



李博文, 谢威, 王平, 等. 减氮配施有机粪肥对土壤理化性质及玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2024(6):25-30.

减氮配施有机粪肥对土壤理化性质 及玉米产量的影响

李博文¹, 谢威¹, 王平², 李忠志², 孙祥海², 张明聪¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163319; 2. 北大荒农垦集团有限公司宝泉岭分公司农业生产部, 黑龙江鹤岗 154100)

摘要:为提高畜禽粪便等农业废弃物在农业生产过程中循环利用效率,改善土壤肥力,促进作物增产增收,于2022年春季在宝泉岭农场开展有机粪肥还田减施氮肥试验,设置生育期不施化肥(CK)、当地常规施肥(FFP)、优化施肥(OPT)、有机粪肥替代15%N(OPT-1)、有机粪肥替代30%N(OPT-2)5个处理,研究有机粪肥和减施氮肥对土壤理化性质和玉米产量的影响。结果表明,在拔节期,与常规施肥(FFP)相比,有机粪肥替代30%氮肥处理(OPT-2)土壤有机质和速效钾含量分别显著提高14.28%和6.71%,有机粪肥替代15%氮肥处理(OPT-1)土壤有机质和速效钾含量分别显著提高10.20%和11.32%;与优化施肥处理(OPT)相比,OPT-2处理土壤有机质含量显著提高7.63%,OPT-1处理土壤速效钾含量显著提高7.01%。在成熟期,与FFP处理相比,OPT-2处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别提高15.60%、9.64%和6.83%,玉米产量显著提高8.46%,OPT-1处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别显著提高10.33%、5.26%和10.62%,玉米产量显著提高5.14%;与OPT处理相比,OPT-2处理土壤有机质、碱解氮含量分别显著提高11.09%和8.93%,OPT-1处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别显著提高6.03%、4.57%和5.80%。综合分析,施用有机粪肥可以改善土壤理化性质,提高玉米产量,改善籽粒品质,其中,30%有机粪肥替代氮肥(OPT-2)施用效果最优。

关键词: 禽畜粪便; 有机肥; 有机无机配施; 土壤养分含量

近年来,我国在高质量发展过程中所面临的严峻问题之一便是农业可持续性发展^[1]。在现代农业生产中,禽畜粪便等农业废弃物对生态环境造成极大的破坏和污染,所产生的不当处理等情况已成为最大难点^[2]。因此,禽畜粪便等农业废弃物的合理循环和资源化利用成为了我国迫切需要解决的问题^[3-5]。我国作为农业大国,每年产生大量的农业废弃物,养殖业和种植业是最主要的来源方向之一^[6-7]。畜禽粪便等养殖废弃物已逐步变成了污染源,影响着农业生产过程的再次利用,制约农业可持续发展^[8-9]。研究表明,禽畜粪便养分含量丰富,是有机肥料的重要原料,土壤中施用有机肥料可以改善土壤特性^[10-11],提高土壤有机质等养分含量^[12-13],提升作物的产量和品质^[14],对于保障粮食安全具有重要意义^[15]。合理施用有机肥能从物理化学、生物肥力等方面综合提升土壤肥力水平,降低化肥施用量,提高土壤养分积累能力^[16],提升作物产量,改善产品品质,

是发展绿色生态农业、农业可持续发展的重要途径之一^[17]。对于实现农业生产过程中所产生的禽畜粪便等废弃物的合理处理,国内外研究者尝试了多种途径,如利用从畜禽养殖场回收废弃物中的氮素制造氮肥^[18-19],但大部分养殖废弃物回收利用方式存在技术难题、实际推广难度大以及成本花费较高等问题。现阶段适合我国畜禽粪便等废弃物高效处理的可行性方式仍需深入探索,增施有机肥料是农作物稳产高产、培肥地力,增强农业生产动力的关键,也是充分利用现有肥料资源带动农业可持续发展的重要内容。

