

秸秆还田和保护性耕作对砂姜黑土有机质和氮素养分的影响^①

王晓波¹, 车威¹, 纪荣婷¹, 何传龙², 朱安宁³, 王伏伟¹, 朱林^{1*}

(1 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036; 2 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 合肥 230031; 3 封丘农业生态实验站, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘要:通过田间试验, 分别采集小麦成熟期、玉米成熟期和小麦播种期耕层土样, 研究不同的秸秆还田方式(秸秆还田、焚烧还田和火粪还田)与保护性耕作(减耕和免耕)对砂姜黑土有机质和氮素养分的影响, 以期得到培肥砂姜黑土的最佳方式。结果表明: 作物秸秆还田可以增加砂姜黑土有机质和全氮的含量, 但是对速效氮含量影响不大。在不同的秸秆还田和保护性耕作处理中, 秸秆火粪还田和免耕条件下的秸秆还田对砂姜黑土有机质和全氮含量的增加效果最为明显。与对照相比, 秸秆火粪还田后土壤有机质和全氮含量分别平均提高 4.45 g/kg 和 0.131 g/kg; 免耕条件下的秸秆还田其土壤有机质和全氮含量分别平均提高 3.36 g/kg 和 0.095 g/kg; 减耕条件下的秸秆还田和秸秆粉碎还田对增加砂姜黑土有机质和全氮含量的效果不显著; 秸秆焚烧不能增加砂姜黑土有机质和全氮的含量。秸秆还田和保护性耕作不会大幅度提高砂姜黑土 C/N 进而影响土壤氮素养分的供应, 同时秸秆还田能有效提高土壤微生物量碳氮, 但微生物量的碳氮比却保持在适宜的范围。

关键词: 秸秆还田; 保护性耕作; 砂姜黑土; 有机质; 氮素; 微生物生物量

中图分类号: S158.5

农作物生产过程中所产生的秸秆是重要的有机肥源之一, 秸秆还田是农田生态系统中物质循环和再利用的良好形式^[1]。秸秆传统利用方式多是制成厩肥、沤肥、堆肥、沼气肥原料, 或直接烧成草木灰来进行还田。保护性耕作, 即实行少耕、免耕, 用农作物秸秆覆盖地表, 减少风蚀、水蚀对农田的不良影响, 同时提高土壤的保肥能力和抗旱能力。很多研究表明, 保护性耕作能够增加土壤含水量, 降低作物苗期土壤温度, 促进作物增收^[2-4]。

砂姜黑土是安徽省一种典型的半水成土壤, 安徽省砂姜黑土面积 3.7 亿多公顷, 占全国砂姜黑土总面积的 41.45%, 主要分布在淮北平原的中南部及其平原延伸的淮河以南洼地。砂姜黑土所含黏土矿物主要是蒙脱石, 土壤结构性能不良, 物理性状差, 质地黏重, 干缩湿胀、易旱易涝、耕性差、土壤瘠薄, 低产原因可概括为涝渍、旱、瘠、僵、碱五个方面。研究表明, 增施有机肥, 可抑制蒙脱石的胀缩性, 改善砂姜黑土的干缩湿胀性能, 是改良砂姜黑土的重要措施之一^[5]。秸秆作为重要的有机肥源, 可改善砂姜黑

土性质, 研究不同的秸秆还田方式和保护性耕作培肥砂姜黑土的作用具有重要意义。

长期以来国内外从不同方面研究了秸秆还田对农田土壤理化性状以及各种元素的影响, 但由于土壤条件差异、秸秆成分不同以及对秸秆处理方式的差异等, 不同学者所得结论在较大程度上存在差异, 甚至相互矛盾^[6]。迄今为止, 研究秸秆还田培肥砂姜黑土效应的报道已有不少, 但在常规施肥条件下有关不同的秸秆还田方式结合保护性耕作培肥砂姜黑土的研究较少。本研究主要采用田间定位试验的方法, 研究作物秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土有机质和氮素养分的影响, 旨在探究出培肥砂姜黑土的最佳秸秆还田及耕作方式, 为探寻持续高产的土壤保育技术提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 田间试验

