

李 颖,王 竞,李 娟,等. 有机肥发酵常用物料肥效试验[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):268–272.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.10.059

有机肥发酵常用物料肥效试验

李 颖,王 竞,李 娟,韩 慧,孙 权

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:研究不同类型有机肥发酵常见物料施入农田中,对结球甘蓝生长指标、产量以及土壤养分的影响,通过不同有机物料培肥土壤,达到农业废弃物资源化利用以及更好地提高土壤肥力的目的,为堆肥发酵有机肥料提供科学依据和理论指导。采用随机区组设计进行田间试验,设置 6 种有机物料以及对照(CK、不添加物料)8 个处理,研究商品有机肥发酵常用物料对土壤肥力状况、结球甘蓝生长发育及产量的影响。结果表明,与滴灌肥、其他有机物料处理相比,施加腐殖酸处理对提高土壤有机质、速效养分含量效果更为明显,进而有效增加结球甘蓝产量,提高作物经济效益,其对土壤肥力影响显著,可使土壤有机质含量较对照增加 90%,碱解氮含量增加 106.3%,速效钾含量增加 63.3%,土壤全氮、全磷含量增加 11.1%、30.8%,该处理在结球甘蓝成熟期可有效增加叶片 SPAD 值,即增加叶绿素含量,相较于化肥处理,腐殖酸处理有效增产 27.5%,且在经济效益上增加 34.0%,产投比最大;而腐熟羊粪处理也可显著增加结球甘蓝产量,但其与腐殖酸处理相比差异不显著,而经济效益差异明显。但在培肥土壤中,腐熟羊粪处理表现一般。

关键词:有机肥发酵;结球甘蓝;腐殖酸;腐熟羊粪;风化煤;有机肥配方

中图分类号: S141 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)10–0268–04

过量施用化学肥料产生的农作物品质下降、土壤质量变差以及农业面源污染已成为当今世界一大公害,迫切需要有机肥料部分替代化肥,以增加土壤有机质含量,改善土壤理化性状,确保农田基础养分含量以及农作物品质与产量。有机肥料对农业生产有极大的积极作用^[1],一方面是由于有机肥料中含有丰富的碳、氮、磷、钾、钙、镁以及微量元素等,包含植物生长所需的营养物质较全面^[2],能有效调节土壤酸碱性,改善土壤结构;另一方面有机肥料的来源广、种类多,可以说有农业和畜牧业的地方,就有丰富的有机物料,把农业与畜牧业废弃物作为肥料资源来处理,使之以新的形态参与生态系统的循环,可有力促进农业可持续发展能力^[3]。鉴于传统有机肥具有品质差、施用量大、运输成本高等缺点,目前国内大多通过多种有机物料进行快速好氧发酵生产商品有机肥。由于商品有机肥质量标准规定有机肥的有机质含量必须大于等于 45%,有机质含量较低的鸡粪、牛粪等必须通过添加有机碳含量更高的腐殖酸、风化煤、糠醛渣等辅助物料才能达到国家有机肥商品销售标准。因此,通过田间试验验证常见生产商品有机肥的有机物料肥效,对农业生态系统养分循环及其持续发展具有重要的意义。目前,大量研究报道,对土壤增施外源有机物料能提高土壤肥力及土壤团聚体的稳定性、改善土壤物理结构^[4–6]。畜禽粪是好氧发酵生产有机肥的主要原料,也是农作物营养元素的来源,施用腐熟羊粪可加快有机物质腐殖化过程,并能显著提高土壤有机碳含量,增加土壤微生物数量及酶活性^[7–9]。腐殖酸能与土壤中无机胶体结合形成

复合体,对提高土壤肥力以及改善土壤结构、质量等具有重要作用^[10–12]。袁丽峰等研究表明,施用腐殖酸可使土壤速效氮、有效磷含量提高,并可提高植株对氮的吸收量,增加蔬菜等作物的产量^[13–14]。风化煤为煤矿生产后的废煤,其腐殖酸含量丰富且有多种活性基团,施入土壤后可增加土壤养分含量,改善各土壤团聚体的质量^[15–17]。糠醛渣为农业废弃物,同样在农业上被广泛利用,研究发现,糠醛渣是一种酸性有机物质,能够降低土壤 pH 值和碱化度,并能够增加土壤有机碳含量和保水保肥能力,同时是改良盐碱土的重要改良剂^[18–19]。