因此,利用畜禽粪便所制成的有机肥料参与农业生产中的养分循环可能是解决途径之一。本研究利用畜禽粪便制成的有机肥料,通过有机粪肥与无机肥料配施的方式,进行长期的监测试验,探讨施用有机粪肥对土壤物理、化学性质和农作物产量及其变化特征的影响,以寻找肥料配施规律、发现新问题及解决方法,从而促进农作物增产

收稿日期:2024-03-16

基金项目:黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目(2021ZXJ05B02);黑龙江省北大荒农垦集团有限公司宝泉岭分公司绿色种养循环农业试点项目(BQLHT-2023-051)。

第一作者:李博文(1997—),男,硕士研究生,从事有机肥料的开发与利用相关研究。E-mail:942132859@qq.com。

通信作者:张明聪(1983—),男,博士,副教授,从事土壤改良和有机肥料开发与利用相关研究。E-mail:zhangmingcong@163.com。

增收,为种养废弃物的处理提供应用参考和可行性解决方案,为我国农业可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2022 年在北大荒集团宝泉岭分公司宝泉岭农场科技园区实施。该试验点位于 46°23'N~47°54'N,129°25'E~130°26'E,地处黑龙江省东北部,当地年活动积温为 2 100~2 600 ℃,属第四积温带,寒温带大陆性季风气候,土壤类型主要为黑土。试验地具体土壤理化性质详见表 1。

表 1 试验地初始养分含量

试验地	pH	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)
宝泉岭农场	5.95	98.43	34.55	168.00	26.51

1.2 材料

供试玉米:德美亚 3 号,生育期 113 d,活动积温 2 200 ℃左右,属中早熟品种、产量高、适应性 强,抗病性强。株型收敛,茎秆坚韧,根系发达,轴

细、粒深,出籽率高。籽粒马齿型、黄色,粗蛋白含量高。

供试肥料:尿素(N≥46%);磷酸二铵(N≥18%、P₂O₅≥46%);硫酸钾(K₂O≥50%)。有机粪肥由农场提供,具体养分含量见表 2。

表 2 供试有机粪肥养分含量

试验地	有机粪肥类型	主要养分含量/%			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机质
宝泉岭农场	牛粪	0.28	0.14	0.28	24.5

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用玉米和大豆轮作模式,2022 年种植玉米,设置 5 个不同施肥处理,分别为 CK(不施化肥)、FFP(当地常规施肥)、OPT(优化施肥)、OPT-1(有机粪肥替代 15%氮肥)、OPT-2(有机粪肥替代 30%氮肥),其中有机粪肥替代处理氮、磷、钾总施用量与优化施肥相同,各施肥处理后期追施尿素 150 kg·hm⁻²。各小区面积为 66 m²,共 6 根大垄,每垄长 10 m,宽 1.1 m,3 次重复。其他田间管理方式均相同,各处理方案见表 3。

表 3 试验处理及具体施肥方案

处理	施肥方式	有机肥/ (t·hm ⁻²)	化肥/(kg·hm ⁻²)		
			尿素	磷酸二铵	硫酸钾
CK	不施化肥	0	0	0	0
FFP	当地常规施肥	0	180.00	225.00	150.00
OPT	优化施肥	0	150.00	180.00	120.00
OPT-1	有机粪肥替代 15%氮肥	5.43	123.40	163.47	89.58
OPT-2	有机粪肥替代 30%氮肥	10.86	96.81	146.93	59.16

注:优化施肥根据当地土壤化验结果进行配方施用,施用有机粪肥处理根据优化施肥量进行氮肥替代。

1.3.2 测定项目及方法 土壤样品采集与测定:在播种前、拔节期、成熟期进行土样采集,以 S 形布点法在各处理小区采集土壤样品,每个小区采集 5 点,将 5 点土壤样品混合均匀后,自然阴干,采用四分法获得待测土壤样品并将其密封保存。试验前后测定土壤基础肥力,其中土壤有机质用高温外加热重铬酸钾氧化法测定、碱解氮利用碱解扩散法测定、速效磷用钼锑抗比色法测定、速效钾用火焰光度计法测定、土壤 pH 利用电位法(水土比为 5:1)测定,各指标测定方法参照《土壤农化分析方法》^[20]。