1.1.1 试验地情况 该试验设置为长期定位试验, 从 2012 年 9 月开始实行, 预期实行 3 年以上。现为

基金项目: 安徽省自然科学基金项目(1408085MD75)和安徽省高校自然科学基金重点项目(KJ2013A113)资助。

* 通讯作者(zhulin@ahau.edu.cn)

作者简介: 王晓波(1989—), 男, 安徽合肥人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态与养分管理方面的研究。E-mail: goive_wang@163.com

该试验的初步阶段。试验地位于安徽省蒙城县马店试验站试验田。供试土壤为砂姜黑土,肥力较低,土壤含游离 CaCO_3 , 在 40 cm 以下土层中有较多白果状砂姜结核^[7], 由于长期施肥等因素的影响,土壤 pH 较正常值偏低。测试播前 0~20 cm 耕层土壤养分状况, 试验地砂姜黑土基本理化性状如表 1。

表 1 试验地土壤基本理化性状
Table 1 The basic physicochemical properties of the tested soil

pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
5.80	14.20	0.98	23.8	98.0

表 2 秸秆还田和保护性耕作试验田间设计
Table 2 The field experiment design of straw returning and protective tillage

处理	操作
CK 对照	常规小麦-玉米轮作, 小麦、玉米地面以上秸秆全部移走
SR 翻耕+秸秆还田	小麦秸秆切成 5 cm, 玉米秸秆粉碎后均翻入土中还田
RT-SR 减耕+秸秆还田	种小麦前翻土, 种玉米前不翻土, 小麦秸秆不粉碎铺于地表, 玉米秸秆粉碎翻入土中播种小麦
NT-SR 免耕+秸秆还田	小麦秸秆、玉米秸秆不粉碎铺在地表后进行播种
BSR 秸秆焚烧还田	每季收获的秸秆就地焚烧还田
ICR 秸秆火粪还田	将一季小麦和玉米秸秆量的 4 倍进行火粪还田, 收获秸秆移走

烧), 形成“火粪”直接翻入耕作层。小麦秸秆量设为 $6\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ (18 kg/小区), 玉米秸秆设为 $7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ (22.5 kg/小区)。

1.2 田间管理

小麦: 2012 年 10 月播种, 小麦品种烟农 19, 播种量: $226.8\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 4 行/m, 34 g/行(长 6 m)。小区划好施肥后喷灌一遍, 墒情适合时播种。处理 NT-SR(全免耕)因试验为第一季, 小区土壤翻耕, 播好小麦后将玉米秸秆覆盖上面。在灌浆成熟期灌一次水, 小麦 2013 年 6 月 13 日收割。

玉米: 2013 年 6 月播种, 玉米品种天泰 16, 玉米密度: $60\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2$, 180 株/小区(共 10 行、每行 18 株, 株距 33 cm)。小区按各处理进行。在大喇叭口期灌一次水, 玉米 2013 年 10 月 8 日收割。

秸秆还田配施化肥能合理调节土壤温度, 显著提高土壤微生物的数量与活性, 有利于土壤生态环境的改善^[8]。由于还田秸秆的 C/N 较大, 所以在秸秆还田初期, 微生物需要大量的氮素满足其对 C/N 的要求。本试验中, 我们对各处理均采用相同的施肥处理, 小麦施用肥 N:P:K = 12:4:4, 玉米施用肥 N:P:K = 15:3:6, 60% 的氮肥和全部磷钾肥基施, 40% 的氮肥分别在小麦返青拔节期和玉米大喇叭口期追施。试验小区施肥处理如表 3 所示。

试验区属暖温带半湿润气候, 四季分明、气候温和、光照充足, 雨量适中。由于季风明显, 冷暖气团交替频繁, 气候多变, 灾害时有出现, 降雨年际年内分配不均。

1.1.2 试验处理 试验小区面积 $30\ \text{m}^2$ (6 m × 5 m), 沟 50 cm, 同时设置保护行, 6 个处理, 重复 3 次, 随机区组设计, 冬小麦-夏玉米轮作。田间处理如表 2 所示。

秸秆焚烧还田: 将秸秆在田块上就地暴露在空气中完全燃烧, 形成草木灰后还田。秸秆火粪还田: 将秸秆在田块上就地隔绝空气长时间闷烧(不完全燃

表 3 试验小区施肥处理情况(kg)
Table 3 The fertilization treatments of experimental plots

施肥期	作物	尿素 (46%)	磷酸二铵 (18%~46%)	氯化钾 (60%)
基肥	小麦	0.55	0.39	0.30
	玉米	0.76	0.29	0.45
追肥	小麦	0.47		
	玉米	0.59		

