

赖宁,耿庆龙,信会男,等. 有机肥替代部分化学氮肥对南疆超晚播冬小麦产量、氮磷吸收利用及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(21):215-220.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.21.032

有机肥替代部分化学氮肥对南疆超晚播冬小麦产量、氮磷吸收利用及土壤肥力的影响

赖宁^{1,2}, 耿庆龙^{1,2}, 信会男^{1,2}, 李永福^{1,2}, 李娜^{1,2}, 范贵强³, 陈署晃^{1,2}

(1. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业科学院农业遥感中心, 新疆乌鲁木齐 830091;

3. 新疆农业科学院粮食作物研究所, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要:为探索南疆超晚播冬小麦有机肥替代部分化学氮肥的适宜比例,采用田间小区试验,以新冬20号为研究对象,设置单施化肥(CF)、有机肥替代20%氮肥(NMF1)、有机肥替代40%氮肥(NMF2)、有机替代60%氮肥(NMF3)等4个试验处理,研究不同有机氮替代化肥氮比例对南疆超晚播冬小麦产量、氮磷养分吸收利用及土壤肥力的影响。结果表明,南疆超晚播冬小麦有机肥替代部分化学氮肥适宜比例应为20%,相比单施化肥,有机肥替代20%化学氮肥(NMF1)条件下,超晚播冬小麦生物量和产量分别提高了7.21%和6.54%,氮、磷养分总吸收积累量分别提高9.88%和37.91%,氮、磷肥料偏生产力均提高了6.54%,同时0~10 cm土层土壤中有机质含量提高了9.23%,全氮含量提高了15.15%,碱解氮含量提高了21.69%,速效磷含量提高了28.16%。

关键词:有机氮替代比例;超晚播冬小麦;产量;养分吸收利用;土壤肥力

中图分类号:S512.106 文献标志码:A 文章编号:1002-1302(2022)21-0215-06

南疆是新疆维吾尔自治区重要的棉花优势产区,种植面积大,长期连作会导致连作障碍发生,对

棉田生态环境造成一定负面影响^[1]。棉花收获后种植冬小麦是棉田重要的倒茬方式,由于南疆棉花在10月中下旬才收获完毕,棉花茬小麦只能在10月下旬至11月上中旬播种,较适期播种(9月中下旬至10月上旬)晚近30 d。相关研究表明,超晚播小麦具有节水的优点^[2],这对于缓解南疆水资源短缺具有重要意义,然而超晚播冬小麦易出现出苗率低而不稳、苗弱、根系发育和分蘖差^[3],影响产量。采取一定的栽培措施,以弥补晚播对小麦个体、群体生长的负面影响,对提高超晚播小麦产量,保障粮食安全具有重要意义。

收稿日期:2021-12-24

基金项目:新疆农业科学院科技创新重点培育专项(编号:kjkcpj-003);国家重点研发计划(编号:2018YFD0200406);农业农村部耕地质量保护专项“耕地质量监测评价”。

作者简介:赖宁(1985—),男,陕西安康人,硕士,副研究员,主要从事土壤肥料与农业信息技术研究与应用。E-mail:441270771@qq.com。

通信作者:陈署晃,硕士,研究员,主要从事土壤肥料与农业信息技术研究与应用。E-mail:chensh66@163.com。

生态农业学报(中英文),2021,29(2):345-354.

[24] 韩上,武际,李敏,等. 深耕结合秸秆还田提高作物产量并改善耕层薄化土壤理化性质[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(2):276-284.

[25] 任艳军. 北方水稻机械插秧技术要点[J]. 北方水稻,2014,44(2):55-56.

[26] 刘时光,王晓玲,王元涛,等. 稻田土壤氧化亚氮产生潜势、反硝化功能基因丰度和群落结构的垂直分布[J]. 环境科学学报,2020,40(3):1040-1050.

