

秸秆配施氮磷钾肥对麦玉复种农田土壤养分的影响

杨大洋

(西藏自治区林芝市农牧技术推广中心, 西藏 林芝 860000)

摘要:为探究秸秆还田与氮磷钾肥配施对土壤速效养分和土壤有机碳的影响,以关中地区麦玉复种旱作农田为研究对象,于2020至2021年2个连续生长季,在小麦季共设计5个处理:单施秸秆、秸秆配施氮肥、秸秆配施氮磷肥、秸秆配施氮磷钾肥、以不施秸秆和化肥为对照进行试验。结果表明:与对照相比,秸秆还田显著增加了小麦和玉米成熟期土壤速效磷含量82.1%和27.8%,同时也显著提高了小麦成熟期土壤有机碳含量。与单施秸秆相比,秸秆配施氮磷肥在小麦和玉米成熟期速效磷含量分别增加了53.4%和38.4%,但土壤有机碳含量有降低趋势。因此,在麦玉复种期,秸秆还田与磷肥配施有助于速效磷在土壤中固持,在玉米季可适当少施,但氮、钾肥要适当补充。同时,秸秆还田有助于当季土壤有机碳提高,但对下一季土壤有机碳没有明显影响,秸秆与氮、氮磷、氮磷钾肥配施三者间土壤有机碳含量无显著差异。

关键词:秸秆还田;氮磷钾肥;土壤养分

中图分类号:S158.3

文献标志码:A

Effects of Straw Combined with Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer on Soil Nutrients in Wheat-maize Multiple Cropping Farmland

YANG Dayang

(Linzhi Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension Center, Tibet Linzhi 860000, China)

Abstract: In order to explore the effects of straw returning and combined application of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on soil available nutrients and soil organic carbon, the wheat-maize multiple cropping dry farmland in Guanzhong area was taken as the research object in two consecutive growing seasons from 2020 to 2021, and five treatments were designed in the wheat season, including single application of straw, straw combined with nitrogen fertilizer, straw combined with nitrogen and phosphorus fertilizer, straw combined with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer, no straw and chemical fertilizer as the control. The results showed that compared with the control, straw returning significantly increased soil available phosphorus content by 82.1 % and 27.8 % at wheat and maize maturity stages, and also significantly increased soil organic carbon content at wheat maturity stage. Compared with the single application of straw, the content of available phosphorus in wheat and maize increased by 53.4 % and 38.4 %, respectively, but the soil organic carbon decreased. During the wheat-maize multiple cropping period, straw returning combined with phosphate fertilizer could help the fixation of available phosphorus in the soil and it could be appropriately reduced in the maize season but nitrogen and potassium fertilizers should be properly supplemented. At the same time, straw returning helped to increase soil organic carbon in the current season, but had no significant effect on soil organic carbon in the next season. There was no significant difference in soil organic carbon between straw and nitrogen, nitrogen and phosphorus, and nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers.

Key Words: straw returning; nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer; soil nutrients

中国是世界上传统农业大国,各种农作物秸秆产量巨大,2017年秸秆产量达8.65亿t,其中小麦、玉米、水稻秸秆占比超过83%^[1]。在中国农村地区,农作物秸秆作为家庭取暖、烹饪、牲畜喂养、建筑和工业原料使用已有很长的历史^[2]。随着农作

物产量的持续提高及农村经济和社会的改善,化石燃料取代了秸秆的部分用途^[3],作物秸秆被丢弃或焚烧造成了环境污染^[4],同时也造成了土壤营养物质的流失^[5-6],这不利于我国农业高效绿色的可持续发展。因此,作物秸秆的妥善处理,对秸秆资源的合理利用至关重要。研究表明,秸秆还田能增加农田土壤10%~12%的SOC含量^[2],SOC含量变化受施肥、耕作措施、气候等多种因素的影响^[7],目前