1.3 土壤样品采集和处理方法

按梅花形布点法, 选取 5 个采样点, 分别于 2013 年小麦成熟期(6 月 13 日)、玉米成熟期(10 月 8 日)和小麦播种期(10 月 21 日)采集各小区耕层土壤(20 cm)制得混合土壤样品。土壤样品即时装入贴好标签的采样袋中, 每个混合土壤样品一式两份, 一份用于常规养分含量指标测定; 另一份样品 $-80\ ^\circ\text{C}$ 贮存, 用于土壤微生物量测定(测定微生物量前, 土样取出自然解冻后, 预培养一周)。

1.4 分析测试方法

有机质测定采用重铬酸钾氧化, 硫酸亚铁滴定法; 全氮测定采用开氏法半微量蒸馏法; 速效氮测定采用扩散培养法^[9]。土壤微生物生物量碳的测定采用氯仿熏蒸提取容量法^[10], 微生物生物量氮的测定采用氯仿熏蒸提取紫外比色法^[10, 11], 微生物生物量碳转换系数 k_{BC} 取 0.38, 微生物生物量氮转换系数 k_{EN} 取 0.45。试验数据分析采用 Excel 和 SAS 统计软件 9.2

进行。

2 结果与讨论

2.1 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土有机质含量的影响

秸秆中含有大量的木质素、纤维素、半纤维素等，是有机质的重要来源，土壤有机质是衡量土壤肥力高低和保肥性能的重要指标之一，有机质含量的高低可以很好地衡量秸秆还田和保护性耕作对培肥砂姜黑土的作用。

分别测定小麦成熟期、玉米成熟期、小麦播种期土壤有机质含量。如表 4 所示，不同采样时期，不同处理间土壤有机质含量存在显著差异，表明不同秸秆还田方式和保护性耕作会影响土壤有机质含量。综合各时期不同处理间土壤有机质含量的变化情况，土壤有机质含量高低顺序依次为：处理 ICR>NT-SR>RT-SR>SR>BSR>CK。

表 4 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土有机质含量的影响(g/kg)

处理	小麦成熟期	玉米成熟期	小麦播种期
CK	18.43 ± 0.78 b	16.06 ± 0.55 c	12.03 ± 0.78 c
SR	18.98 ± 0.42 b	17.33 ± 0.18 b	13.72 ± 0.42 c
RT-SR	19.27 ± 0.72 b	17.44 ± 0.41 b	14.16 ± 0.72 bc
NT-SR	21.10 ± 0.18 ab	20.08 ± 0.17 a	15.43 ± 0.18 b
BSR	18.69 ± 0.62 b	16.51 ± 0.09 bc	12.77 ± 0.62 c
ICR	22.15 ± 1.10 a	20.17 ± 0.84 a	17.54 ± 1.10 a

注：表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下表同。

统计分析结果表明，在作物各生育期内，ICR 处理土壤有机质含量最高，与其他各处理间的差异均达到了显著水平。NT-SR 处理土壤有机质含量次之，在小麦成熟期和小麦播种期中与其他各处理差异达到了显著水平 ($P < 0.05$ ，下同)，而在玉米成熟期中与 ICR 处理差异不显著，但与其他各处理的差异达到显著水平。秸秆还田对砂姜黑土有机质含量的增加有一定的作用，但是不同处理的影响不同，秸秆火粪还田及免耕条件下的秸秆还田对砂姜黑土有机质的增加效果最为明显，减耕条件下的秸秆还田和秸秆粉碎还田对砂姜黑土有机质含量的增加都有一定的作用，但是增加效果并不明显。相比较而言，秸秆焚烧还田处理的土壤有机质含量和对照相差不大，秸秆焚烧并不能增加砂姜黑土有机质的含量。

