

袁 亮,张春丽,孟自力.施用生物炭对冬小麦养分吸收、根际微生物和土壤理化性质的影响[J].江苏农业科学,2023,51(18):201-206.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.029

施用生物炭对冬小麦养分吸收、根际微生物和土壤理化性质的影响

袁 亮¹,张春丽²,孟自力³

(1.商丘职业技术学院,河南商丘 476000; 2.河南省商丘市梁园区农业农村局,河南商丘 476000;

3.商丘市农林科学院,河南商丘 476000)

摘要:为了探讨生物炭对冬小麦、根际微生物及土壤的影响,将 400 ℃ 高温生物炭和 240 ℃ 低温生物炭进行比较研究,设置 7 个处理,分别为 DY1(添加 1% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、DY2(添加 2% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、DY3(添加 4% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY1(添加 1% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY2(添加 2% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY3(添加 4% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)、CK(不加生物炭)。结果表明,在冬小麦养分吸收方面,相较于对照,添加不同用量不同热解温度生物炭的小麦地上部氮、钾含量都有不同程度的增高,而地上部磷含量只有 DY1、DY2 处理比对照显著增高($P < 0.05$),其他处理均显著降低。生物炭使用量一致时,240 ℃ 生物炭相较于 400 ℃ 生物炭对提高小麦地上部氮、磷、钾养分含量的效果较好,其中 DY1 处理的小麦地上部含氮量和含磷量最高,DY3 处理的含钾量最高。添加 1% 和 2% 用量的生物炭处理的小麦根系氮含量均显著增加,GY1 处理的小麦地下部含氮量最高;小麦地下部磷含量除了 DY2 处理略有升高外,其他处理均显著降低;小麦地下部钾含量除了 GY1 处理较对照显著降低外,其他处理的小麦地下部钾含量均显著增高。在根际微生物方面,生物炭可以有效促进小麦根际细菌的生长,其中 DY2 处理一直保持最高位状态,其次是 GY2 和 DY3,GY1 表现最差。对照组的根际真菌量缓慢减少,生物炭处理真菌的数量始终位于对照组数据之上。在土壤理化性质方面,添加生物炭对土壤 pH 值的影响呈现增高趋势,其中相较于 CK,添加高温生物炭的 GY2、GY3 处理的土壤 pH 值增幅达到显著水平。不同生物炭处理均使土壤有机质含量显著增加,效果表现为 DY3 处理 > GY3 处理 > DY2 处理 > GY2 处理 > DY1 处理 > GY1 处理。除了 GY1 处理外,其余组别内的土壤碱解氮含量因生物炭的加入而呈现出明显降势。生物炭添加量为 1% (DY1、GY1 处理)时,与 CK 相比,土壤速效磷含量有所增加,当生物炭使用量进一步加大(GY2、GY3、DY2、DY3 处理)时,速效磷含量由升转降。土壤速效钾含量在添加生物炭的条件下显著提高,小麦植株全钾含量和土壤速效钾含量呈指数正相关关系。综上所述,低温生物炭在农业应用中前景广阔。

关键词:生物炭;冬小麦;根际微生物;土壤理化性质;玉米秸秆

中图分类号:S512.1+10.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0201-05

冬小麦在黄淮北片和南片均有大面积种植,由于农民单一化肥的施用和浅耕的耕种习惯导致土壤微生物生长环境被破坏、土壤板结严重^[1]。土壤成分中包含多种有机物,不同种类的有机物之间之所以能够进行转化,其原因在于土壤微生物,土壤微生物被视作植物的营养元素获取来源之一,其最大的作用就是将土壤之中一些植物不能吸收的物