收稿日期:2024-05-11

作者简介:杨大洋(1985-),男,农艺师,主要从事农田保护性耕作及农业技术推广,E-mail:18245638@qq.com。

秸秆还田是一种有效利用秸秆的方法,通过近年来大力推广,2017年我国秸秆还田规模已接近秸秆总产量的1/2^[1],规模庞大。

矿质肥料作为一种速效养分能快速提升土壤肥力,及时补充作物对养分需要,在人口不断增长的背景下,大量施用化肥和集约化耕作显著提高了作物产量^[8],为保障我国粮食安全发挥了举足轻重的作用,但对土壤质量产生了负面影响^[9],如土壤酸化^[10],过低或过高施肥、不合理的连续栽培通过改变土壤化学和物理特性影响了土壤质量^[11]。长期单施氮、磷或钾肥使作物增产受限,同时可能会降低肥料利用效率^[12-13]。在农业生态系统中,氮对土壤碳固存至关重要^[14],大多数秸秆分解对土壤有机碳变化研究是以氮的有效性为前提的^[15-16],然而,肥料管理是以氮磷钾为中心的,很少考虑后两种养分对秸秆的分解变化。因此,了解在秸秆还田下不同的施肥措施对土壤养分、有机碳的贡献对秸秆和肥料管理具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于陕西省咸阳市杨陵区揉谷镇石家

村(34°24'N,108°02'E),海拔413 m,属半湿润暖温带季风气候区,四季分明,年平均气温12.9℃,年平均降雨量835 mm,蒸发量993 mm,无霜期211 d,年均日照时数2 163 h。试验地供试土壤为壤土,试验前土壤容重1.65 g/cm³,pH 7.82,有机碳12.83 g/kg,全氮1.12 g/kg,硝态氮36.01 mg/kg,铵态氮6.11 mg/kg,速效磷15.69 mg/kg,速效钾238 mg/kg。还田玉米秸秆氮含量9.71 g/kg,磷含量0.81 g/kg,钾含量12.53 g/kg。

1.2 气候条件

麦玉复种期间气温与降雨分布如图1所示。2020年10月30日至2021年6月12日冬小麦生育期日照总时数为1 268.9 h,日均气温9.4℃,最高气温36.1℃,最低气温零下12.2℃,日均相对湿度65.5%,降雨量167.7 mm。

2021年6月13日至9月29日夏玉米生育期日照总时数为526 h,日均气温24.2℃,最高气温39.9℃,最低气温12.9℃,日均相对湿度78.7%,降雨量524.7 mm。7月夏玉米处于拔节期至喇叭口期降雨量只有50 mm,此时作物相对缺水。

