 不尽相同,他们在小麦田中的试验表明水稻秸秆腐解率随施氮量的增加而显著增加,造成差异的原因主要是由于水旱环境不同,水田中氮肥对秸秆的作用时间短造成的。而不同氮肥处理下水稻秸秆中的碳、氮、磷含量并未因氮肥的施入而发生规律性的变化;而含量随时间发生了明显变化,磷含量降低最为明显,秸秆还田 1 年后磷、碳、氮含量分别降低 62.50%、5.40%、2.94%,腐解 2 年后磷含量降低 56.25%,而碳、氮含量降低趋势较为接近,分别降低了 12.73%、10.29%。土壤 C/N 是衡量水稻生长发育的一项关键指标,一般研究认为土壤 C/N 过高会影响水稻生长发育^[11],而土壤 C/N 变化是受还田秸秆养分含量变化影响的。本研究发现,在水稻还田 1 年后,不施氮肥处理的 C/N 比最高,明显高于施氮肥的 5 个处理;而还田 2 年后,氮肥的施用对不同氮肥处理的秸秆 C/N 影响并不一致,可见氮肥对水稻秸秆 C/N 的影响主要表现在第 1 年。水稻

王藏姣,牟守国,赵 华. 干旱风沙区采煤扰动耕地土壤改良方法研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):201-206.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.054

干旱风沙区采煤扰动耕地土壤改良方法研究

王藏姣,牟守国,赵 华

[中国矿业大学(徐州)环境与测绘学院/江苏省资源环境信息工程重点实验室,江苏徐州 221116]

摘要:采煤扰动致使矿区耕地受损,土壤改良措施缺乏使耕地进一步退化。为揭示有机肥、保水剂、绿肥及间作等土壤改良措施对采煤扰动区耕地土壤理化性质及土壤综合肥力的改良效果,以大柳塔煤矿区内受损耕地为研究对象,设计有机肥梯度试验、保水剂改良试验、种植豆科绿肥试验及间作试验对土壤改良效果进行分析。结果表明,有机肥处理中,133.33 kg/hm² 有机肥处理能显著改善 NH₄⁺ - N、碱解氮和速效磷($P < 0.05$);保水剂试验中,保水剂 + 有机肥可显著改善速效钾($P < 0.05$);豆科绿肥试验中,紫花苜蓿可显著提高碱解氮含量($P < 0.05$);间作处理中,玉米 + 大豆间作可显著提高物理性黏粒含量($P < 0.05$);施用有机肥及有机肥 + 保水剂对土壤综合肥力有所改良。研究结果可为干旱风沙区采煤扰动耕地土壤改良提供依据。

关键词:土壤培肥;土壤理化性质;土壤综合肥力;采煤塌陷地;耕地

中图分类号: X752;S156 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0201-06

煤炭是我国最主要一次性能源,消耗量大,约占一次性能源总量的 74%,而其中 96% 为井工开采^[1]。井工开采造成采空区上部顶板垮落,上覆岩层移动与变形,进而导致矿区范围内耕地耕层受损,土壤有机质及土壤氮磷钾含量降低^[2]、土壤黏粒减少,耕地逐渐沙化^[3],最终导致耕地减产甚至绝产。我国西部煤矿区内受采煤扰动影响的耕地面积大、恢复能力弱且所需时间长^[3-5]。矿区范围内耕地因开采扰动影响及不合理耕种使具备耕种条件的土地被抛荒,而有效土壤培肥方

法的缺乏使耕地土壤理化性质进一步恶化^[4,6]。

国内外有关土壤改良方法的研究较多,大量研究表明,施用有机肥可有效改善土壤理化性质,实现作物增产^[2,7]。针对干旱半干旱地区土壤水分短缺问题,保水剂成为干旱半干旱地区耕地改良的重要手段之一。保水剂吸水能力可达自身质量的数百倍之多,作为土壤改良剂具有改善土壤结构、提高土壤持水性能、保持土壤氮磷钾元素、增进作物抗旱能力、强化土壤酶活性等作用^[2,8]。豆科绿肥作物作为土壤改良中低成本生物工程,其突出的固氮能力,发达的根系生长对土壤结构及土壤有机质含量均具有改良作用,因此成为土壤改良中的重要手段之一^[9-10]。土壤改良是人与自然综合作用的结果,而间作模式为农户实际种植过程及研究者所热衷,作为人类对耕地集约利用的典范,对土壤肥力具有一定调节作用。研究表明,不同的耕地管理模式不但能改良土壤物理、化学及生物等性质,而且能提高土地利用率和作物产量^[11-12]。然而,当前对适合干旱半干旱风沙脆弱区采煤扰动耕地的土壤

收稿日期:2016-05-13

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(编号:2013CB227904)。

作者简介:王藏姣(1992—),女,湖南安化人,硕士研究生,研究方向为土地复垦与生态重建。E-mail:wangcangjiao@126.com。

通信作者:牟守国,硕士,副教授,主要从事矿区生态修复等方面的研究。E-mail:mushouguo@163.com。

秸秆 N/P 随着还田时间的增加呈现波动性上升的趋势,这与秸秆中磷素含量下降快,而氮素变化平缓有关;N/P 受氮肥的影响也较大,适当施用氮肥(73 ~ 163 kg/hm²),能够提高水稻秸秆的 N/P,而不施氮处理和过量施氮处理的 N/P 较低。

参考文献:

- [1] 杨滨娟,钱海燕,黄国勤,等. 秸秆还田及其研究进展[J]. 农学报,2012,2(5):1-4.
- [2] 刘建胜. 我国秸秆资源分布及利用现状的分析[D]. 北京:中国农业大学,2005.
- [3] 王代平,陈 燕,黄厚宽. 不同作物秸秆添加腐熟剂进行还田对水稻产量及土壤理化性质的影响[J]. 安徽农学通报(上半月刊),2013,19(5):64-65.
- [4] 徐国伟. 种植方式、秸秆还田与实地氮肥管理对水稻产量与品质的影响及其生理的研究[D]. 扬州:扬州大学,2007.
- [5] 李朝苏,谢瑞芝,黄 钢,等. 稻麦轮作区保护性耕作条件下氮肥

对水稻生长发育和产量的调控效应[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(3):528-535.

[6] 马宗国,卢绪奎,万 丽,等. 小麦秸秆还田对水稻生长及土壤肥力的影响[J]. 作物杂志,2003(5):37-38.

[7] 闫 超. 水稻秸秆还田腐解规律及土壤养分特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2015.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[9] 何念祖,林咸永,林荣新,等. 面施和深施对秸秆中氮磷钾释放的影响[J]. 土壤通报,1995,26(7):40-42.

[10] 张 娜,石祖梁,杨四军,等. 施氮和秸秆还田对晚播小麦养分平衡和产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(9):2714-2720.

[11] Gök M, Ottow J C G. Effect of cellulose and straw incorporation in soil on total denitrification and nitrogen immobilization at initially aerobic and permanent anaerobic conditions [J]. Biology and Fertility of Soils, 1988, 5(4):317-322.