[27] Zou J W, Huang Y, Zheng X H, et al. Quantifying direct N₂O emissions in paddy fields during rice growing season in mainland China: dependence on water regime[J]. Atmospheric Environment, 2007,41(37):8030-8042.

[28] Guntiñas M E, Gil-Sotres F, Leirós M C, et al. Sensitivity of soil respiration to moisture and temperature[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2013,13(2):445-461.

[29] 成臣,曾勇军,杨秀霞,等. 不同耕作方式对稻田净增温潜势和温室气体强度的影响[J]. 环境科学学报,2015,35(6):1887-1895.

[30] 石生伟,李玉娥,万运帆,等. 不同氮、磷肥用量下双季稻田的CH₄和N₂O排放[J]. 环境科学,2011,23(7):1899-1907.

[31] Shang Q Y, Yang X X, Gao C M, et al. Net annual global warming potential and greenhouse gas intensity in Chinese double rice-cropping systems: a 3-year field measurement in long-term fertilizer experiments[J]. Global Change Biology, 2011,17(6):2196-2210.

有机肥替代部分化肥是化肥减量增效的主要手段之一,有机肥施入后,可以活化土壤养分^[4-6]、改善土壤微生物群落结构^[7]、提高养分供应能力、培肥地力^[6]。相关研究表明,有机肥替代化肥比例在20%~30%时,显著提高了作物的生物量和产量,对促进养分吸收利用、提高肥料利用效率和土壤肥力具有积极作用^[8-11]。前人的研究主要集中在正常适期播种和雨养农业,但针对超晚播,特别是新疆干旱区绿洲灌溉农业下超晚播冬小麦有机肥替代部分化学氮肥的研究较少,成果未见报道。本研究通过设置不同有机肥替代部分化学氮肥比例田间小区试验,研究不同有机肥替代部分化学氮肥比例对新疆超晚播冬小麦产量、氮磷养分吸收利用及土壤肥力的影响,明确新疆超晚播冬小麦有机肥替代部分化学氮肥的适宜比例,以期为提高新疆超晚播冬小麦产量,保障粮食安全,实现化肥减量增效和提升耕地地力提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于2020—2021年在新疆农业科学院泽普县小麦育种家基地(77°18′21″E,38°14′18″N)进行,试验地四季分明,气候干燥,日照时间长,年平均降水量为49 mm,蒸发量为228 mm,无霜期214 d,年平均气温为11.4℃,属典型的温带大陆性干旱气候。试验地前茬为棉花,土壤类型为潮土,0~20 cm土层土壤pH值为8.27,耕层盐分含量为1.46 g/kg,有机质含量为10.98 g/kg,全氮含量为0.64 g/kg,速效磷含量为12.58 mg/kg,速效钾含量为282 mg/kg。

1.2 试验设计

施肥水平为N 240 kg/hm²,P₂O₅ 138 kg/hm²,K₂O 42 kg/hm²,试验设置4个处理:单施化肥(CF)、有机肥替代20%氮肥(NMF1)、有机肥替代40%氮肥(NMF2)、有机替代60%氮肥(NMF3)。每个处理重复3次,随机排列,小区面积为12 m×10 m=120 m²。氮肥为尿素,磷肥为重过磷酸钙,钾肥为硫酸钾,有机肥为商品有机肥(N、P₂O₅、K₂O比例为8:1:1,有机质含量≥45%,由新疆慧尔农业集团股份有限公司生产)。20%的氮肥、全部的磷肥和钾肥作基肥施用(有机肥替代处理中全部的有机肥基施,基肥中磷肥和钾肥用量需扣除有机肥中P₂O₅、K₂O等养分),剩余的氮肥作追肥随水滴施,