2.1.1 不同耕作方式对砂姜黑土有机质含量的影响 由表 4 可知，在秸秆还田处理下，不同的耕

作方式(处理 CK、SR、RT-SR、NT-SR)对砂姜黑土有机质的含量有一定影响。不同的采样时期，土壤有机质含量的变化趋势一致。从采样时期来看，土壤有机质含量变化为小麦成熟期 > 玉米成熟期 > 小麦播种期。小麦成熟期，土壤微生物活动比较频繁，有利于秸秆分解，土壤有机质含量增长较多。从不同耕作方式处理来看，NT-SR 处理的土壤有机质含量最高，SR 处理的土壤有机质含量略低于减耕处理，但是差异并不明显，CK 处理的土壤有机质含量最低，与 CK 相比，NT-SR 处理的土壤有机质含量平均提高 3.36 g/kg，差异显著。免耕土壤结构稳定，蓄水保水能力最佳，免耕和少耕均能改善土壤物理性状，促进土壤养分释放^[12]。

2.1.2 不同秸秆还田方式对砂姜黑土有机质含量的影响 如表 4，不同的秸秆还田方式(处理 CK、SR、BSR、ICR)对砂姜黑土有机质的含量影响较大。在不同的采样时期，各处理土壤有机质含量的变化趋势一致，均随小麦成熟期、玉米成熟期及小麦播种期而降低。秸秆还田可以增加砂姜黑土有机质含量。不同秸秆还田处理中，ICR 的土壤有机质含量最高，秸秆火粪还田可以显著改善砂姜黑土有机质状况，与 CK 相比，土壤有机质含量平均提高 4.45 g/kg。BSR 处理的土壤有机质含量略高于 CK，但差异不显著，秸秆焚烧处理带走了秸秆中大部分的有机养分，因而并不能增加砂姜黑土有机质的含量^[13]。

2.2 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土全氮含量的影响

小麦秸秆含氮量为 0.50% ~ 0.67%，玉米秸秆含氮量为 0.48% ~ 0.50%^[1]，秸秆除了是良好的钾源，还是重要的氮源物质，对土壤氮素增加有重要的作用。土壤全氮含量通常用于衡量土壤氮素的基础肥力，表明了土壤的潜在供氮水平。分别测定小麦成熟期、玉米成熟期、小麦播种期土壤全氮含量。如表 5 所示，不同采样时期土壤全氮含量不同，综合各时期不同处理间全氮含量的变化情况，全氮含量高低顺序依次为：处理 ICR>NT-SR>RT-SR>SR>CK>BSR。

表 5 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土全氮含量的影响(g/kg)

处理	小麦成熟期	玉米成熟期	小麦播种期
CK	1.040 ± 0.060 3 b	0.978 ± 0.007 5 b	0.937 ± 0.090 3 bc
SR	1.045 ± 0.035 5 b	0.985 ± 0.015 1 b	1.040 ± 0.040 2 b
RT-SR	1.066 ± 0.046 3 b	0.994 ± 0.046 3 b	1.048 ± 0.054 8 b
NT-SR	1.120 ± 0.054 8 ab	1.022 ± 0.017 5 b	1.059 ± 0.036 4 b
BSR	1.001 ± 0.015 1 b	0.968 ± 0.015 7 b	0.894 ± 0.008 0 c
ICR	1.202 ± 0.076 5 a	1.072 ± 0.065 4 a	1.073 ± 0.015 8 a

统计分析结果表明,各时期处理中 ICR 全氮含量均显著高于 CK,其他的秸秆还田及保护性耕作处理全氮含量略高于 CK,但差异并不显著。与有机质含量变化不同,BSR 处理的土壤全氮含量甚至低于 CK。结果表明,秸秆还田和保护性耕作对土壤全氮含量增加确有作用,而秸秆焚烧还田对土壤全氮并无增加作用。

2.2.1 不同耕作方式对砂姜黑土全氮含量的影响 由表 5 可知,在秸秆还田条件下,不同的耕作方式(处理 CK, SR, RT-SR, NT-SR)对砂姜黑土全氮含量有一定影响,各处理土壤全氮含量随采样时期呈降低趋势。比较不同耕作方式处理,NT-SR 处理的土壤全氮含量最高;SR 处理略低于 RT-SR,但差异不明显;CK 处理全氮含量最低,与 CK 相比,免耕处理的土壤全氮含量平均提高 0.095 g/kg。但总体而言,不同耕作方式对土壤全氮含量的影响不如土壤有机质明显,全氮含量只是略微增加。