1.3 试验材料

供试冬小麦品种为小堰22,夏玉米品种为华农887。

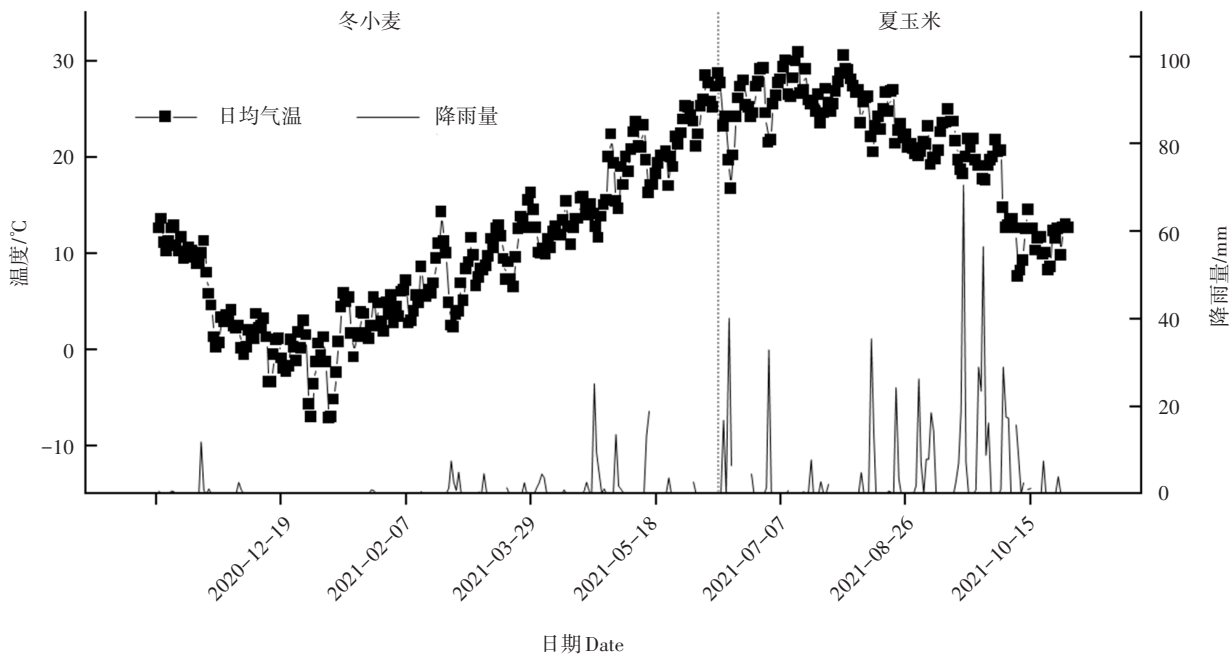


图1 2020年10月30日至2021年10月30日日均气温与降雨量

1.4 试验设计

本试验采用随机区组设计,作物种植方式为冬小麦-夏玉米复种,秸秆还田下设置4个施肥处理,即不施肥(S)、氮肥(SN)、氮磷肥(SNP)、氮磷钾肥(SNPK),以秸秆不还田不施肥(CK)为对照,共5个处理,各处理3个重复,共计15个小区,小区面积 20 m^2 ($4\text{ m}\times 5\text{ m}$),各小区间用1m过道隔开。根据当地群众常规施肥量,冬小麦季氮磷钾用量分别为:氮 220 kg/hm^2 、磷 120 kg/hm^2 、钾 50 kg/hm^2 ,夏玉米季上茬小麦秸秆全部移除,各处理只施氮 100 kg/hm^2 。秸秆还田指在冬小麦播种期上茬玉米收获后,秸秆全量粉碎翻耕还田,秸秆粉碎长度约 $5\sim 10\text{ cm}$,还田深度 $0\sim 40\text{ cm}$,秸秆含水量5%,秸秆还田量约 8 t/hm^2 。

2020年10月30日整地深翻后播种冬小麦,播种量 195 kg/hm^2 ,行距 20 cm ,2021年6月12日小麦收获;同年6月13日旋耕整地后播种夏玉米,播种密度为 $57\ 000\text{ 株/hm}$,行距 70 cm ,株距 25 cm ,机械播种,2021年10月14日玉米收获。肥料全部在播种前一次性施入,在小麦、玉米生长初期化学除草一次,小麦整个生育期无灌溉,玉米整个生育期灌溉1次。

1.5 土壤养分测定及方法

土壤铵态氮、硝态氮测定:在小麦苗期、孕穗期、灌浆期、成熟期及玉米成熟期5个时期采集各小区 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样,新鲜土样通过 2 mm 网筛,称取 5 g 加入 50 mL 的 1 mol/L KCl溶液后,放入摇床振荡 30 min ,设定摇床每分钟振荡180次,随后取出样品用滤纸过滤,通过滤纸的液体使用AA3流动分析仪测定。

土壤有效磷测定:在小麦、玉米成熟期采集 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样,通过 1 mm 网筛后风干,称取 2.5 g 加入 50 mL 0.5 mol/L NaHCO_3 溶液,并加入一勺无磷活性炭,放入摇床振荡 30 min ,设定摇床每分钟振荡180次,随后取出样品用滤纸过滤,通过滤纸的液体使用AA3流动分析仪测定。

土壤速效钾测定:在小麦、玉米成熟期采集 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样,通过 1 mm 网筛后风干,称取 5 g 加入 50 mL 1 mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液($\text{pH}=7$),放入摇床振荡 30 min ,设定摇床每分钟振荡180次,随后

取出样品用滤纸过滤,通过滤纸的液体使用火焰光度计测定。

土壤有机碳测定:在小麦苗期、孕穗期、灌浆期、成熟期及玉米成熟期5个时期采集各小区 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样后风干,首先将风干土通过 2 mm 网筛,去除砾石和根系残留,统一研磨过 0.149 mm 网筛,采用重铬酸钾高温氧化法测定SOC含量。

土壤全氮测定:在小麦、玉米成熟期各小区取 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤样品,过 0.25 mm 网筛后风干,称取 0.5 g 风干土,硫酸钾:五水硫酸铜=10:1混合催化剂 1.85 g ,浓硫酸 5 mL ,加入消煮管,在 $375\text{ }^\circ\text{C}$ 高温消煮 2 h ,冷却 10 min ,定容至 100 mL ,过滤,滤液用AA3流动分析仪测定。