其中返青期、拔节期、孕穗期、扬花期和灌浆期的施氮比例分别为20%、25%、15%、15%、5%。

供试冬小麦品种为当地主栽品种新冬20号,播种量为375 kg/hm²,于2020年10月29日播种,于2021年6月19日收获。全生育期总灌溉量为4 050 m³/hm²,其中出苗水450 m³/hm²,冬灌900 m³/hm²,返青期、拔节期、孕穗期、扬花期、灌浆期和乳熟期各滴水1次,每次450 m³/hm²,滴灌带布置为1管4行(4行小麦1条滴灌带,行距为15 cm)。其他管理与大田生产相同,无明显病虫害。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植株测产取样与测试分析 在小麦成熟期各试验小区取具有代表性2 m²(1 m×2 m)样方测产,调查割方产量、地上部生物量、总茎数、有效穗数、千粒质量、容重,最终产量按照籽粒标准含水量12.5%折算;同时取10株小麦植株样品,按茎、叶、籽粒、颖壳分装,带回实验室放入烘箱中105℃杀青30 min,75℃烘24 h至恒质量,测试分析全氮、全磷和全钾含量。

植株全氮、全磷、全钾含量分别采用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度计法测定。

1.3.2 土壤取样与测试分析 在小麦测产取样的同时,进行土壤取样。取样分3层:0~10、10~20、20~30 cm。剔除根系、残膜、石块等,实验室内自然风干后,研磨过筛,测试分析其有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾含量。

采用重铬酸钾外加热氧化法测定土壤有机质含量,采用凯氏蒸馏法测定全氮含量,采用碱解扩散法测定碱解氮含量,采用钼锑抗比色法测定速效磷含量,采用火焰光度法测定速效钾含量。

1.3.3 相关指标计算 地上部氮(磷)素积累量=茎干物质质量×茎含氮(磷)量+叶干物质质量×叶含氮(磷)量+颖壳干物质质量×颖壳含氮(磷)量+籽粒干物质质量×籽粒含氮(磷)量;

氮(磷)肥偏生产力(PFP_{NP})=试验小区产量/施氮(磷)肥量×100%。

1.3.4 数据分析 采用Microsoft Excel 2007和SPSS 20软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 有机替代对晚播冬小麦产量及产量构成的影响

由表1可知,有机肥替代部分化学氮肥促进了

晚播冬小麦穗数的增加,有机肥替代处理穗数均高于单施化肥处理,其中 NMF2 处理显著高于 CF、NMF1、NMF3 处理,CF、NMF1、NMF3 处理间穗数差异不显著,NMF1、NMF2、NMF3 处理分别较 CF 处理增加 2.90%、20.09%、6.98%;从穗粒数来看,随着有机替代比例的增加,穗粒数呈减少趋势,NMF1 处理穗粒数最大,显著高于 NMF3 处理,但与 CF、NMF2 处理差异不显著,NMF1 处理穗粒数较 CF 处

理提高了 4.87%;各处理间千粒质量差异不显著,NMF3 处理最大,NMF1 处理次之;从产量上看,随着有机替代比例的增加,产量呈减少趋势,NMF1 处理最大,显著高于其他处理,较 CF 处理增产 6.54%;生物量也随着有机替代比例的增加而降低,NMF1 处理最大,显著高于 NMF3 处理,与 CF、NMF2 处理差异不显著,较 CF 处理生物量提高了 7.21%。

表 1 不同比例有机替代处理下小麦产量及产量构成因素

处理	穗数 (万穗/hm ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒质量 (g)	产量 (t/hm ²)	生物量 (t/hm ²)
CF	457.89 ± 18.51b	49.30 ± 0.49ab	40.81 ± 0.49b	9.32 ± 0.01b	17.76 ± 0.39ab
NMF1	471.24 ± 29.48b	51.70 ± 0.53a	41.70 ± 0.53ab	9.93 ± 0.11a	19.04 ± 0.88a
NMF2	549.94 ± 23.56a	47.80 ± 0.17ab	41.21 ± 0.17ab	8.97 ± 0.08b	18.33 ± 0.43ab
NMF3	489.91 ± 11.94b	46.27 ± 0.22b	42.35 ± 0.22a	8.25 ± 0.32c	16.47 ± 0.31b