然而,前人的研究多集中在有机肥料与化肥按一定比例进行有机无机配施方面,对单一肥料以及未腐熟物料在田间施用的研究较少,本试验在宁夏碱性土壤中通过田间试验验证常见生产商品有机肥的有机物料肥效,以明确不同物料对土壤养分含量、作物农艺性状的影响程度,并筛选出最优的有机物料,旨在为寻求合理的有机肥料配方提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验地位于宁夏盐池县高沙窝镇,其北邻毛乌素沙地,冬春季沙尘暴较多,导致植被覆盖率为 25%~35%。光照资源十分丰富,但作物无霜期较短,昼夜温差较大,年降水量为 200~350 mm,是典型的干旱半干旱温带大陆性气候。供试土壤为风沙土,其基本理化性质为有机质含量 0.28 g/kg,全氮含量 0.18 g/kg,全磷含量 0.24 g/kg,碱解氮含量 18.76 mg/kg,速效磷含量 5.4 mg/kg,速效钾含量 108 mg/kg,全盐含量 0.15 g/kg, pH 值 8.69,属于强碱性土壤。总体评价,土壤属于 6 级以下低肥力水平。

1.2 供试有机物料、化肥与作物

供试有机物料:风化煤、腐殖酸购买于内蒙古乌海市;生羊粪为农户家购买的干羊粪;腐熟羊粪通过干羊粪加菌进

收稿日期:2018–01–29

基金项目:宁夏重点研发计划(编号:2015BFP02)。

作者简介:李 颖(1993—),女,宁夏银川人,硕士研究生,主要从事干旱区农业资源高效利用研究。E-mail:784844977@qq.com。

通信作者:孙 权,博士,教授,主要从事干旱区土肥水高效利用研究。E-mail:sqnxu@sina.com。

行腐熟获得;糠醛渣购买于银川市永宁县。化肥(滴灌肥)采用惠农大量元素水溶性肥料(属于水溶性无机肥料),N、P₂O₅、K₂O 含量之和≥50%。

供试作物:“京育一号”结球甘蓝穴盘苗。

1.3 试验方法

本试验采用随机区组设计,设 8 个处理(表 1),2 次重复。进行田间翻耕、泡田,划分小区,其中每垄为一个小区,垄长 9 m,宽 1.4 m,高 0.3 m,小区面积为 12.6 m²,起垄后覆膜,在 5 月中旬左右每垄栽种 3 行结球甘蓝穴盘苗。有机物料全部基施,铺双滴灌带,根据作物生育期,每个处理追施滴灌肥,共 750 kg/hm²,病虫害防治、杂草防除等农艺措施统一田间管理,7 月中旬收获结球甘蓝。

表 1 试验方案

处理	施用物料类型	施用量 (kg/hm ²)
CK	不施肥	—
T1	化肥	750
T2	风化煤	7 500
T3	腐殖酸	7 500
T4	生羊粪	7 500
T5	腐熟羊粪	7 500
T6	糠醛渣	7 500
T7	糠醛渣 + 腐熟羊粪(质量比 1:1)	7 500

1.4 采样与指标测定

1.4.1 样品的采集与预处理 采用五点取样法取土样,取各处理 0~20 cm 土层的土壤,带回实验室。在常温避光条件下风干,去除杂物,用分样板将土样混合均匀,再按 1/2 的比例分取样品,研磨,过 1.00 mm 筛的土样用于测定 pH 值以及全盐、速效养分含量,而过 0.25 mm 筛的土样用来测定有机质、全氮、全磷含量。

在作物各生育时期,每个小区采集长势基本相似的植株 10 株,带回实验室。将植株洗干净并快速擦干,称其鲜质量。剪下根部,测定根长、根体积及根表面积,随后用报纸包裹植株地上部,放入烘箱,在 105 ℃ 条件下杀青 15 min,然后在 70 ℃ 条件下烘干至恒质量,称量干质量。