质转化为可以吸收的物质,而小麦根际微生物种群的多少对于土壤之中各种元素的转化起到很重要的作用,影响到小麦对营养元素的吸收和利用^[2-6]。生物炭本身具有的特点对调节土壤肥性方面带来诸多有益的方面。生物炭在结构方面所呈现出的细微孔隙分布较为复杂,该构造的表面积占比较大,在融入土壤表层后,增加了表层微生物的栖息场所,有利于其生存和繁衍,生物炭的加入使得土壤中有益菌群数量升高^[7],也促进了植物根系生长过程中氮、磷、钾和一些微量元素含量的增加,并且土壤中可交换阳离子的数量也明显升高。然而,传统工艺处理过程中的玉米秸秆需要在高于 400 ℃ 的条件下完成炭化,这一过程需要较高能耗,但在产率方面处于较低水平,此种处理方式的成本较

收稿日期:2022-12-01

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0201700);河南省小麦产业技术体系项目(编号:KARS-22-01-Z5)。

作者简介:袁 亮(1982—),男,硕士,讲师,主要从事生物技术微生物应用研究。E-mail:sqzyjsxyyl@163.com。

通信作者:张春丽,高级农艺师,主要从事小麦栽培技术研究。E-mail:596389355@qq.com。

高^[7-10]。而低温炭化工艺则可以满足低于 300 ℃ 的处理条件,传统工艺的弊端问题得以化解。

基于此,本研究对比分析传统高温处理方式与低温处理方式之间的差异,围绕 2 种方式应用于冬小麦方面的效果展开分析,从技术角度为麦田应用低温生物炭处理工艺的研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试冬小麦品种商麦 178 由商丘市农林科学院提供,玉米秸秆生物炭以玉米秸秆为原料,在 240 ℃ 和 400 ℃ 条件下烧制而成,由河南省农业科学院提供,具体理化性质见表 1。供试土壤为两合土,具体理化性质见表 2。

表 1 生物炭基本理化性质

玉米秸秆 生物炭制备 温度(℃)	pH 值	有机碳 含量 (g/kg)	全氮 含量 (g/kg)	全磷 含量 (g/kg)	全钾 含量 (g/kg)
240	7.88	564.28	10.77	23.15	9.38
400	8.92	280.14	11.02	52.54	8.62

表 2 供试土壤基本理化性质

pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
6.96	14.69	87.77	35.34	156.38

1.2 试验设计

试验于 2021 年 10 月至 2022 年 6 月在商丘市农林科学院(115.707°E,34.532°N)进行,年平均气温为 14 ℃ 左右,年平均降水量达到 700 mm。试验设置 21 个小区,每个小区面积为 3 m²,长 2.0 m、宽 1.5 m,每个处理设置 3 次重复。将 0~25 cm 晾干后的耕层土壤和不同处理生物炭混匀,基础施肥为复合肥 750 kg/hm²(氮、磷、钾含量均为 15%),在小区周围埋 50 cm 深的塑料膜用于隔离土壤,10 月 10 日采用人工点播播种,株距为 4 cm,行距(共 6 行)为 20 cm,每穴 2 粒小麦种子,于出苗后定苗保证每穴 1 棵苗,人工监测适时喷水保持土壤湿度为田间持水量的 60%~70%。试验设置的 7 个处理包括 CK(不加生物炭)、DY1(添加 1% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、DY2(添加 2% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、DY3(添加 4% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY1(添加 1% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY2(添加 2% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)、GY3(添加 4% 的 400 ℃ 玉米秸秆生物炭)。

1.3 样品测定

小麦和土壤样品于播种后 38 d 采集。小麦样品在地上部和地下部收获后,使用去离子水完成清洗步骤,确保样品的干净程度,为去除样品表面残留水分,利用吸水纸进行处理,在 105 ℃ 烘箱中杀青 30 min 后,65 ℃ 烘干至恒质量。小麦样品消解方法:用硫酸-过氧化氢消化后,测定植株全氮、全磷、全钾的含量^[11]。风干处理后的土壤样品需要进行过筛处理,孔度分别为 0.840、0.149 mm,经由处理所得到的土壤接下来用于土壤营养成分与相关数值的测定,包括速效磷含量、速效钾含量、有机质含量、碱解氮含量的测定以及 pH 值的测定^[12]。