植株样品的采集与测定:成熟期,采集试验小区 1 m²内所生长的植株样品并对玉米的株高、行粒数、穗行数、百粒重进行测量,同时测量成熟期后作物产量和品质。

1.3.3 数据分析 利用 Excel 2019 和 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 减氮配施有机粪肥对土壤理化性质的影响

2.1.1 土壤有机质含量 由图 1 可知,在拔节期,与 FFP 处理相比,OPT、OPT-1、OPT-2 处理土壤有机质含量分别显著提高 6.17%、10.20%和 14.28%;与 OPT 处理相比,OPT-1、OPT-2 处理提高 3.79%和 7.63%,OPT-2 处理最高,且显著高于其他处理。在成熟期,与 FFP 处理相比,OPT 处理土壤有机质提高 4.05%,OPT-1 和 OPT-2 处理分别显著提高 10.33%和 15.60%;与 OPT 处理相比,OPT-1、OPT-2 处理分别显著提高 6.03%和 11.09%。

OPT-2 处理有机质含量表现为播种后的拔节期和成熟期高于播种前;其他处理有机质含量均表现为播种前高于拔节期和成熟期,除不施肥处理播种前显著高于拔节期和成熟期外,其他处理在不同时期间差异不显著。

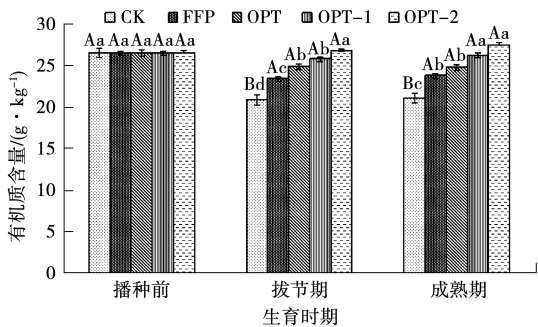


图 1 减氮配施有机粪肥对土壤有机质含量的影响

注:不同大写字母表示同一处理不同时期差异显著 ($P<0.05$);不同小写字母表示同一时期不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.1.2 土壤碱解氮含量 由图 2 可知,随玉米生育期进程,FFP、OPT、OPT-1、OPT-2 处理土壤中碱解氮含量呈先下降后上升的趋势。在拔节期,OPT-1 处理较 OPT 处理提高 0.22%,OPT-2 处理较 FFP、OPT 和 OPT-1 处理分别显著提高 1.76%、2.67%和 2.44%。在成熟期,OPT 处理较 FFP 处理提高 0.65%,OPT-1 处理较 FFP、OPT 处理分别显著提高 5.26%和 4.57%,OPT-2 处理与 FFP、OPT 和 OPT-1 处理相比土壤碱解氮含量分别显著提高 9.64%、8.93%和 4.16%。与拔节期 FFP、OPT、OPT-1、OPT-2 处理相比,成熟期各处理土壤碱解氮均有所增长,且 OPT-1、OPT-2 处理增长显著。

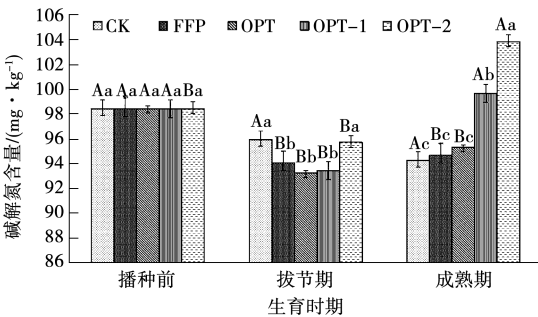


图 2 减氮配施有机粪肥对土壤碱解氮含量的影响

2.1.3 土壤速效磷含量 由图 3 可知,随玉米生育进程各处理间土壤中速效磷含量先降低后趋于稳定,但 OPT-1 处理中的土壤速效磷含量在拔节期和成熟期内无明显变化。在拔节期,与 FFP 处理相比,OPT、OPT-2 处理土壤速效磷含量提高