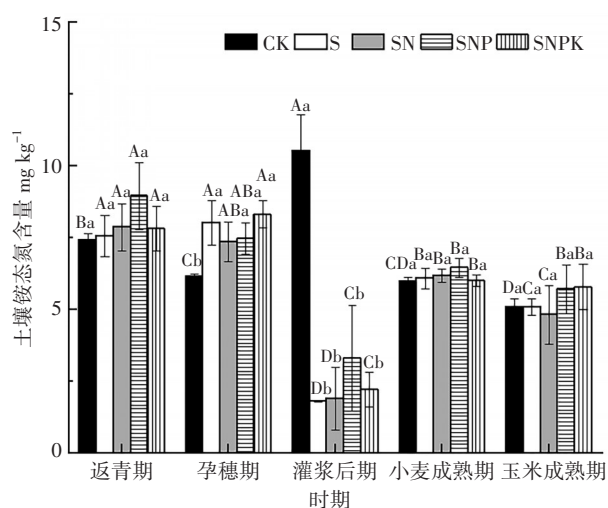
1.6 数据处理

试验数据收集完成后,用Microsoft Office Excel 2010软件进行数据分类、预处理及三线表的制作,IBM SPSS Statistics 21软件进行数据分析。本试验各处理均值在 $p<0.05$ 水平下比较显著性差异,Origin 2021软件进行柱状图、折线图等图形绘制。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田与氮磷钾配施对作物不同生育时期土壤硝铵态氮含量的影响

不同处理在小麦、玉米各时期土壤铵态氮含量如图2所示。总的来看,随生育期推进,土壤铵态氮含量呈现降低—升高—降低的变化趋势,各处理铵态氮平均含量在小麦返青期和孕穗期相对较高,分别为 7.92 mg/kg 、 7.47 mg/kg ,在灌浆期迅速下降为 3.95 mg/kg ,并显著低于其它生育时期。随着生育期推进,在小麦成熟期铵态氮平均含量逐渐上升,到玉米成熟期各处理铵态氮含量再次呈下降趋势。不同生育时期同处理相比,CK处理在灌浆后期显著高于其他生育时期,S和SNPK处理土壤铵态氮含量在孕穗期最高,且显著高于灌浆后期、小麦成熟期、玉米成熟期,同比分别增加了 343.1% 、 31.9% 、 57.6% 和 287.2% 、 38.4% 、 43.7% 。SN、SNP处理土壤铵态氮含量在返青期最高,且显著高于灌浆后期、小麦成熟期、玉米成熟期,同比分别增加了 315.9% 、 27.2% 、 33.5% 和 171.5% 、 38.7% 、 56.9% 。



注:不同大写字母表示同处理在不同时期差异显著,不同小写字母表示同时期不同处理间差异显著(下同)

图2 作物生育时期0~20 cm土壤氨态氮含量

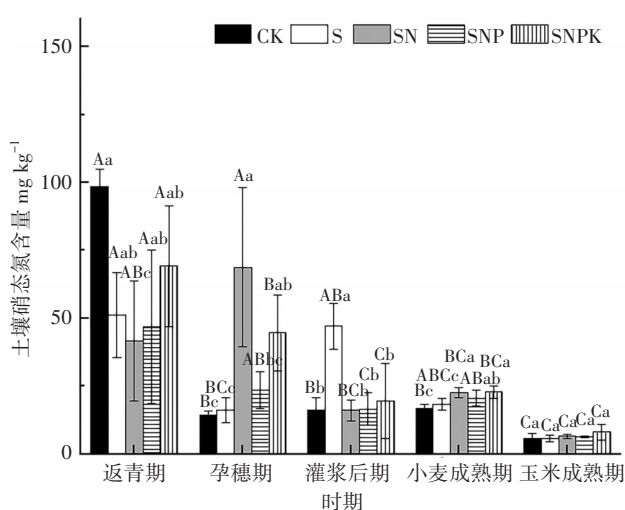


图3 作物生育时期0~20 cm土壤硝态氮含量

在各生育时期中,不同处理铵态氮呈不同变化趋势,在小麦灌浆后期以前,秸秆还田及施肥对土壤铵态氮影响较大,在孕穗期,与S、SN、SNP、SNPK处理相比,CK处理显著降低了23.3%、16.4%、17.8%、22.8%,到小麦成熟期各处理变化较小。到玉米成熟期,与SNPK处理相比,CK、S、SN处理土壤铵态氮含量降低了12.4%、12.1%、16.8%,但未达到显著性差异。

不同处理对小麦、玉米各时期土壤硝态氮的影响如图3所示。总的来看,土壤硝态氮含量随生育时期推进呈逐渐降低的趋势,且返青期平均含量61.38 mg/kg显著高于玉米成熟期的6.47 mg/kg。不同生育时期不同处理相比,CK处理土壤硝态氮含量在返青期显著高于其他生育时期。S处理土壤硝态氮含量显著高于小麦孕穗期和玉米成熟期,同比增加了218.1%、805.9%;SN处理在小麦孕穗期显著高于灌浆期、小麦成熟期、玉米成熟期,同比增加了81.9%、30.0%、347.7%;SNP处理在小麦返青期显著高于灌浆期和玉米成熟期,同比增加了182.6%、636.5%;SNPK处理硝态氮含量在返青期显著高于孕穗期、灌浆期、小麦成熟期、玉米成熟期,同比增加了55.1%、252.8%、203.7%、762.2%。