根际微生物测定:10 月 20 号开始取根际土样测量细菌和真菌数量,每隔 7 d 随机取土测量 1 次,5 次时间依次为 10 月 20 日、10 月 27 日、11 月 3 日、11 月 10 日、11 月 17 日。从根系附近 5 mm 范围内采取土壤样品,将采集的土壤样品放在阴凉处摊开晾干,筛除杂质将风干的土壤样品磨碎,过 1 mm 筛孔的土壤样品用来测定。在计数环节采用平板表面涂抹法,土壤鲜样的称取量为 10 g,以其为基础来配制悬浮液,悬浮液的浓度需要设置不同组别,配制过程需确保使用无菌水并处于无菌条件之下,分别取 60 μL 稀释 10⁵ 倍和 10² 倍的土壤悬浮液,各自用于灭菌牛肉膏蛋白胨琼脂培养基的接种与马丁-孟加拉红培养基的接种,前者可对细菌进行测定,后者可对真菌进行测定。不同浓度的土壤悬浮液的重复采取次数均为 3 次,培养细菌的温度固定为 37 ℃,培养 4 d;培养真菌的温度固定为 35 ℃,培养时间为 4~7 d,选取每皿菌落数为 30~160 CFU/g 的 1 个稀释度对菌落进行统计,根据菌落数量(CFU/g)=(菌落平均数×稀释倍数)/干土质量×100%来对数量进行计算并得出数值结果^[13]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010、DPS 数据处理系统等进行数据处理与分析作图。

2 结果与分析

2.1 施用生物炭对冬小麦氮、磷、钾养分含量的影响

由表 3 可知,相较于没有添加生物炭的空白对照组(CK),添加不同用量不同热解温度生物炭的小麦地上部氮、钾含量均有不同程度的增高,而 DY3、GY1、GY2、GY3 处理的磷含量出现比对照降低的现

象。除 GY1 处理外,其他添加生物炭处理的小麦地上部含氮量均显著高于 CK,表现为 DY1 处理 > DY2 处理 > GY2 处理 > DY3 处理 > GY3 处理,其中添加 1% 用量 240 ℃ 生物炭(DY1)处理的小麦地上部含氮量最高,比基础施肥(CK)的小麦含氮量增加了 19.91%。在添加了同一热解温度生物炭条件下,随着添加生物炭含量的增高,小麦地上部的钾含量也有显著增高趋势。且相较于添加了相同用量 240 ℃ 生物炭的小麦,添加 400 ℃ 生物炭小麦的钾含量有所降低,但差异不显著。另外,只有 DY1、DY2 处理的小麦地上部磷含量比对照组显著增高,

其他处理均显著降低。综上所述,相同生物炭用量的条件下,240 ℃ 生物炭相较于 400 ℃ 生物炭对提高小麦地上部氮、磷、钾养分含量的效果较好。

添加 1% 和 2% 用量的生物炭处理对小麦地下部氮含量的增幅均达到显著水平,添加 1% 用量 400 ℃ 生物炭(GY1)处理的小麦地下部氮含量最高,比 CK 增加了 61.66%。

在添加生物炭条件下,小麦地下部磷含量除了 DY2 处理略有升高,其他处理均较 CK 显著降低。小麦地下部钾含量除了 GY1 处理较 CK 显著降低外,其他处理小麦地下部钾含量均有显著增高。

表 3 施用生物炭对小麦地上部和地下部养分含量的影响

处理	地上部			地下部		
	全氮含量(%)	全磷含量(%)	全钾含量(%)	全氮含量(%)	全磷含量(%)	全钾含量(%)
CK	4.42 ± 0.16d	1.81 ± 0.02c	6.73 ± 0.15e	1.93 ± 0.28d	4.00 ± 0.52a	0.28 ± 0.02d
DY1	5.30 ± 0.37a	1.97 ± 0.06a	7.31 ± 0.13d	2.45 ± 0.05c	3.71 ± 0.04b	0.45 ± 0.02b
DY2	5.11 ± 0.22ab	1.86 ± 0.01b	8.37 ± 0.44bc	2.76 ± 0.18b	4.16 ± 0.17a	0.40 ± 0.05c
DY3	4.93 ± 0.20bc	1.70 ± 0.00e	9.30 ± 0.52a	1.64 ± 0.17e	2.39 ± 0.13c	0.57 ± 0.03a
GY1	4.68 ± 0.17cd	1.64 ± 0.01f	6.86 ± 0.32de	3.12 ± 0.03a	2.51 ± 0.25c	0.20 ± 0.02e
GY2	5.09 ± 0.10ab	1.75 ± 0.00d	7.87 ± 0.63c	2.31 ± 0.08c	1.71 ± 0.11d	0.42 ± 0.01bc
GY3	4.85 ± 0.18bc	1.69 ± 0.01e	8.83 ± 0.40ab	1.07 ± 0.14f	0.93 ± 0.17e	0.58 ± 0.02a