2.2.2 不同秸秆还田方式对砂姜黑土全氮含量的影响 如表 5,不同的秸秆还田方式(处理 CK, SR, BSR, ICR)显著影响砂姜黑土全氮含量。各种秸秆还田处理中,ICR 处理土壤全氮含量高于其他处理并达到显著水平。与 CK 相比,秸秆火粪还田处理全氮含量平均提高 0.131 g/kg。从采样时期来看,小麦成熟期和玉米成熟期,SR 处理、BSR 处理和 CK 差异不大,小麦播种期秸秆粉碎还田全氮含量明显高于秸秆焚烧还田和 CK 处理,但低于秸秆火粪还田处理。焚烧秸秆使得秸秆中的氮素因焚烧而被带走,因此不能增加土壤全氮含量。

2.3 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土速效氮含量的影响

速效氮含量表明了土壤供氮水平的高低,其含量与作物生长有着密切的关系。分别测定小麦成熟期、玉米成熟期、小麦播种期土壤速效氮含量。如表 6 所示,同一作物生育期,不同处理间土壤速效氮含量差异并不显著,不同秸秆还田方式和保护性耕作对砂

表 6 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土速效氮含量的影响(mg/kg)

Table 6 The effects of straw incorporation and conservation tillage patterns on available nitrogen content in the line concretion black soil

处理	小麦成熟期	玉米成熟期	小麦播种期
CK	147.85 ± 16.44 a	96.94 ± 1.67 a	90.16 ± 10.50 a
SR	144.87 ± 10.15 a	104.12 ± 2.17 a	93.42 ± 5.41 a
RT-SR	147.83 ± 10.21 a	95.86 ± 5.56 a	86.47 ± 5.25 a
NT-SR	142.04 ± 6.59 a	95.14 ± 1.32 a	112.27 ± 20.47 a
BSR	145.26 ± 4.45 a	101.73 ± 2.69 a	81.65 ± 1.49 a
ICR	134.40 ± 5.79 a	100.38 ± 1.35 a	90.44 ± 7.88 a

姜黑土速效氮含量有所影响,但是其差异并未达到显著水平。各处理在不同采样时期,土壤速效氮的含量有所不同,随着作物生长,因作物对土壤速效氮的吸收呈现出减低的趋势,而免耕条件下小麦播种期土壤碱解氮不降反增,表明免耕对提高土壤速效氮含量具有一定作用。

2.3.1 不同耕作方式对砂姜黑土速效氮含量的影响 在秸秆还田条件下,在小麦成熟期不同耕作方式处理(CK, SR, RT-SR, NT-SR),砂姜黑土速效氮含量差异不显著(表 6)。随着时间的推移土壤速效氮含量呈降低趋势,但在小麦播种期 NT-SR 处理土壤速效氮含量较玉米成熟期增加。研究表明^[13,14],免耕处理可以显著增加土壤酶活性,改善土壤微生物群落结构,提高土壤速效养分。从变化趋势上来说,免耕可以减缓土壤速效氮含量的降低。

2.3.2 不同秸秆还田方式对砂姜黑土速效氮含量的影响 由表 6 可知,随着时间的推移土壤速效氮的含量逐渐降低,在不同秸秆还田方式的处理中(CK, SR, BSR, ICR),随作物生长期的不同土壤速效氮含量呈相同的降低趋势。各时期不同秸秆还田方式之间土壤速效氮含量差异不大,表明秸秆还田方式对土壤速效氮含量的影响不显著。土壤速效氮含量反映土壤释放氮素的水平,一方面,与土壤氮素水平(土壤全氮含量)有着很大的相关性;另一方面,其更是受土壤环境(pH、水分、温度、空气、微生物活动等)以及植物生长状况和生活力等多方面因素的影响^[15]。

2.4 秸秆不同还田方式和保护性耕作对砂姜黑土 C/N 的影响

土壤 C/N 表示土壤中碳素和氮素含量的比值,与土壤微生物的生物活性有着很大关系。土壤肥力高低及其熟化程度常与土壤 C/N 呈一定相关性,可作为土壤肥力的综合指标之一^[16]。从微生物对土壤碳素和氮素的利用情况来看,不同的土壤 C/N 引起土壤氮的同化量和矿化量的变化。当土壤 C/N < 15 时,氮的同化量 < 氮的矿化量,土壤有多余氮素剩余,土壤氮素营养状况得到改善;当土壤 15 < C/N < 30 时,氮的同化量和氮的矿化量基本相等,土壤氮素平衡;当土壤 C/N > 30 时,氮的同化量 > 氮的矿化量,微生物和植物争夺土壤氮素,影响植物生长^[17]。