0.51%和 3.79%;与 OPT 处理相比,OPT-2 处理土壤速效磷含量提高 3.27%;与 OPT-1 处理相比,OPT-2 处理显著提高 19.29%。在成熟期,与 FFP 处理相比,OPT 和 OPT-2 处理土壤速效磷含量提高 0.45%和 4.01%;与 OPT 处理相比,OPT-2 处理土壤速效磷含量提高 3.54%;与 OPT-1 处理相比,OPT-2 处理显著提高 19.88%。成熟期 FFP、OPT、OPT-2 处理土壤速效磷含量较拔节期有所增长,但差异不显著。

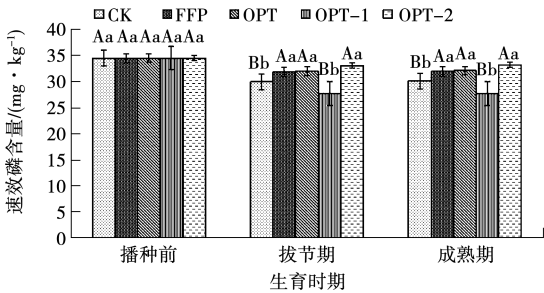


图 3 减氮配施有机粪肥对土壤速效磷含量的影响

2.1.4 土壤速效钾含量 由图 4 可知,随生育期进程,各处理间土壤速效钾含量总体呈现出上升趋势。在拔节期,与 FFP 处理相比,OPT、OPT-1、OPT-2 处理土壤速效钾含量分别显著提高 4.03%、11.32%和 6.71%;与 OPT 处理相比,OPT-1、OPT-2 处理土壤速效钾含量提高 7.01%和 2.58%;与 OPT-2 处理相比,OPT-1 处理速效钾含量提高 4.13%,OPT-1 在拔节期时土壤中速效钾含量最高。在成熟期,与 FFP 处理相比,OPT、OPT-1、OPT-2 处理土壤速效钾含量显著提高 4.55%、10.62%和 6.83%;与 OPT 处理相比,OPT-1、OPT-2 处理土壤速效钾含量分别提高 5.80%和 2.17%;与 OPT-2 处理相比,OPT-1 处理速效钾含量显著提高 3.55%,OPT-1 处理在成熟期土壤中速效钾含量最高。

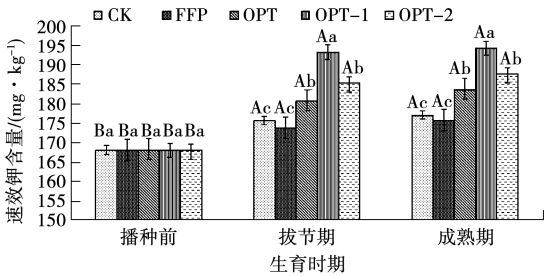


图 4 减氮配施有机粪肥对土壤速效钾含量的影响

2.1.5 土壤 pH 由图 5 可知,在拔节期,FFP 处理较 CK 处理 pH 上升 0.07;OPT 处理较 FFP 处理上升 0.01;OPT-1 处理较 OPT 处理上升 0.01;OPT-2 处理较 OPT-1 处理上升 0.16。在

成熟期,FFP 处理较 CK 处理上升 0.02;OPT 处理较 FFP 处理上升 0.01;OPT-1 处理较 OPT 处理上升 0.07;OPT-2 处理较 OPT-1 处理上升 0.09。