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 2 至表 4 同。

2.2 有机替代对晚播冬小麦氮磷养分吸收积累与分配的影响

由表 2 可知,有机肥替代部分化学氮肥有助于提高晚播冬小麦对氮素的吸收积累。从籽粒氮素积累量来看,有机替代处理高于单施化肥处理,NMF1 处理最大,显著高于 CF 处理,与 NMF2、NMF3 处理差异不显著,NMF1 处理籽粒氮素积累量较 CF 处理提高了 11.57%。各处理间茎和叶氮素积累量

差异不显著,均以 NMF1 处理最大,茎和叶氮素积累量分别较 CF 处理提高了 15.40%、12.14%。不同处理间超晚冬播小麦颖壳氮素积累量差异不显著,表现为 CF > NMF3 > NMF1 > NMF2 处理。从总氮素积累量来看,有机替代处理高于单施化肥处理,NMF1 处理最大,显著高于 CF 处理,CF 处理与 NMF2、NMF3 处理差异不显著,NMF1 处理总氮素积累量较 CF 处理提高了 9.88%。

表 2 不同比例有机替代处理下小麦成熟期各器官氮素吸收积累与分配

处理	氮素积累量(kg/hm ²)				
	籽粒	茎	叶	颖壳	总计
CF	200.14 ± 4.64b	14.29 ± 1.53a	21.25 ± 2.70a	13.74 ± 2.50a	249.42 ± 8.83b
NMF1	223.30 ± 9.28a	16.49 ± 4.16a	23.83 ± 7.03a	10.45 ± 0.87a	274.06 ± 4.54a
NMF2	217.45 ± 16.30ab	11.99 ± 2.55a	19.23 ± 1.61a	10.05 ± 3.39a	258.73 ± 10.34ab
NMF3	206.65 ± 3.95ab	12.73 ± 5.17a	18.13 ± 3.38a	12.89 ± 1.30a	250.40 ± 6.76b

由表 3 可知,有机肥替代部分化学氮肥有助于提高晚播冬小麦对磷素的吸收积累。从籽粒磷素积累量来看,NMF1 处理最大,NMF2 处理次之,均显著高于 CF 处理,但与 NMF3 处理差异不显著,NMF1、NMF2 处理籽粒磷素积累量分别较 CF 处理提高了 33.80%、25.41%。从茎磷素积累量来看,NMF1 处理最大,NMF2 处理次之,均显著高于 CF 处理,与 NMF3 处理差异不显著,NMF1、NMF2 处理茎磷素积累量分别较 CF 处理提高了 130.62%、76.08%。各处理间叶和颖壳磷素积累量差异不显著,NMF1 处理最大,叶和颖壳磷素积累量分别较

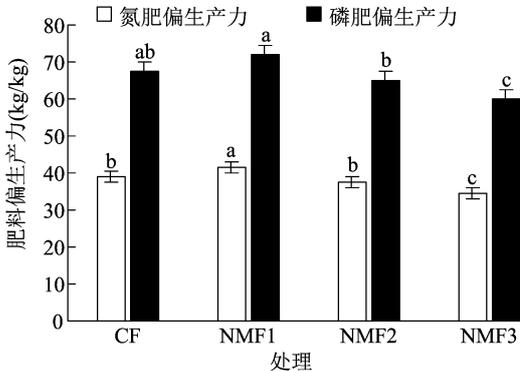
CF 处理提高了 40.60% 和 22.38%。从总磷素积累量来看,有机替代高于单施化肥处理,NMF1 处理最大,NMF2 处理次之,两者均显著高于 CF 处理,CF 与 NMF3 处理差异不显著,NMF1、NMF2 处理的总磷素积累量分别较 CF 提高了 37.91%、27.42%。