注:同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。表 4 同。

2.2 施用生物炭对小麦根际土壤微生物数量的影响

2.2.1 施用生物炭对小麦根际土壤细菌数量的影响 图 1 是冬小麦根际土壤稀释 10 万倍后 1 g 土壤悬浮液的细菌数量与其对应生物炭处理的关系,所有生物炭处理的细菌数量均高于 CK,说明生物炭可以有效促进小麦根际细菌的生长,其中 DY2 处理一直保持最高值,其次是 GY2 和 DY3 处理,GY1 处理表现最差。所有处理的细菌数量呈现缓慢波动增加的趋势。细菌的增长速度与小麦的生长发育有非常重要的关系^[14]。之所以在小麦生长过程中

细菌会呈现动态增长,是因为在小麦生长的不同时期,小麦所需营养含量不一样,其代谢出来有利于微生物的物质也就会呈现动态变化,总的来说微生物会在小麦生长最快的阶段达到最大值。

2.2.2 施用生物炭对小麦根际土壤真菌数量的影响 图 2 是冬小麦根际土壤稀释 100 倍后 1 g 土壤悬浮液的真菌数量与对应生物炭处理的关系,可以看出,对照的根际真菌数量呈现缓慢减少的趋势,各生物炭处理真菌数量均高于对照,小麦根际真菌数量大体表现为 DY2 处理 > GY2 处理 > DY3 处理 > GY3 处理 > DY1 处理 > GY1 处理。相较于图 1 中细菌数量最大值出现的日期来说,真菌数量最大值出现日期会提前,因为麦田土壤真菌数量的基数本身较大,所以最大值出现日期也会较细菌提前,此时相对一致保持较高真菌数量的是 DY2 和 GY2 处理,一致呈现波动增长的是 DY3 和 GY3 处理。

2.3 施用生物炭对土壤理化性质的影响

从表 4 可以看出,土壤的 pH 值因生物炭处理而出现了增势,与 CK 相比,GY2、GY3 处理的土壤在 pH 值方面的增势较为突出,显著高于 CK,GY3 处理的土壤 pH 值最高。

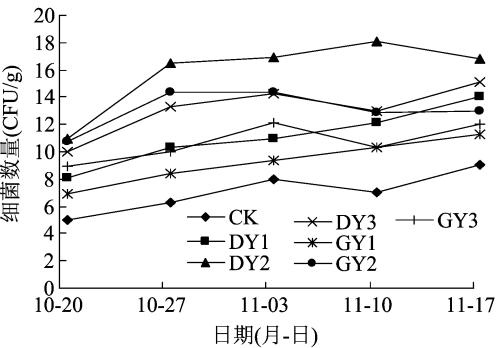


图1 不同处理对冬小麦根际土壤细菌数量的影响

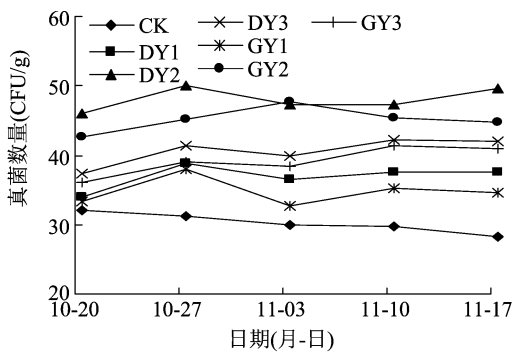


图2 不同处理对冬小麦根际土壤真菌数量的影响

土壤有机质是反映土壤肥力的一项重要指标。由表 4 可知,用量、热解温度不同的生物炭处理均可令土壤有机质含量增加,表现为 DY3 处理 > GY3 处理 > DY2 处理 > GY2 处理 > DY1 处理 > GY1 处理,与 CK 相比,增幅分别为 232.15%、194.56%、180.18%、136.13%、100.00%、93.36%。热解温度相同时,土壤有机质含量会随生物炭含量的增加而