由图 1 可知,随着采样时期的变化,土壤 C/N 有下降的趋势。从不同处理来看,处理 ICR 和处理 NT-SR 的土壤 C/N 较其他处理较大,处理 CK 的土壤 C/N 最小,原因可能是除处理 CK 外其他各处理都进行了以不同方式的秸秆还田,增加了进入土壤的总碳量。尽管火粪还田和免耕条件下的秸秆还田提高了

土壤 C/N,但是秸秆还田的各处理其土壤 C/N 基本在 8 ~ 12 之间(土壤的 C/N < 15),表明土壤的碳氮比仍在适宜的范围之内,不会因秸秆还田造成土壤氮素过低而影响土壤的氮素养分供应。土壤 C/N 越低,表明土壤肥力越高,土壤微生物活性越高,就会存在多余的氮素供应。因此,秸秆还田和保护性耕作可以改善土壤的肥力状况,在本试验的条件下不会大幅度地提高土壤 C/N。

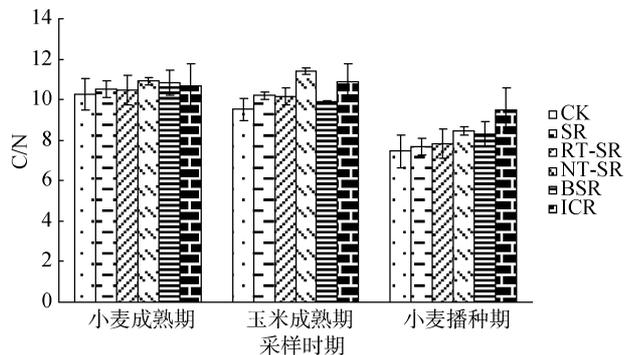


图1 秸秆不同还田方式和保护性耕作对土壤 C/N 的影响
Fig. 1 The effects of straw returning and conservation tillage patterns on soil C/N

2.5 秸秆不同还田方式和保护性耕作对土壤生物量的影响

秸秆直接还田后的腐解过程是微生物参与下的生物化学过程。在这个过程中,微生物利用土壤中的碳源和氮源完成自身的繁殖和生理过程,将土壤中的养分同化成自身机体的组成部分。

微生物生物量氮是土壤氮素的一个重要储备库,土壤微生物本身也是土壤氮素转化的活性库之一^[18-19],如图2所示,除了SR处理,其他4个处理(RT-SR, NT-SR, BSR 和 ICR)均能显著提高土壤微生物生物量氮含量,分别提高了 21.1%、39.4%、42.8%、74.6%。

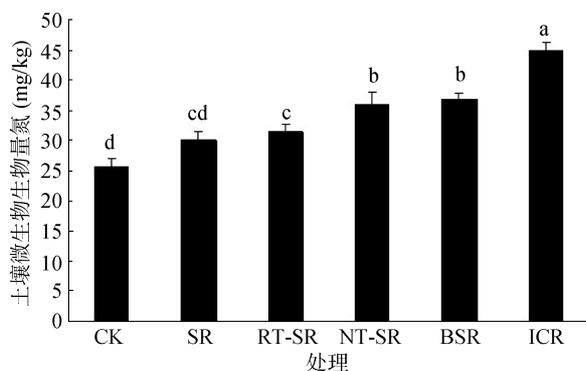


图2 秸秆不同还田方式和保护性耕作对土壤微生物生物量氮含量的影响

Fig. 2 The effects of straw returning and conservation tillage patterns on nitrogen content of soil microbial biomass

其中 RT-SR 和 NT-SR 相比较 CK 处理虽然也显著提高了土壤的微生物量氮含量,但是低于 BSR 处理且远低于 ICR 处理。

土壤微生物生物量碳能反映土壤有效养分状况和生物活性,能在很大程度上反映土壤微生物数量,是评价土壤微生物数量和活性及土壤肥力的重要指标^[20]。如图3所示,NT-SR、BSR、ICR 处理相比较 CK 处理均能显著提高土壤的微生物生物量碳含量,分别提高 41.4%、42.3%、71.5%。施肥条件下秸秆还田(包括秸秆燃烧后还田以及秸秆火粪还田)都能显著提高土壤微生物生物量碳、氮,其中火粪还田处理效果最好,分析其原因可能是秸秆还田改善了土壤理化性状,为微生物提供了一个良好的生活环境。