1.4.2 样品的相关指标测定

1.4.2.1 土壤的化学性质测定 土壤 pH 值采用雷磁

PHS·3G 酸度计测定;全盐含量采用 DDS-11 电导率仪测定;有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;有效磷含量采用 NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定;全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定;全磷含量采用钼锑抗比色法测定^[13]。

1.4.2.2 植株指标测定 植株全氮含量采用凯氏定氮法测定;全磷含量采用钼锑抗比色法测定;全钾含量采用火焰光度计测定。

在作物的苗期、营养生长期、成熟期进行数据采集,用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶绿素含量;用钢卷尺测定叶长、叶宽、有效叶片数,并计算叶面积;用根系扫描仪测定根表面积、根体积及根长。作物成熟后进行实收测产。

1.5 统计分析

采用 Excel 2010 软件进行数据整理和作图,采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤肥力的影响

由表 2 可知,供试土壤有机质含量较低,处于低肥力水平,其中腐殖酸处理土壤中的有机质含量最大,达 1.38 g/kg,显著高于其余施肥处理,腐熟羊粪、化肥处理的有机质含量显著高于对照处理,但是二者之间没有显著差异,说明有机物料可以增加土壤有机质含量,而化肥也可在一定程度上增加土壤有机质含量。腐殖酸处理土壤的碱解氮含量也较高,较对照增加 106.3%,同样显著高于其他施肥处理,腐熟羊粪、糠醛渣处理土壤碱解氮含量与对照无显著差异,显著高于化肥、风化煤、糠醛渣 + 腐熟羊粪处理,但是它们之间差异不显著,风化煤处理与糠醛渣 + 腐熟羊粪处理无显著差异。腐熟羊粪、风化煤处理的土壤有效磷含量较高,与对照相比,增加 42.6%、35.0%,而化肥、糠醛渣 + 腐熟羊粪处理的土壤有效磷含量与对照相比无显著差异。施腐殖酸处理的土壤速效钾含量高于其他处理,且较对照增加 63.3%。腐殖酸处理的土壤全氮含量与其他处理相比显著增加,且比对照增加 11.1%。综上所述,腐殖酸处理可有效提高土壤有机质含量,增强土壤肥力。

表 2 不同处理对土壤养分含量的影响

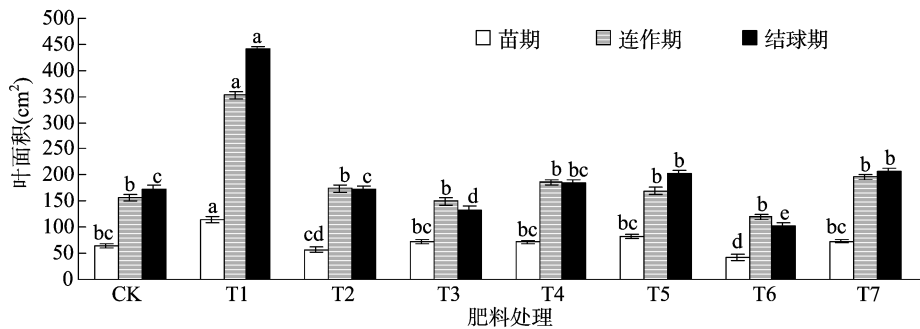
处理	土壤养分含量					
	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)
CK	0.13 ± 0.02d	14.07 ± 0.11b	10.75 ± 0.30d	109 ± 1.55e	0.18 ± 0.00b	0.13 ± 0.07b
T1	1.23 ± 0.07bc	7.11 ± 0.32c	11.06 ± 0.96cd	163 ± 0.18ab	0.14 ± 0.01d	0.16 ± 0.00ab
T2	0.79 ± 0.12cd	7.49 ± 0.58c	14.51 ± 1.75ab	108 ± 0.00e	0.14 ± 0.01d	0.16 ± 0.02ab
T3	1.38 ± 0.02a	29.02 ± 0.58a	14.09 ± 1.02b	178 ± 0.00a	0.20 ± 0.02a	0.17 ± 0.08a
T4	0.64 ± 0.00cd	11.57 ± 1.01bc	12.01 ± 0.12c	153 ± 2.60b	0.17 ± 0.00bc	0.14 ± 0.02b
T5	1.11 ± 0.12bc	13.92 ± 0.23b	15.33 ± 0.32a	139 ± 0.33c	0.15 ± 0.08cd	0.16 ± 0.06ab
T6	0.77 ± 0.10cd	14.10 ± 0.69b	12.31 ± 3.01c	129 ± 0.00d	0.17 ± 0.00bc	0.13 ± 0.20b
T7	0.67 ± 0.02cd	8.53 ± 2.74c	10.87 ± 0.18d	133 ± 2.89cd	0.16 ± 0.00c	0.16 ± 0.23ab