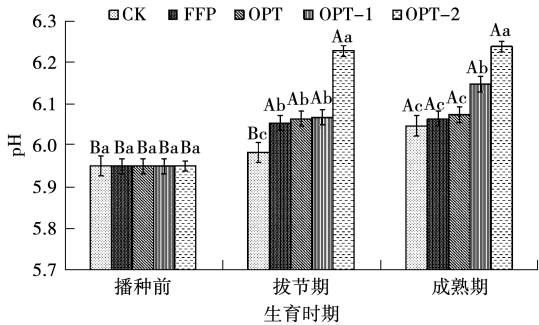


图 5 减氮配施有机粪肥对土壤 pH 的影响

2.1.6 土壤电导率 由图 6 可知,在拔节期,FFP 处理较 CK 处理电导率增长 0.17%;OPT 处理较 FFP 处理电导率降低 0.16%;OPT-1 处理较 OPT 处理电导率降低 0.08%;OPT-2 处理较 OPT-1 处理电导率增长 0.93%。OPT-2 处理电导率最高,与其他处理相比增长效果显著。在成熟期,FFP 处理较 CK 处理电导率降低 0.25%;OPT 处理较 FFP 处理电导率显著增长 0.16%;OPT-1 处理较 OPT 处理电导率显著降低 0.42%;OPT-2 处理较 OPT-1 处理电导率显著增长 1.27%,OPT-2 处理电导率显著高于其他处理。

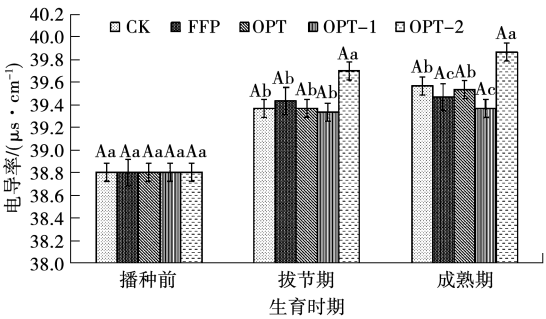


图 6 减氮配施有机粪肥对土壤电导率的影响

2.2 减氮配施有机粪肥对玉米产量及品质的影响

2.2.1 产量和产量构成因素 由表 4 可知,玉米收获期,各处理间产量、株高及百粒重存在显著差异。各处理间玉米产量相比,FFP 处理较 CK 处理显著提高 11.56%,OPT 处理较 FFP 处理显著提高 13.00%,OPT-1 处理较 OPT 处理下降 6.96%,OPT-2 处理较 OPT-1 处理提高 3.16%,OPT 处理玉米产量最高,其次是 OPT-2 和 OPT-1 处理,CK 处理玉米产量最低。与常规施肥处理(FFP)相比,OPT-1、OPT-2 处理玉米产量分别显著提升 5.14%和 8.46%,OPT-1 和 OPT-2 处理产量低于 OPT 处理,可能是由于有机粪肥肥效发挥较慢所导致,后续应进行长期试验来监测。

表 4 减氮配施有机粪肥对玉米产量及其构成因素的影响

处理	株高/cm	行粒数	穗行数	百粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
CK	274.33±0.88 d	36.43±0.10 a	14.57±0.87 a	27.13±0.22 d	10087.05±10.95 d
FFP	278.66±1.20 c	38.00±1.56 a	13.71±0.80 a	30.85±0.71 b	11253.60±59.89 c
OPT	284.00±1.52 b	37.25±2.16 a	16.00±1.69 a	30.47±0.12 b	12717.00±17.20 a
OPT-1	286.00±1.52 ab	35.13±1.78 a	14.75±0.56 a	28.53±0.12 c	11832.30±43.58 b
OPT-2	289.33±1.33 a	36.43±2.08 a	14.57±0.56 a	32.83±0.49 a	12206.10±20.20 b

注:不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

各处理间玉米株高相比,FFP、OPT、OPT-1、OPT-2 处理分别较 CK 处理高 1.58%、3.52%、4.25%和 5.47%,其中,OPT-2 处理植株最高,较 FFP 处理、OPT 处理显著提高 3.83%和 1.88%。各处理间玉米百粒重相比,OPT-2 处理较 CK、FFP、OPT、OPT-1 处理分别显著提高 21.01%、6.42%、7.75%和 15.07%。