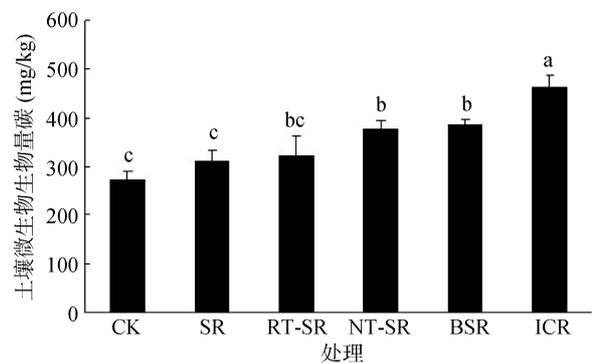


图3 秸秆不同还田方式和保护性耕作对土壤微生物生物量碳含量的影响

Fig. 3 The effects of straw returning and conservation tillage patterns on carbon content of soil microbial biomass

研究报道土壤微生物生物量氮与生物量碳呈高度正相关,但也有研究表明两者间并无相关性^[21]。本研究中各处理的微生物生物量碳氮比均在 10.28 ~ 10.66 之间,表明在配合施肥的情况下,秸秆还田及保护性耕作虽然能有效提高土壤微生物生物量碳和氮,但是土壤微生物生物量的 C/N 变幅小而保持在一个稳定的范围内。

大多学者认为,秸秆还田配施化肥是砂姜黑土快速培肥和生产力提高的有效措施之一^[22-23]。本试验研究的是在相同施肥的条件下,不同的秸秆还田方式和保护性耕作对改良砂姜黑土的作用,选取最能代表土壤肥力的有机质(包括有机碳、微生物生物量碳)和氮素养分(包括全氮、速效氮和微生物生物量氮)作为指标,来具体讨论其培肥砂姜黑土的效果,结果表明秸秆还田和保护性耕作具有培肥砂姜黑土的作用。

3 结论

秸秆还田及保护性耕作可以增加土壤有机质和

全氮含量。秸秆火粪还田、免耕条件下的秸秆还田对砂姜黑土有机质和全氮的增加效果最为明显,不同秸秆还田方式之间以及不同耕作方式之间土壤有机质、全氮、微生物量碳氮均存在显著差异。与对照相比,秸秆火粪还田处理,有机质和全氮含量分别平均提高 4.45 g/kg 和 0.131 g/kg;免耕条件下的秸秆还田处理,有机质和全氮含量分别平均提高 3.36 g/kg 和 0.095 g/kg。秸秆还田和减耕条件下的秸秆还田对砂姜黑土有机质和全氮含量的增加效果不显著;秸秆焚烧不能增加砂姜黑土有机质和全氮的含量。秸秆还田和保护性耕作不会大幅度提高砂姜黑土 C/N 而影响土壤氮素养分的供应。虽然秸秆还田能有效提高土壤微生物生物量碳和氮,但是微生物生物量的碳氮比保持在稳定的范围内。

参考文献:

- [1] 杨玉爱. 中国农业百科全书·农业化学卷[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 161-180
- [2] 余海英, 彭文英, 马秀, 张科利. 免耕对北方旱作玉米土壤水分及物理性质的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 99-104
- [3] 汪晓东, 李增嘉, 侯连涛, 王芸, 王雪, 颜红. 少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 20-24
- [4] Wang XB, Wu HJ, Dai K, Zhang DC, Feng ZH, Zhao QS, Wu XP, Jin K, Cai DX, Oenema O, Hoogmoe WB. Tillage and crop residue effect on rained wheat and maize production in northern China[J]. Field Crops Research, 2012, 132(14): 106-116
- [5] 周明枞, 姚培元. 淮北地区水土资源开发与治理研究[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 74-86
- [6] 汪金舫, 刘月娟, 李本银. 秸秆还田对砂姜黑土理化性质与锰、锌、铜有效性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 49-51
- [7] 詹其厚, 张效朴, 袁朝良. 秸秆还田改良砂姜黑土的效果及其机理研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 53-59
- [8] 杨滨娟, 黄国勤, 钱海燕. 秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 150-157
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析. 第 3 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-58
- [10] 吴金水, 林启美, 黄巧云, 肖和艾. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 54-71
- [11] 国家环保总局. 水质总氮的测定. 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB11894-1989)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989
- [12] 陈强, Yuriy SK, 陈渊, 李续峰, 李浩, 宋春雨, 张兴义. 少免耕土壤结构与导水能力的季节变化及其水保效果[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 11-21
- [13] 路怡青, 朱安宁, 张佳宝, 陈效民, 陈文超, 舒馨, 张万国. 免耕条件和秸秆还田对土壤酶活性和微生物群落的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(1): 85-89
- [14] 杨淑莉, 朱安宁, 张佳宝, 陈效民, 朱强根. 免耕对小麦-玉米轮作下玉米季土壤微生物生物量碳氮的影响[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 803-805
- [15] 刘巽浩, 高旺盛, 朱文珊主编. 秸秆还田的机理与技术模式[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 9-10
- [16] 戴朱恒. 从碳氮比变化看上海土壤的养分状况[J]. 上海农业科技, 1983(3): 23-24
- [17] 曹志平. 土壤生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 34-35
- [18] Juma NG, Paul EA. Mineeralizable soil nitrogen: Amounts and extractability ratios[J]. Soil Sci. Am. J., 1984, 48: 76-80
- [19] Jenkinson DS, Parry LC. The nitrogen cycle in the Broadbalk wheat experiment: A model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass[J]. Soil Biol. Biochem., 1989, 21(4): 535-541
- [20] Nsabimana D, Haynes RJ, Wallis FM. Size activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use[J]. Applied Soil Ecology, 2004, 26(2): 81-92
- [21] 王珊. 不同种植年限设施土壤微生物学特性变化研究[D]. 四川: 四川农业大学, 2007: 5-6
- [22] 郑学博, 张祥志, 崔键, 周静, 马超. 秸秆全量还田条件下配施化肥对沿淮砂姜黑土培肥及玉米产量的影响[J]. 土壤, 2012, 44(6): 972-976
- [23] 孔令聪, 曹承富, 汪芝寿, 陈爱萍, 张存岭. 砂姜黑土长期施肥对小麦生长的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 76-78

Effects of Straw Returning and Conservation Tillage Patterns on the Contents of Organic Matter and Nitrogen Nutrient in the Lime Concretion Black Soil

WANG Xiao-bo¹, CHE Wei¹, JI Rong-ting¹, HE Chuan-long², ZHU An-ning³, WANG Fu-wei¹, ZHU Lin^{1*}
(1 *School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China*; 2 *Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China*; 3 *State Experimental Station of Agro-Ecosystem in Fengqiu, State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China*)

Abstract: In this study, the effects of straw returning and conservation tillage mode on the contents of organic matter and nitrogen nutrient in the lime concretion black soil were investigated by the field experiment in order to gain the best way of improving the soil fertility. The results showed that straw returning increased the organic matter and total nitrogen content of the lime concretion black soil, but had little impact on the available nitrogen content. Among different straw returning and conservation tillage patterns, straw returning by fire dung and no-tillage plus straw returned patterns increased obviously organic matter and total nitrogen content. Compared with contrast, the treatment of straw returning fire dung increased the contents of soil organic matter and total nitrogen respectively by 4.45 g/kg and 0.131 g/kg averagely; the treatment of no-tillage plus straw returning increased the contents of soil organic matter and total nitrogen respectively by 3.36 g/kg and 0.095 g/kg averagely; the condition of reduced tillage plus straw returning and returning straw crushing increased the contents of soil organic matter and total nitrogen inconspicuously; straw burning did not improve the contents of soil organic matter and nitrogen; straw returning and conservation tillage did not significantly increase the ratio of C/N which affected the nitrogen nutrient supply of the soil to the crop, and meanwhile straw returning and conservation tillage improved the soil microbial biomass respectively, but the ratio between microbial biomass carbon and nitrogen remained in the appropriate range.

Key words: Straw returning; Conservation tillage; Lime concretion black soil; Organic matter; Nitrogen; Microbial biomass