2.3 有机替代对晚播冬小麦氮磷利用效率的影响

由图 1 可知,有机肥替代 20% 化学氮肥有助于提高超晚播冬小麦的氮肥偏生产力(PFP_N)和磷肥偏生产力(PFP_P)。从氮肥偏生产力来看,NMF1 处理最大,显著高于其他处理,CF 与 NMF2 处理差异不显著,但显著高于 NMF3 处理,NMF1 处理氮肥偏

表3 不同比例有机替代处理下小麦成熟期各器官磷素积累与分配

处理	磷素积累量 (kg/hm ²)				
	籽粒	茎	叶	颖壳	总计
CF	35.15 ± 4.53b	2.09 ± 0.70b	2.66 ± 0.26a	3.53 ± 0.37a	43.44 ± 4.83c
NMF1	47.03 ± 2.24a	4.82 ± 1.14a	3.74 ± 0.39a	4.32 ± 0.29a	59.91 ± 2.90a
NMF2	44.08 ± 0.90a	3.68 ± 0.80ab	3.65 ± 0.47a	3.95 ± 0.17a	55.35 ± 0.66ab
NMF3	41.28 ± 0.62ab	3.50 ± 0.35ab	3.01 ± 0.35a	3.85 ± 0.14a	51.63 ± 1.13bc



柱上不同小写字母表示同一指标处理间在 0.05 水平上差异显著
图1 不同比例有机肥氮替代化肥氮处理的小麦氮磷利用效率

生产力较 CF 处理提高了 6.54%。从磷肥偏生产力来看, NMF1 处理最大, 显著高于 NMF2、NMF3 处理, 与 CF 处理差异不显著, NMF1 处理磷肥偏生产力较 CF 处理提高了 6.54%。

2.4 有机替代对土壤肥力因素的影响

土壤肥力是影响作物产量的重要因素, 衡量土壤肥力高低的指标主要有土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷和速效钾含量^[12]。由表 4 可知, 在 0~10 cm 土层中, NMF3 处理土壤有机质含量最高, NMF1 处理次之, NMF3 处理显著高于 CF 处理, 与 NMF1、NMF2 处理差异不显著, NMF1、NMF2、NMF3 处理分别较 CF 处理提高了 9.23%、8.55%、11.95%; 各处理间 0~10 cm 土壤全氮、碱解氮和速效磷含量差异不显著, 均表现为 NMF1 处理最高, NMF2 处理次之, CF 处理最小, NMF1、NMF2、NMF3 处理 0~10 cm 土壤全氮含量分别较 CF 处理提高了 15.15%、12.12%、9.09%, 碱解氮含量分别较 CF 提高了 21.69%、8.03%、1.94%, 速效磷含量分别较 CF 提高了 28.16%、16.69%、15.43%; 各处理间 0~10 cm 土壤速效钾含量差异不显著, CF 处理最高, NMF1 处理次之, NMF3 处理最小, NMF1 与 CF 处理土壤速效钾含量相当。

在 10~20 cm 土层, 土壤有机质含量以 NMF3 处理最高, NMF1 处理次之, NMF3 处理显著高于 CF

处理, 与 NMF1、NMF2 处理差异不显著, NMF1、NMF2 和 NMF3 处理分别较 CF 处理提高 15.99%、12.90%、29.00%。各处理间 10~20 cm 土壤全氮含量差异不显著, CF 处理最高, NMF1 处理次之, NMF2 和 NMF3 处理最小。土壤碱解氮含量表现为 CF > NMF1 > NMF2 > NMF3 处理, CF 处理显著高于 NMF3 处理, 但与 NMF1、NMF2 处理差异不显著。各处理间 10~20 cm 土壤速效磷含量差异不显著, NMF1 处理最高, CF 处理次之, NMF3 处理最小, NMF1 处理土壤速效磷处理较 CF 处理提高了 6.11%。各处理间 10~20 cm 土壤速效钾含量差异不显著, 表现为 CF > NMF2 > NMF1 > NMF3 处理。