2.2.2 籽粒品质 由表 5 可知,OPT-1 处理玉米籽粒脂肪含量高于其他 4 个处理,各处理间差异不显著;OPT-2 处理玉米籽粒蛋白质含量最高,各处理间差异不显著;OPT-2 处理玉米淀粉含量也高于其他 4 个处理,各处理间差异不显著。综合分析,施用有机粪肥处理的玉米品质优于其他处理。

表 5 减氮配施有机粪肥对玉米籽粒品质的影响

处理	脂肪/%	蛋白质/%	淀粉/%
CK	4.32±0.11 a	8.77±0.18 a	71.24±0.47 a
FFP	4.40±0.16 a	8.84±0.06 a	70.94±0.60 a
OPT	4.40±0.12 a	8.79±0.33 a	71.27±0.44 a
OPT-1	4.47±0.10 a	8.70±0.37 a	71.34±0.18 a
OPT-2	4.42±0.15 a	8.86±0.30 a	71.36±0.80 a

3 讨论

化肥施用能够提升土壤肥力水平,但过量施用会导致土壤养分流失加快,肥力下降,甚至会导致作物产量减少^[21-22]。而有机肥配施化肥施入土壤不仅可以提高土壤养分含量,增加土壤肥力,还能农作物提供足够的营养成分,从而促进农

作物产量和经济效益增加^[23]。查涛涛^[24]研究表明,不同比例的有机氮肥代替化肥处理可以提高土壤中的氮素养分含量,并随着有机氮肥比例的增加,土壤中的氮、磷、钾在一定程度上也会随之增加。有研究表明在农作物生长发育过程中施用有机肥能够提高土壤养分,提高土壤生产力,从而提高耕地质量^[25]。李燕青等^[26]研究表明,有机肥与化肥以不同比例配施后对环境的污染有所减少,禽畜粪便等废弃物得到了循环利用,同时维持了土壤供肥能力,显著增加了土壤中的有机质、速效磷、速效钾、碱解氮和全氮等必需养分,能够为农作物生长发育提供坚实保障。本研究中,玉米在经过各时期的生长发育后,不施肥处理(CK)、常规施肥(FFP)、优化施肥(OPT)、有机粪肥代替15%氮肥(OPT-1)、有机粪肥代替30%氮肥(OPT-2)5个处理比较,土壤中的有机质、速效磷和碱解氮含量都呈现出不同程度的先下降后上升趋势,而土壤中的速效钾含量呈持续上升趋势,这可能是由于有机肥料施入土壤后见效较慢,导致在作物生长过程中吸收较少。施用有机粪肥处理(OPT-1和OPT-2)中的土壤有机质、碱解氮和速效钾含量在玉米成熟期均高于常规施肥(FFP)和优化施肥(OPT)处理,而随着有机肥比例的增高,土壤中的有机质、碱解氮和速效钾含量也随之增高,其中30%有机粪肥代替氮肥的配施比例最佳。

张泽醅^[27]研究表明随着不同比例的有机肥代替化肥施入土壤后,作物产量会有所增加。赵军等^[28]研究表明,通过有机肥的施入,可以平衡土壤中的养分并能及时提供植物生长所需的养分,从而促进作物增产增收。本试验研究结果表明,优化施肥处理(OPT)产量最高,其次是有机粪肥代替30%氮肥(OPT-2)和有机粪肥代替15%氮肥(OPT-1)处理,不施化肥处理(CK)玉米产量最低,有机粪肥配施氮肥的施肥方式可以提高作物产量,该结果与前人结果一致,但可能由于有机肥料中的养分含量分解较慢,肥效缓慢,产量未能达到最优效果,也可能是有机肥施用时间较短和代替化肥比例较少,在作物生长发育过程中提供的营养成分未达到最佳优势,所以作物产量与优化施肥处理(OPT)相比较低,因此本研究还需要长期定点进行监测,以达到最佳效果和配施比例。因此,当土壤中施用一定量的有机肥时可以提高土壤养分,提升土壤肥力,改善土壤化学性质,提高作物产量。但合适比例的有机无机肥料配施对改善土壤性状至关重要,因此后续还要进