显著增加,其中,增加效果最优的热解温度为 240 ℃。可见,土壤中的有机质会因生物炭的加入而增多,进而提高土壤肥力。

由表 4 可知,相较于 CK,除了 GY1 处理外,与 CK 相比,其他生物炭处理的土壤碱解氮含量均有显著降低趋势。当添加 1% 生物炭(GY1、DY1 处理)时,与 CK 相比,生物炭的加入可令土壤内出现更多速效磷,但增势并不可持续;当生物炭用量增值一定数值(GY2、GY3、DY2、DY3 处理)时,速效磷含量由升转降,降幅最大的是添加 3% 的 240 ℃ 玉米秸秆生物炭(DY3)处理。相较于 CK,生物炭处理的速效钾含量均显著增加,最大的是 GY3 处理,为 632.71 mg/kg,是 CK 的 1.88 倍。使用生物炭的量一致时,240 ℃ 1% 生物炭(DY1)处理的土壤速效磷、速效钾含量高于 400 ℃ 1% 生物炭(GY1)处理;400 ℃ 2%、4% 生物炭(GY2、GY3)处理的土壤速效钾、速效磷含量显著高于 DY2、DY3 处理。

表 4 施用生物炭对土壤理化性质的影响

处理	pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
CK	8.15 ± 0.03bc	23.36 ± 0.85f	121.42 ± 6.38a	125.29 ± 5.64c	337.25 ± 12.34d
DY1	8.10 ± 0.06c	46.72 ± 2.43e	87.29 ± 2.35d	138.13 ± 3.66a	542.58 ± 39.23bc
DY2	8.18 ± 0.04bc	65.45 ± 3.07c	114.07 ± 10.22b	108.98 ± 4.14d	497.25 ± 58.17c
DY3	8.23 ± 0.09ab	77.59 ± 3.00a	84.51 ± 4.16d	93.96 ± 2.67e	551.53 ± 58.00bc
GY1	8.17 ± 0.11bc	45.17 ± 0.42e	123.17 ± 7.68a	132.47 ± 3.22ab	494.58 ± 54.26c
GY2	8.27 ± 0.06a	55.16 ± 1.26d	96.22 ± 1.84c	127.55 ± 11.17bc	611.92 ± 73.11ab
GY3	8.29 ± 0.13a	68.81 ± 3.22b	86.55 ± 2.02d	111.86 ± 4.23d	632.71 ± 42.25a

2.4 施用生物炭对小麦植株养分和土壤氮、磷、钾含量相关关系的影响

由图 3 可知,小麦植株全氮和土壤碱解氮含量呈线性正相关关系,拟合方程为 $y = 0.0146x + 5.6081$,决定系数为 $r^2 = 0.098$,相关系数为 0.31,呈中等相关关系。小麦植株全磷含量和土壤速效磷

含量呈线性正相关关系,拟合方程为 $y = 0.0168x + 2.5400$, $r^2 = 0.0395$,相关系数为 0.20,呈弱相关关系。小麦植株全钾含量和土壤速效钾含量呈线性正相关关系,拟合方程为 $y = 0.0073x + 4.4766$, $r^2 = 0.4125$,相关系数为 0.64,呈强(显著)相关关系。