在 20~30 cm 土层, 土壤有机质含量在各处理间差异不显著, 表现为 NMF1 > NMF3 > CF > NMF2 处理, NMF1、NMF3 处理分别较 CF 处理提高 7.24% 和 3.85%。各处理间 20~30 cm 土壤全氮含量差异不显著, 表现为 CF > NMF1 > NMF2 > NMF3 处理。各处理间 20~30 cm 土壤碱解氮含量表现为 CF > NMF1 > NMF3 > NMF2 处理, 有机替代处理间差异不显著, CF 处理显著高于 NMF2、NMF3 处理。各处理间 20~30 cm 土壤速效磷含量表现为 NMF1 > CF > NMF2 > NMF3, CF 与 NMF1 处理间差异不显著, 均显著高于 NMF2 和 NMF3 处理。各处理间 20~30 cm 土壤速效钾含量表现为 CF > NMF1 > NMF2 = NMF3, CF 处理显著高于有机替代处理, 有机替代处理间差异不显著。

3 讨论与结论

有机肥与化肥配合施用可以改善土壤微生物的活性, 改善土壤供应, 提高养分的释放能力, 为小麦等作物生长提供良好的养分环境, 可延缓叶片衰老, 提高养分吸收利用, 实现增产增效^[13]。试验结果表明, 有机肥替代 20% 化肥氮肥时, 较单施化肥, 穗数增加了 2.90%, 穗粒数增加了 4.87%, 产量提高了 6.54%, 同时生物量提高了 7.21%, 随着替代

表 4 不同处理超晚冬播小麦麦田土壤养分含量

土层深度 (cm)	处理	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
0~10	CF	10.29 ± 0.15b	0.66 ± 0.085a	61.86 ± 11.22ab	58.55 ± 6.35a	266.67 ± 38.14a
	NMF1	11.24 ± 0.29ab	0.76 ± 0.028a	75.28 ± 10.38a	75.04 ± 10.36a	265.67 ± 37.74a
	NMF2	11.17 ± 0.47ab	0.74 ± 0.026a	66.83 ± 4.89ab	68.32 ± 5.47a	246.67 ± 10.02a
	NMF3	11.52 ± 0.49a	0.72 ± 0.040a	63.06 ± 2.12ab	67.58 ± 3.27a	241.33 ± 8.74a
10~20	CF	9.07 ± 1.51b	0.74 ± 0.068a	72.71 ± 9.79a	51.39 ± 4.60a	203.67 ± 22.03a
	NMF1	10.52 ± 0.80ab	0.73 ± 0.027a	62.69 ± 3.45ab	54.53 ± 4.79a	194.00 ± 10.44a
	NMF2	10.24 ± 0.10ab	0.68 ± 0.013a	62.10 ± 3.83ab	49.38 ± 3.26a	200.00 ± 16.70a
	NMF3	11.70 ± 0.43a	0.68 ± 0.119a	56.40 ± 5.29b	47.22 ± 7.84a	190.67 ± 32.47a
20~30	CF	9.11 ± 1.90a	0.71 ± 0.046a	79.24 ± 8.15a	36.49 ± 3.91a	202.33 ± 14.50a
	NMF1	9.77 ± 0.71a	0.67 ± 0.014a	61.06 ± 7.70ab	37.35 ± 2.97a	156.00 ± 13.23b
	NMF2	9.10 ± 0.50a	0.59 ± 0.117a	46.61 ± 4.27b	26.90 ± 3.71b	152.67 ± 14.84b
	NMF3	9.46 ± 2.31a	0.53 ± 0.085a	47.43 ± 5.60b	25.98 ± 2.78b	152.67 ± 17.21b