行长期定点观测,以寻求适合该地区有机肥料的配施规律,为该地区黑土耕地质量提升和畜禽粪便等废弃物的资源化利用提供更好的方案。

4 结论

有机粪肥配施化肥处理(OPT-1、OPT-2)有利于改善土壤结构,提高土壤稳定性,加速养分积累,增加玉米产量,改善籽粒品质。成熟期,与FFP处理相比,OPT-2处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别显著提高15.60%、9.64%和6.83%,速效磷提高4.01%;玉米产量显著提高8.46%;OPT-1处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别显著提高10.33%、5.26%和10.62%,玉米产量显著提高5.74%;与OPT处理相比,OPT-2处理土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别提高11.09%和8.93%、3.54%和2.17%,OPT-1处理土壤有机质、碱解氮和速效钾含量分别显著提高6.03%、4.57%和5.80%,OPT-2处理玉米品质与其他处理相比最优。30%有机粪肥替代氮肥(OPT-2)较15%有机粪肥替代氮肥(OPT-1)相比土壤养分含量提升效果更为明显,为最佳配施比例。

参考文献:

- [1] 任兴远,吴郁玲,王梅. 1998—2018年中国城镇化发展与耕地压力动态关系研究[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(6): 120-130.
- [2] 李岳云.“谁来养活中国”的争论及其启示[J]. 农业经济问题, 1996(10): 2-6.
- [3] 徐明岗, 卢昌艾, 张文菊, 等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 8-14.
- [4] 温志英, 刘晶. 我国农业生产废弃物资源循环利用模式探究[J]. 农产品加工, 2023(1): 84-87.
- [5] 宋刘洋, 丁舒心, 张琪, 等. 农业废弃物资源化利用研究进展[J]. 青海农林科技, 2024(1): 42-46.
- [6] 张北赢, 陈天林, 王兵. 长期施用化肥对土壤质量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 182-187.
- [7] 张晓楠, 邱国玉. 化肥对我国水环境安全的影响及过量施用的成因分析[J]. 南水北调与水利科技, 2019, 17(4): 104-114.
- [8] 黄先明, 王奇, 肖挺. 疫情冲击下的粮食贸易政策不确定性与全球治理[J]. 国际贸易, 2021(6): 47-55.
- [9] 陈利根. 中国农业可持续发展与耕地资源可持续利用[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(1): 102-105.
- [10] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报, 1994(1): 6-18.
- [11] 孟红旗, 吕家珑, 徐明岗, 等. 有机肥的碱度及其减缓土壤酸化的机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(5): 1153-1160.
- [12] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. 植物学通报, 2007, 42(6): 687-694.
- [13] 于菲. 长期施用有机肥对松嫩平原西部盐碱土壤肥力和玉米产量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2023.