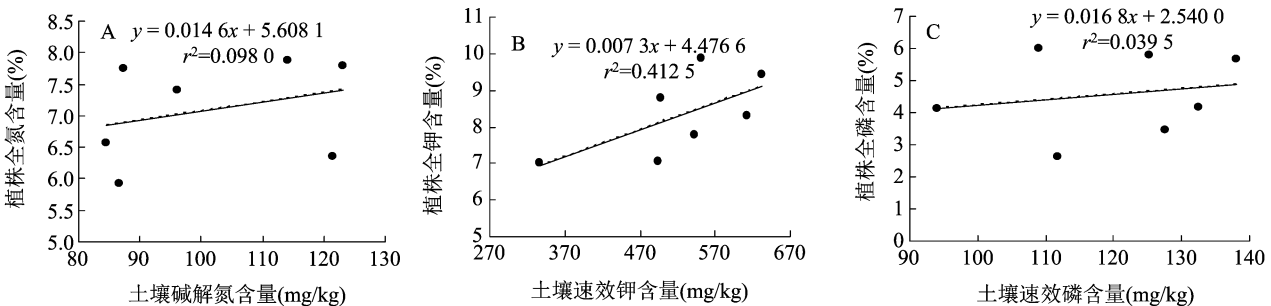


图3 施用生物炭对小麦植株养分含量和土壤氮、磷、钾含量相关关系的影响

3 讨论与结论

植株因生物炭而在生长发育过程中会得到相应助力,原因在于生物炭改善了土壤性状,使土壤有机质含量增加,养分增多,吸附性增强,微生物被激活。与此同时,肥料利用率会因此而得到明显提高,作物产量相应增加,作物品质有所改善^[15]。前人研究表明,添加生物炭能促进植株地上部干物质的积累。高海英在试验中添加炭基肥料使小麦的干物质质量显著增大^[16]。刘阿梅等的研究表明,生物炭添加比例不同时,作物受到的促进作用也会呈现出差异,添加比例的增加会令作物鲜质量增加得更明显^[17]。康日峰等研究发现,生物炭基肥料可令小麦吸收磷、氮的能力增强,吸收氮的增加率均值为 19.07%,吸收磷的增加率均值为 15.00%^[18]。本研究表明,小麦植株在生物炭处理后的养分含量明显增加,且相对于裂解温度为 400 ℃ 的生物炭,低温(240 ℃)生物炭对提高小麦地上部氮、磷、钾养分含量的效果较好,且对地上部的促进作用大于根部,这与前人的研究结论^[15-18]一致。

生物炭在内部构造方面的特点使其在融入土壤表层后,增加了表层微生物的栖息场所,有利于其生存和繁衍,生物炭的加入使得土壤中有益菌群数量增加。本研究发现,生物炭可以有效促进小麦根际细菌的生长,其中 DY2 处理一直保持最高位状态,其次是 GY2 和 DY3 处理,GY1 处理表现最差。对照组的真菌数量表现为缓慢降低趋势,试验组的真菌数量波动相较于对照组而言更加明显,真菌数量最低的是 GY1 处理,最高的是 DY2 处理,其余处理表现为 GY2 处理 > DY3 处理 > GY3 处理 > DY1 处理,这说明生物炭的适当使用可以很快地提高植物根际微生物的数量,使二者达到相对需要的平衡状态,从而保证植物能够良好生长。但是使用过多的时候也会抑制住微生物的生长,所以选择适量使用是非常关键的,本试验数据表明,低温生物炭促进微生物数量增长的效果更显著。另外,在植物根际的微生物种群及数量也会随着植物的生长周期不断变化,这可以说是生物界的普遍适应和调节过程。

在生物炭与其他肥料同时使用时,也可增加土壤肥力,减少土壤肥料的流失,促进作物增产^[19]。土壤因生物炭处理而提升了 pH 值,有机质含量增加,养分输送效率提升,土壤肥力进而增强,生长发

育得到促进。唐志文等研究发现,土壤肥料的利用率因生物炭处理而提高了效率,固有理化性质得以改善,有机质平衡性增强^[20]。经由试验可知,240 ℃ 生物炭的裂解温度较为适宜,能够带来较好的土壤改善效果,但试验中发现碱解氮含量均有所下降。张晗芝等也研究发现,氮含量因生物炭处理而下降,氮吸收效率降低^[21],原因可能与生物炭本身具有较高的碳氮含量有关^[22]。