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

2.2 不同处理对植株生长指标的影响

2.2.1 不同处理对植株叶面积的影响 由图 1 可知,在苗期,化肥处理的植株叶面积最大,且显著高于其他处理。与对

照相比,腐殖酸、生羊粪、腐熟羊粪处理的植株叶面积差异不显著。在连作期与结球期,化肥处理的植株叶面积仍为最大值,且显著高于其他处理,说明施化肥可明显增加植株叶面



图中不同小写字母表示同一生育期,不同处理间的差异显著 ($P<0.05$)

图1 不同处理对植株叶面积的影响

积。有机物料处理在连作期,两两之间没有显著差异,而在结球期,糠醛渣+腐熟羊粪处理与对照相比,植株叶面积增加19.5%,其余处理表现一般。

2.2.2 不同处理对植株根长、根体积、根表面积的影响 根系是植物与外界环境之间进行物质和养分交换的主要器官。由表3可知,在不同处理中,不施肥处理的根长显著高于其他处理。风化煤、糠醛渣+腐熟羊粪处理的植株根体积除与对照差异不显著外,与其他处理差异显著。与其他处理相比,糠醛渣+腐熟羊粪处理可显著增加植株根系的表面积,较对照显著增加2.6%,而风化煤、糠醛渣处理与对照相比无显著差异。总体来说,风化煤、腐殖酸、糠醛渣和糠醛渣+腐熟羊粪处理与对照相比对根长、根体积、根表面积的促进效果较明显。

表3 不同处理对根长、根体积、根表面积的影响

处理	根长 (cm)	根体积 (cm ³)	根表面积 (cm ²)
CK	472.04 ± 5.40a	18.63 ± 0.06a	18.92 ± 0.04bc
T1	400.93 ± 3.49bc	17.07 ± 0.17d	16.99 ± 0.10e
T2	456.62 ± 3.48b	18.65 ± 0.29a	19.05 ± 1.36b
T3	454.13 ± 1.21b	18.34 ± 0.27b	17.96 ± 0.85cd
T4	444.89 ± 4.80bc	17.69 ± 0.08c	18.21 ± 1.02c
T5	390.55 ± 1.59c	17.40 ± 0.63cd	17.02 ± 1.69de
T6	433.06 ± 1.26bc	18.13 ± 0.11bc	19.21 ± 2.31b
T7	420.51 ± 6.07bc	18.63 ± 0.52a	19.41 ± 2.59a

2.2.3 不同处理对植株 SPAD 值的影响 由表4可知,在苗期,腐熟羊粪处理的结球甘蓝叶片 SPAD 值最高,与其他处理之间存在显著差异,腐殖酸、生羊粪处理下 SPAD 值次之,但与 CK 相比无显著性差异,其他处理下结球甘蓝叶片 SPAD 值与 CK 相比显著降低;在连作期,腐殖酸、腐熟羊粪、生羊粪处理的结球甘蓝叶片 SPAD 值较高;在成熟期,腐殖酸处理下结球甘蓝叶片的 SPAD 值最高,与对照相比显著增加了30.4%,而腐熟羊粪、生羊粪、风化煤处理之间差异不显著。综上所述,腐殖酸处理的叶片 SPAD 值随着结球甘蓝的成熟明显增加。