比例的增加,穗粒数、产量和生物量呈现减小趋势,这与以往的研究结果基本一致,李永华等的研究表明,有机肥施入可延缓叶片衰老,延长灌浆持续期,促进小麦养分吸收利用,提高产量,当有机替代比例为 15% 和 30% 时,小麦分别增产 8% 和 5%^[14]。

申长卫等的研究表明,适宜的有机肥替代化学氮肥比例,对提高小麦生育期的吸氮强度和籽粒中的氮素分配率,促进对养分吸收利用具有积极作用,替代比例为 20% 较适宜^[11]。本研究发现,与单施化肥相比,有机替代比例为 20% 时,超晚播冬小麦籽粒、茎、叶和地上部的氮磷积累量均高于单施化肥处理,这与前人的研究结果一致。籽粒、茎、叶、和地上部吸氮量分别较单施化肥提高 11.57%、15.40%、12.14% 和 9.88%,籽粒、茎、叶、和地上部吸磷量分别较单施化肥提高 33.80%、130.62%、40.60% 和 37.91%。

有机肥替代部分化学氮肥可以优化改善化肥管理,是提高肥料利用率的有效措施^[15]。孟琳等的研究表明,与单施化肥相比,有机替代显著提高了水稻对氮素的利用率和农学效率^[16]。魏文良等通过长期定位试验和文献计量研究了有机肥替代部分化肥对我国小麦、玉米、水稻产量、氮肥利用效率的影响,结果表明,有机替代相比单施化肥产量平均提高了 18.2%,氮肥偏生产力提高了 32.5%^[17]。鲁伟丹等的研究表明,与单施化肥相比,有机肥替代 18%~24% 化学氮肥提高了小麦氮磷肥料偏生产力^[18]。本研究结果表明,有机替代比例为 20% 时,氮肥偏生产力和磷肥偏生产力分别较单施化肥

提高了 6.54% 和 7.21%,这与前人的研究结果基本一致。有机替代降低了土壤 pH 值,改善了土壤团粒结构,活化了土壤养分,促进了作物对养分的吸收利用^[15,19],进而提高了肥料的利用效率。

有机肥施用对提高土壤肥力具有积极作用^[20-24]。Yang 等的长期定位试验结果表明,与单施化肥相比,有机肥施用后,土壤全氮含量提高 46%~55%,且随有机替代比例增加而增加^[25]。季佳鹏等的研究表明,与单施化肥相比,有机肥替代 20% 化肥,0~20 cm 土层土壤有机碳、碱解氮、速效磷、速效钾含量分别提高了 13.00%~15.20%、12.20%~18.50%、16.70%~34.20%、7.75%~18.50%^[26]。本试验结果表明,与单施化肥相比,有机肥替代部分化学氮肥 0~10 cm 土层土壤中有机质、全氮、碱解氮和速效磷含量都有不同程度的提高,有机质含量提高了 8.55%~11.95%,全氮含量提高了 9.09%~15.15%,碱解氮含量提高了 1.94%~21.69%,速效磷含量提高了 15.43%~28.16%,这与季佳鹏等的结论基本一致。本试验中各处理间土壤速效钾含量差异不显著,这可能与研究区土壤速效钾含量高及灌溉水为微咸水有关。

在本试验条件下,南疆超晚冬小麦有机肥替代部分化学氮肥适宜比例应为 20%,此条件下小麦产量提高了 6.54%,生物量提高了 7.21%,氮、磷吸收积累量分别提高 9.88%、37.91%,氮、磷偏生产力均提高 6.54%,同时 0~10 cm 土层土壤中有机质、全氮、碱解氮和速效磷含量分别提高了 9.23%、15.15%、21.69% 和 28.16%。

参考文献:

- [1] 李国, 易强, 许世武, 等. 微生物菌剂对新疆棉花连作障碍的消减研究[J]. 中国土壤与肥料, 2020(1): 202-207.
- [2] 王彬, 张俊丽, 徐学欣, 等. 不同冬小麦品种超晚播节水栽培的物质积累和水分利用特征[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(2): 1-11.
- [3] 韩金玲, 杨晴, 王文颇, 等. 播期对冬小麦茎蘖幼穗分化及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(2): 303-307.
- [4] Manna M C, Swarup A, Wanjari R H, et al. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 94(2): 397-409.
- [5] Uzoma K C, Inoue M, Andry H, et al. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition[J]. Soil Use and Management, 2011, 27(2): 205-212.
- [6] Liang Q, Chen H Q, Gong Y S, et al. Effects of 15 years of manure and mineral fertilizers on enzyme activities in particle-size fractions in a North China Plain soil[J]. European Journal of Soil Biology, 2014, 60: 112-119.
- [7] 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.
- [8] 祝英, 王治业, 彭轶楠, 等. 有机肥替代部分化肥对土壤肥力和微生物特征的影响[J]. 土壤通报, 2015, 46(5): 1161-1167.
- [9] 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.
- [10] 侯红乾, 冀建华, 刘秀梅, 等. 不同比例有机肥替代化肥对水稻产量和氮素利用率的影响[J]. 土壤, 2020, 52(4): 758-765.
- [11] 申长卫, 袁敬平, 李新华, 等. 有机肥氮替代20%化肥氮提高豫北冬小麦氮肥利用率和土壤肥力[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(8): 1395-1406.
- [12] 陈琪, 刘之广, 张民, 等. 包膜磷酸二铵配施黄腐酸提高小麦产量及土壤养分供应强度[J]. 土壤学报, 2018, 55(6): 1472-1484.
- [13] 桑文, 赵亚光, 张霁峰, 等. 化肥减量配施有机液体肥对加工番茄生长及土壤酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(2): 53-60.
- [14] 李永华, 武雪萍, 何刚, 等. 我国麦田有机肥替代化学氮肥的产量及经济环境效应[J]. 中国农业科学, 2020, 53(23): 4879-4890.
- [15] 杨忠赞, 迟凤琴, 匡恩俊, 等. 有机肥替代对土壤理化性状及产量的综合评价[J]. 华北农学报, 2019, 34(增刊1): 153-160.
- [16] 孟琳, 张小莉, 蒋小芳, 等. 有机肥料氮替代部分无机氮对水稻产量的影响及替代率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 290-296.
- [17] 魏文良, 刘路, 仇恒浩. 有机无机肥配施对我国主要粮食作物产量和氮肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(8): 1384-1394.
- [18] 鲁伟丹, 李俊华, 罗彤, 等. 连续三年不同有机肥替代率对小麦产量及土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(8): 1330-1338.
- [19] 张丽丽, 史庆华, 巩彪. 中、碱性土壤条件下黄腐酸与磷肥配施对番茄生育和磷素利用率的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53(17): 3567-3575.
- [20] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181.
- [21] 王源, 朱毓蓉, 欧阳铨人, 等. 有机肥施用对植烟农田土壤肥力及烟叶质量的影响研究进展[J]. 土壤通报, 2020, 51(4): 1003-1009.
- [22] 龚雪蛟, 秦琳, 刘飞, 等. 有机类肥料对土壤养分含量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(4): 1403-1416.
- [23] 李圆宾, 李鹏, 王舒华, 等. 稻麦轮作体系下有机肥施用对作物产量和土壤性质影响的整合分析[J]. 应用生态学报, 2021, 32(9): 3231-3239.
- [24] 高飞, 汪志鹏, 赵贺, 等. 低地力条件下有机肥部分替代化肥对作物产量和土壤性状的影响[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(1): 83-91.
- [25] Yang X Y, Ren W D, Sun B H, et al. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China[J]. Geoderma, 2012, 177/178: 49-56.
- [26] 季佳鹏, 赵欣宇, 吴景贵, 等. 有机肥替代20%化肥提高黑钙土养分有效性及玉米产量[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(3): 491-499.