相比于传统工艺而言,低温生物炭工艺在促进冬小麦养分吸收、根际微生物孳生以及改善理化性质方面具有较好效果,其凭借较低能耗、较高产率而带来更高的综合效益,应用前景较广。

参考文献:

- [1]肖阳. 农业绿色发展背景下我国化肥减量增效研究:以河南省为例[D]. 北京:中国农业科学院,2018.
- [2]曾莉. 不同氮肥用量下潮土中秸秆分解过程及其微生物多样性研究[D]. 重庆:西南大学,2021.
- [3]侯永坤. 不同耕作模式对土壤理化性质和冬小麦产量的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2019.
- [4]薛冉. 生长早期小麦根际土壤养分及微生物对不同水分供应模式响应及其机制的研究[D]. 兰州:兰州大学,2017.
- [5]徐瑞富,陆宁海,杨蕊,等. 土壤类型及生育时期对小麦根际土壤微生物数量的影响[J]. 河南农业科学,2013,42(12):75-78.
- [6]李晓慧,韩晓增,王树起,等. 土壤微生物对不同作物根系活动的响应[J]. 农业系统科学与综合研究,2010,26(2):156-159.
- [7]郑庆福,王永和,孙月光,等. 不同物料和炭化方式制备生物炭结构性质的 FTIR 研究[J]. 光谱学与光谱分析,2014,34(4):962-966.
- [8]何燎,桑义敏,余望,等. 炭化材料的制备及其在土壤热处理炭化研究中的应用研究进展[J]. 环境工程,2021,39(8):179-187.
- [9]王璐瑶,谢潇. 生物炭的制备及应用研究进展[J]. 农业与技术,2020,40(22):34-36.
- [10]刘朝霞,牛文娟,楚合营,等. 秸秆热解工艺优化与生物炭理化特性分析[J]. 农业工程学报,2018,34(5):196-203.
- [11]郭大勇,商东耀,王旭刚,等. 改性生物炭对玉米生长发育、养分吸收和土壤理化性状的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(2):22-27.
- [12]张兴良. 秸秆还田对土壤理化性质及小麦产量的影响分析[J]. 南方农业,2018,12(21):191-193.
- [13]徐民民,黄莹,李波,等. 生物炭对小麦根际和根内微生物群落结构的影响[J]. 浙江农业学报,2021,33(3):516-525.
- [14]王小彬,蔡典雄,刘小秧. 液膜覆盖对旱地小麦种植体系土壤微生物区系的影响[J]. 土壤学报,2005,42(4):692-696.
- [15]张文玲,李桂花,高卫东. 生物炭对土壤性状和作物产量的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(17):153-157.
- [16]高海英. 一种生物炭基氮肥的特征及其对土壤作物的效应研究

秦广利. 添加外源有机物对小麦甘薯轮作土壤碳氮、微生物菌群变化及代谢活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(18): 206–214.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.030

添加外源有机物对小麦甘薯轮作土壤碳氮、微生物菌群变化及代谢活性的影响

秦广利

(商丘职业技术学院, 河南商丘 476100)