2.2.4 不同处理对植株全氮、全磷、全钾的影响 由表5可知,与对照相比,除生羊粪、糠醛渣处理外,其他处理植株体内全氮含量均无显著性差异,生羊粪处理显著减少33.8%,而糠醛渣处理显著增加30.6%;与化肥处理相比,除生羊粪处理植株体内全氮含量显著减少35.0%外,其他处理均无显著性差异;腐熟羊粪处理比生羊粪处理的全氮含量显著增加73.1%。与对照相比,风化煤处理全磷含量显著增加54.8%,其他有机物料处理均无显著性差异;与化肥处理相比,各有机

表4 不同处理对 SPAD 值的影响

处理	叶片 SPAD 值		
	苗期	连作期	成熟期
CK	55.20 ± 0.01b	63.55 ± 0.36b	66.45 ± 0.32c
T1	47.57 ± 0.08cd	62.27 ± 1.13b	68.76 ± 0.76c
T2	43.54 ± 0.02d	58.31 ± 1.22c	73.19 ± 0.29bc
T3	55.18 ± 0.33b	68.61 ± 0.17a	86.65 ± 0.28a
T4	51.28 ± 0.40bc	66.55 ± 1.49a	72.60 ± 0.29bc
T5	65.93 ± 0.03a	66.45 ± 0.81a	81.83 ± 0.78b
T6	47.57 ± 0.08cd	62.27 ± 1.13b	68.76 ± 0.76c
T7	49.72 ± 0.87bc	62.90 ± 1.02b	74.87 ± 0.34bc

表5 不同处理对植株全氮、全磷、全钾含量的影响

处理	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)
CK	2.19 ± 0.11bcd	3.74 ± 0.03cd	19.21 ± 0.34de
T1	2.23 ± 0.01abcd	6.64 ± 0.01a	20.04 ± 0.36cd
T2	1.79 ± 0.38ede	5.79 ± 0.07b	22.27 ± 0.21c
T3	2.69 ± 0.09ab	3.44 ± 0.02d	18.46 ± 0.05de
T4	1.45 ± 0.12e	3.36 ± 0.07d	27.05 ± 0.16b
T5	2.51 ± 0.05abc	3.41 ± 0.06d	23.43 ± 0.20c
T6	2.86 ± 0.01a	3.50 ± 0.05cd	13.62 ± 0.09e
T7	1.99 ± 0.02ede	4.31 ± 0.04c	28.33 ± 0.15a

物料处理全磷含量均有显著性差异,且均减少;与生羊粪处理相比,腐熟羊粪处理全磷含量显著增加了1.5%。各处理全钾含量与空白对照相比均存在显著性差异,其中腐殖酸、糠醛渣处理减少,其他处理均升高;与生羊粪处理相比,腐熟羊粪处理全钾含量显著减少13.4%。

2.3 不同处理对植株产量及经济效益的影响

由表6可知,腐殖酸、腐熟羊粪处理可显著增加甘蓝产量,且产量均较高,其他有机物料处理均低于单施化肥处理,具体表现为腐殖酸、腐熟羊粪处理分别比 CK 增产137.0%、136.1%,比单施化肥处理增产27.5%、27.0%,且在经济效益上,两者比单施化肥处理分别增加150.3%、138.9%,尽管2处理产量差异不显著,但两者成本不同,因此经济效益差异明显。单施腐殖酸处理的产投比最高,高达6.69,而其他有机物料处理下产投比均低于化肥处理。糠醛渣处理下产量最低,比 CK 减产24.7%,可能是由于糠醛渣能够有效改善土壤结构、质量,但本身的养分含量较低,作物吸收不到养分,因此出现减产现象。