- [14] 温延臣,张曰东,袁亮,等.商品有机肥替代化肥对作物产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2018,51(11):2136-2142.
- [15] 娄菲,左恽平,李萌,等.有机肥替代部分化肥氮对糯玉米产量、品质及氮素利用的影响[J].作物学报,2024,50(4):1053-1064.
- [16] 温延臣,李燕青,袁亮,等.长期不同施肥制度土壤肥力特征综合评价方法[J].农业工程学报,2015,31(7):91-99.
- [17] 蔡惠君.有机肥配施氮肥对滴灌春玉米产量及氮素利用的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2022.
- [18] POLTHANEE A, KUMLA N, SIMMA B. Effect of Pistia stratiotes, cattle manure and wood vinegar (pyroligneous acid) application on growth and yield of organic rainfed rice[J]. Paddy and Water Environment, 2015, 13(4):337-342.
- [19] 韩建,尹兴,郭景丽,等.有机肥施用对红地球葡萄产量、品质及土壤环境的影响[J].植物营养与肥料学报,2020,26(1):131-142.
- [20] 鲍士旦.土壤化学分析.[M]北京:中国农业出版社,1999.
- [21] 王科,李浩,张成,等.化肥过量施用的危害及防治措施[J].四川农业科技,2017(9):33-35.
- [22] 杨忠妍.化肥施用过量对农作物的危害[J].现代农业科技,2020(21):203-204,212.
- [23] HAN J Q, DONG Y Y, ZHANG M. Chemical fertilizer reduction with organic fertilizer effectively improve soil fertility and microbial community from newly cultivated land in the Loess Plateau of China[J]. Applied Soil Ecology, 2021, 165: 103966.
- [24] 查涛涛.有机氮肥等量替代化学氮肥对土壤性质及稻麦产量的影响[D].扬州:扬州大学,2023.
- [25] 俞春花,李小玲,赵爱山.施用不同有机肥对土壤养分含量及玉米产量的影响[J].农业科技与信息,2023(5):88-92.
- [26] 李燕青,温延臣,林治安,等.不同有机肥与化肥配施对氮素利用率和土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2019,25(10):1669-1678.
- [27] 张泽醒.砂姜黑土上麦玉轮作体系有机肥替减化肥对土壤供氮和作物产量的影响[D].郑州:河南农业大学,2023.
- [28] 赵军,李勇,冉炜,等.有机肥替代部分化肥对稻麦轮作系统产量及土壤微生物区系的影响[J].南京农业大学学报,2016,39(4):594-602.

Effects of Nitrogen Reduction Combined with Organic Manure Application on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield

LI Bowen¹, XIE Wei¹, WANG Ping², LI Zhongzhi², SUN Xianghai², ZHANG Mingcong¹

(1. Agricultural College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. Baoquanling Branch Agricultural Production Department, Beidahuang Group, Hegang 154100, China)

Abstract: In order to improve the recycling efficiency of livestock manure and other agricultural wastes in the process of agricultural production, improve soil fertility, and promote crop yield and income. A trial of organic manure returned to the field with reduced N fertiliser was carried out at Baoquanling Farm in the spring of 2022, with five treatments of no chemical fertiliser (CK), local conventional fertiliser (FFP), optimised fertiliser application (OPT), organic manure replacing 15% N (OPT-1), and organic manure replacing 30% N (OPT-2) at the reproductive stage, to study the effects of organic manure and reduced N fertiliser on soil physicochemical properties and maize yield. The results showed that at the nodulation stage, compared with the conventional fertiliser application (FFP), the soil organic matter and quick-acting potassium content of the organic manure replacing 30% N treatment (OPT-2) were significantly increased by 14.28% and 6.71%, respectively, and the soil organic matter and quick-acting potassium content of the organic manure replacing 15% N treatment (OPT-1) were significantly increased by 10.20% and 11.32%, respectively. Compared with the optimised fertilisation treatment (OPT), the soil organic matter content of the OPT-2 treatment was significantly increased by 7.63%, and the soil quick-acting potassium content of the OPT-1 treatment was significantly increased by 7.01%. At maturity, compared with the FFP treatment, the soil organic matter, alkaline dissolved nitrogen and quick-acting potassium contents of the OPT-2 treatment increased by 15.60%, 9.64% and 6.83%, respectively, and the maize yield increased significantly by 8.46%, while that of the OPT-1 treatment increased by 10.33%, 5.26% and 10.62%, respectively, and the maize yield increased significantly by 5.14%. Compared with OPT treatment, OPT-2 treatment soil organic matter and alkaline dissolved nitrogen content significantly increased by 11.09% and 8.93%, respectively, and OPT-1 treatment soil organic matter, alkaline dissolved nitrogen and quick-acting potassium content significantly increased by 6.03%, 4.57% and 5.80%, respectively. Comprehensive analysis, the application of organic manure can improve soil physicochemical properties, increase maize yield, and improve the quality of seeds, of which, 30% organic manure instead of nitrogen fertiliser (OPT-2) has the best application effect.

Keywords: animal manure; organic fertilizer; organic inorganic compound application; soil nutrient content