摘要:为探究添加外源有机物对麦薯田土壤碳氮、微生物菌群变化及代谢活性的影响, 2019—2022 年, 通过田间定位试验, 设置氮磷钾肥单施 + 秸秆不还田 (NPKNS), 80% 氮磷钾肥 + 秸秆还田 (NPKS), 80% 氮磷钾肥 + 生物有机肥 + 秸秆还田 (NPKBS), 80% 氮磷钾肥 + 羊粪 + 秸秆还田 (NPKDS), 80% 氮磷钾肥 + 基质 + 秸秆还田 (NPKSS) 5 个处理, 研究化肥减量添加不同有机物对土壤碳氮组分、微生物菌群结构及代谢活性的影响。结果表明, 与 NPKNS 处理相比, NPKBS 处理土壤有机碳 (SOC) 含量、土壤微生物量碳 (MBC) 含量、土壤可溶性有机碳 (DOC) 含量分别显著提高 12.44%、46.05%、9.76%, NPKDS 处理土壤易氧化有机碳 (ROC) 含量、土壤颗粒有机碳 (POC) 含量分别显著提高 8.50%、12.11%; 与 NPKNS 处理相比, NPKBS 处理土壤全氮、微生物量氮含量分别显著提高 8.99%、7.87%; 与 NPKNS 处理相比, NPKBS 处理土壤细菌、总菌群磷脂脂肪酸 (PLFA) 含量分别显著提高 36.43%、12.78%, NPKSS 处理放线菌 PLFA 含量显著提高 32.52%。NPKBS 处理细菌含量/真菌含量较其他处理分别提高 10.87%~96.15%, NPKDS 处理革兰氏阳性菌与阴性菌比值较 NPKNS、NPKS 处理分别显著提高 16.95%、11.29%; AWCD 表现为 NPKBS > NPKSS > NPKDS > NPKS > NPKNS; NPKBS 处理土壤微生物对糖类、氨基酸类、胺类化合物的利用能力较其他处理分别显著提高 8.57%~39.20%、8.79%~30.26%、17.07%~41.18%。NPKDS 处理土壤微生物对羧酸类、酚类化合物的利用能力较其他处理分别显著提高 5.80%~87.18%、11.36%~104.17%; NPKBS 处理香浓指数、均匀度指数均较其他处理分别显著提高 6.85%~19.08%、10.74%~42.24%。NPKSS 处理丰富度指数较 NPKNS、NPKDS 处理显著提高 7.06%、5.79%; 相关性分析结果表明, 土壤微生物菌群结构及代谢活性与土壤碳氮转化关系密切, 其中, 易氧化有机碳 (16.2%)、微生物量氮 (30.0%) 含量是影响土壤微生物菌群结构及代谢活性的主要因子。以上结果表明, 连续 3 年添加不同外源有机物能够提高土壤有机碳氮组分含量, 改变土壤微生物菌群结构, 提高土壤微生物功能多样性。

关键词:外源有机物; 土壤碳氮; 微生物菌群; 碳源代谢; 多样性指数

中图分类号:S154; S531.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0206-09

土壤有机碳是土壤碳库的重要组成部分, 也是土壤养分循环和营养供应的核心部分, 具有较强的

生物活性, 对土壤环境因素变化比较敏感, 是评价土壤肥力的重要指标^[1-3]。有研究表明, 田间管理措施、施肥方式等人为因素的改变均能够引起土壤有机碳组分含量的变化^[4-5]。土壤全氮是土壤氮库的核心部分, 但其变异系数较小, 不能够准确地反映出土壤氮素供应能力及微小变化^[6]。而微生物量氮是土壤活性氮库的重要组成部分, 因其周转速

收稿日期: 2022-11-27

基金项目: 河南省软科学研究计划 (编号: 222400410551); 河南省高等学校重点科研项目 (编号: 23B210010)。

作者简介: 秦广利 (1979—), 女, 河南商丘人, 硕士, 副教授, 主要从事微生物专业教学与科研工作。E-mail: sqzyqgl@163.com。

[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.

[17] 刘阿梅, 向言词, 田代科, 等. 生物炭对植物生长发育及重金属镉污染吸收的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 193–198, 204.

[18] 康日峰, 张乃明, 史静, 等. 生物炭基肥料对小麦生长、养分吸收及土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(6): 33–38.

[19] 徐亮, 王豹祥, 汪健, 等. 不同热解温度制备的水稻秸秆生物炭理化特性分析[J]. 土壤通报, 2020, 51(1): 136–143.

[20] 唐志文, 罗从军, 李桂华. 生物炭对土壤肥料的作用及未来发展[J]. 农业开发与装备, 2021(4): 74–75.

[21] 张晗芝, 黄云, 刘钢, 等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2713–2717.

[22] 曾爱, 廖允成, 张俊丽, 等. 生物炭对壤土土壤含水量、有机碳及速效养分含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(5): 1009–1015.