3 讨论

土壤是碳的重要储层,维持土壤有机碳含量对维持土壤

表 6 不同处理对植株产量及经济效益的影响

处理	产量 (t/hm ²)	增产率 (%)	成本 (元/hm ²)	产值 (元/hm ²)	经济效益 (元/hm ²)	产投比
CK	21.9 ± 0.66e	0.00	3 750	21 315	17 565	—
T1	40.7 ± 0.85b	85.84	7 125	39 930	32 805	5.60
T2	27.9 ± 0.55d	27.40	6 750	27 375	20 625	4.06
T3	51.9 ± 0.22a	136.99	7 734	51 705	43 971	6.69
T4	37.6 ± 0.35c	71.69	8 250	37 275	29 025	4.52
T5	51.7 ± 0.59a	136.07	9 750	51 720	41 970	5.30
T6	16.5 ± 0.47f	-24.66	4 650	16 545	11 895	3.56
T7	28.5 ± 0.34d	30.14	10 650	28 620	17 970	2.69

肥力、生产力和质量至关重要^[21]。本研究中,施用腐殖酸明显改善了土壤养分状况,提高了当地土壤的有机质含量和速效养分含量,整体与其他处理之间达到显著差异,这与叶协锋等的研究成果^[22]相同。腐殖酸增加土壤有机质含量的原因一方面是直接作用,腐殖酸是经过微生物分解动植物遗骸发生化学反应而累积的一类有机物质,可以有效提高土壤的保水保肥能力,改善土壤结构,提升土壤肥力;另一方面是间接作用,腐殖酸为土壤微生物提供碳源,使微生物数量增加,土壤酶活性增强,进而间接地增加有机质含量^[23]。化肥、腐熟羊粪处理可显著提高土壤有机质的含量,与前人关于不同有机物料培肥土壤的研究结果^[2,20,24-25]一致。

无机肥料肥效快,有效氮的释放比有机肥料迅速,有机肥料有效氮的释放需要经过一系列的化学过程,导致单施有机肥料氮素利用率较低^[26],本试验得到相似的结论。在本试验中,与对照相比,腐殖酸处理显著增加土壤全氮含量,而风化煤、腐熟羊粪+糠醛渣处理均使土壤全氮、碱解氮含量有所降低,可能是由于风化煤作为煤矿生产的废煤,有着丰富的腐殖酸,适宜改善土壤结构,不能增加土壤养分;而腐熟羊粪+糠醛渣处理对于土壤的化学作用仍需进一步研究。另外腐熟羊粪可培肥地力,增加土壤有机质含量,有效地释放出固定在土壤中的磷,进而显著增加土壤中的有效磷含量。这与秦嘉海等研究的结论^[27]相符。土壤中的碱解氮含量可反映土壤中氮素的供应情况,施用风化煤的土壤碱解氮含量有所下降,可能是由于风化煤中的总腐殖酸含量达到63%,有大量的活性基团,对土壤改良有很大的影响,进而促进作物吸收土壤中的氮素,减少氮的固定。

土壤肥力的综合反映是作物产量,不同施肥处理对土壤肥力的影响必然会反映到产量的变化上^[28]。大量研究表明,有机物料的合理施用能够提高作物产量,康宗利等研究表明,长期施用腐殖酸肥料,番茄的叶绿素含量增加14%,产量增加29.1%^[29];周保等的研究表明,施用腐殖酸有机肥能够显著增加菜豆的产量^[30];刘兰兰等研究表明,腐殖酸对甘薯、生姜有差异较显著的增产效果^[31]。本试验中,与对照或滴灌肥处理相比,施用腐殖酸不仅能够有效提高结球甘蓝的产量,而且能够提高土壤有机质含量,更好地培肥地力,与以上研究结论相符。

4 结论

综上所述,与滴灌肥、其他有机物料处理相比,添加腐殖酸的处理对提高土壤有机质含量以及速效养分含量效果较为

明显,进而有效提高结球甘蓝产量及作物经济效益。施用化肥可促进结球甘蓝叶片的增大,而要促进结球甘蓝根表面积的增大,可施用糠醛渣+腐熟羊粪。糠醛渣处理可显著增加结球甘蓝全氮含量,糠醛渣+腐熟羊粪处理可有效增加结球甘蓝的全磷含量,而化肥处理显著增加作物的全钾含量。在提高甘蓝经济效益方面,适当添加腐殖酸处理,可增加作物产投比。

参考文献:

- [1] 李自刚. 农业有机固体废弃物堆肥过程中微生物多样性与物质转化关系研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [2] 周江明. 不同有机肥料对水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 浙江农业科学,2014(2):156-162.
- [3] 张夫道, Fokina D. 作物秸秆碳在土壤中分解和转化规律的研究[J]. 植物营养与肥料学报,1994(1):27-38.
- [4] 代静玉, 周江敏, 秦淑平. 几种有机物料分解过程中溶解性有机物质化学成分的变化[J]. 土壤通报,2004,35(6):724-727.
- [5] 梁尧, 韩晓增, 宋春, 等. 不同有机物料还田对东北黑土活性有机碳的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(17):3565-3574.
- [6] 王军, 金亚波, 韦建玉, 等. 施用有机物料耦合培土覆盖对烤烟大田生育进程及物质积累的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(17):49-57.
- [7] 柯英, 陈晓群. 牛羊粪高温堆肥腐熟过程研究[J]. 宁夏农林科技,2012(6):63-65.
- [8] 郑海霞, 齐莎, 赵小蓉, 等. 连续5年施用氮肥和羊粪的内蒙古羊草(*Leymus chinensis*)草原土壤颗粒状有机质特征[J]. 中国农业科学,2008,41(4):1083-1088.
- [9] 闵星星, 马玉寿, 李世雄, 等. 羊粪对青海草地早熟禾草地生产力和土壤养分的影响[J]. 草业科学,2014,31(6):1039-1044.
- [10] 刘秀梅, 张夫道, 冯兆滨, 等. 风化煤腐殖酸对氮、磷、钾的吸附和解吸特性[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(5):641-646.
- [11] 王洪凤, 吴钦泉, 谷端银, 等. 风化煤腐殖酸对土壤理化性状的影响[J]. 腐植酸,2014(6):8-12,36.
- [12] 刘茜, 马飞跃, 于建军, 等. 腐殖酸对植烟土壤和烟草影响的研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(4):132-136.
- [13] 袁丽峰, 黄腾跃, 王晓玲, 等. 腐殖酸和腐殖酸有机肥对玉米产量及粗蛋白质含量的影响[J]. 天津农业科学,2014,20(8):87-90.
- [14] 秦文, 韩燕来, 张毅博, 等. 减氮增施腐殖酸液肥对夏玉米产量和氮肥利用率的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(4):21-25.
- [15] 宋轩, 曾德慧, 林鹤鸣, 等. 草炭和风化煤对水稻根系活力和养分吸收的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(6):867-870.

李传松,张亦婷,赵兴敏,等. 冻融及有机物料添加对黑钙土有机、无机碳的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):272-277.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.060

冻融及有机物料添加对黑钙土有机、无机碳的影响

李传松,张亦婷,赵兴敏,隋 标,王鸿斌

(吉林农业大学资源与环境学院/吉林省商品粮基地土壤资源可持续利用重点实验室,吉林长春 130118)

摘要:以黑钙土为研究对象,采用室内培养方法,设置空白对照(NCK)、添加秸秆(NJ)、有机无机肥混施(NH)、冻融土培养(DCK)、冻融秸秆培养(DJ)与冻融混施肥培养(DH)6个处理。研究表明,NJ、DJ的CO₂释放速率及累积释放量较高,DCK最低。CO₂累积释放量较好地符合一级反应动力学方程($R^2 > 0.89$),CO₂潜在释放量参数C_i由大到小为NJ > DJ > NH > DH > NCK > DCK。NH、DH的黑钙土碳酸盐含量显著高于其他处理($P < 0.05$),而冻融处理对土壤碳酸盐含量的影响较小。添加秸秆的处理(NJ、DJ)土壤总碳、有机碳含量明显高于其他处理,而添加有机无机复合肥的处理(NH、DH)土壤总碳、有机碳含量与空白对照差别不大。冻融循环可以提升土壤碳含量,但与非冻融处理没有明显差异。综上所述,秸秆对土壤有机碳含量的提升有重要作用,但也增加了CO₂累积释放量;有机无机肥施对土壤固碳能力影响较小,,但能显著增加黑钙土中碳酸盐的含量;冻融循环对土壤碳酸盐、有机碳含量的影响不明显,但可以减少添加有机物料后土壤CO₂的潜在释放量。

关键词:冻融作用;秸秆;有机无机肥;黑钙土;CO₂释放;有机碳;碳酸盐

中图分类号: S153.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0272-06

黑钙土是吉林省重要的农业土壤和畜牧业生产基地土壤^[1]。但近年来,由于土地过度使用和风蚀、水蚀等作用,引

起有机质(SOM)的积累条件发生变化并且分解加快,腐殖质层逐渐变薄、含量减少^[2]。为了稳定及逐步增加黑钙土SOM含量,秸秆还田及施用有机肥成为土地培肥的主要方式^[3],但有机物料进入土壤后,在向腐殖质转化的同时,也会矿化生成CO₂,因此,需要研究培肥过程中黑钙土CO₂的释放特征,为构建环境友好型的秸秆还田和有机肥施用方式提供理论依据^[4-7]。土壤有机质泛指以各种形态存在于土壤中的各种含碳有机化合物,其中所含的碳元素被称为土壤有机碳(SOC),其对全球碳平衡有重要作用,被认为是影响全球温室效应的

收稿日期:2018-01-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:41403077)。

作者简介:李传松(1993—),男,山东德州人,硕士研究生,主要从事土壤面源污染调控研究。E-mail:13125803969@163.com。

通信作者:赵兴敏,博士,副教授,主要从事土壤环境中污染物的迁移转化、污染控制与修复技术研究。E-mail:zhaoxingmin0704@163.com。

[16]李 华,李永青,沈成斌,等. 风化煤施用对黄土高原露天煤矿区复垦土壤理化性质的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2008,27(5):1752-1756.

[17]武瑞平,李 华,曹 鹏. 风化煤施用对复垦土壤理化性质酶活性及植被恢复的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(9):1855-1861.

[18]赵芸晨,秦嘉海,肖占文,等. 糠醛渣、沼渣与化肥配施对制种玉米田理化性质和酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(3):102-105,111.

[19]孙娜娜,董陆康,徐 刚,等. 糠醛渣及其生物炭对盐渍土壤理化性质影响的比较研究[J]. 农业环境科学学报,2014(3):532-538.

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

[21]Chaudhary S, Dheri G S, Brar B S. Long-term effects of NPK fertilizers and organic manures on carbon stabilization and management index under rice-wheat cropping system[J]. Soil & Tillage Research,2017,166:59-66.

[22]叶协峰,凌爱芬,刘清华,等. 腐殖酸对植烟土壤理化性状影响的研究[J]. 中国农业科技导报,2010,12(6):120-125.

[23]王瑞霞. 腐殖酸与土壤酶活性[J]. 腐植酸,1988(3):27-28.

[24]赵 亮,刘存寿. 不同有机物料对土壤肥力及团聚体稳定性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(2):130-136,144.

[25]董志新,卜玉山,刘秀珍,等. 不同有机物料对土壤养分和酶活性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2014,34(3):220-225.

[26]Zhang M, Li B, Xiong Z Q. Effects of organic fertilizer on net global warming potential under an intensively managed vegetable field in southeastern China: a three-year field study[J]. Atmospheric Environment,2016,145:92-103.

[27]秦嘉海,李会隆. 长期施用有机固体废物对河西走廊风砂土的培肥效应和环境影响研究[J]. 土壤,2009,41(5):849-852.

[28]常准霞,韩金荣. “莲味宝”有机无机复合肥对玉米增产效果研究[J]. 园艺与种苗,2007,27(4):307-309.

[29]康宗利,刘延吉,杨玉红. 增效剂和腐殖酸肥料对番茄产量和品质的效应[J]. 北方园艺,2006(2):4-6.

[30]周 保,杨翠芹,秦耀国. 不同类型有机肥在矮生菜豆上的应用效果[J]. 中国蔬菜,2007(1):25-26.

[31]刘兰兰,王汝娟,张晓冬,等. 二种含腐殖酸钾肥的制备方法及对甘薯、生姜的增产效果[J]. 中国土壤与肥料,2008(6):78-81.