在各生育时期中,不同处理硝态氮呈不同变化趋势,在返青期,CK处理显著高于SN处理136.1%,但在孕穗期SN处理硝态氮含量显著高于CK、S、SNP处理383.3%、327.6%、192.0%,在灌浆后期S处

理硝态氮含量显著高于CK、SN、SNP、SNPK处理189.6%、191.9%、184.0%、139.8%。

2.2 秸秆还田与氮磷钾配施对作物不同土层土壤硝态氮的影响

不同处理下小麦、玉米成熟期铵态氮含量在0~100 cm土层垂直分布如图4所示。在小麦成熟期(图4a),各处理铵态氮含量随土层深度的增加而降低,铵态氮主要分布在0~40 cm土层,40~100 cm土层铵态氮含量逐渐减小,各处理在土层中未出现明显波峰,说明铵态氮在小麦季淋溶较少。各处理在0~100 cm土壤铵态氮平均含量大小依次为SNPK>CK>SNP>SN>S,与CK相比,S处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量降低了11.0%,与S处理相比,SNPK、SNP、SN处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量同比增加了16.1%、8.2%、4.3%,表明秸秆配施N肥或NP肥相比,秸秆配施NPK肥更有助于提高0~100 cm土壤铵态氮平均含量。

在玉米成熟期(图4b),铵态氮在0~40 cm土层没有明显波动,但在40~60 cm土层中,SN、SNP处理铵态氮含量波动较大,最大峰值分别为19.22 mg/kg、22.66 mg/kg。玉米成熟期各处理0~100 cm铵态氮含量大小依次为SNP>SN>S>SNPK>CK。与CK相比,S处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量增加了54.3%,与S处理相比,SNP、SN处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量增加了55.3%、53.2%,但SNPK处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量降低

了28.5%。与小麦成熟期相比,玉米成熟期CK、SNPK处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量降低了23.3%、18.0%,SN、SNP、S处理0~100 cm土壤铵态氮平均含量增加了95.6%、91.2%、33.1%。

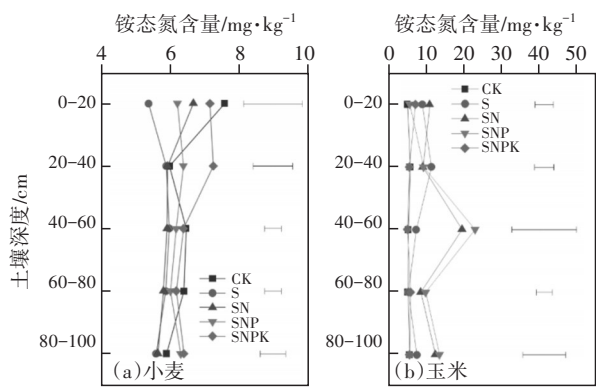


图4 小麦、玉米成熟期铵态氮在0~100 cm土层的分布

不同处理下小麦、玉米成熟期硝态氮含量在0~100 cm土层垂直分布如图5所示。在小麦成熟期(图5a),不同处理在0~100 cm土层硝态氮平均含量由上到下逐渐递减,由0~20 cm土层硝态氮平均含量36.1 mg/kg,逐渐降低到80~800 cm土层硝态氮平均含量13.7 mg/kg。小麦成熟期不同处理在0~100 cm土层硝态氮平均含量大小依次为SNPK>SN>SNP>S>CK,与CK相比,S处理在0~100 cm土层硝态氮平均含量增加了5.2%,与S处理相比,SNPK、SN、SNP处理在0~100 cm土层硝态氮平均含量增加了120.3%、91.1%、63.7%,表明秸秆还田或秸秆配施化肥均能明显提高0~100 cm土层硝态氮含量。

在玉米成熟期(图5b),0~20 cm各处理土壤硝态氮平均含量10.45 mg/kg为0~100 cm土层最高,在40~60 cm处土壤硝态氮平均含量2.96 mg/kg为0~100 cm土层最低,在60~100 cm内,硝态氮含量有所升高,维持在3.5 mg/kg左右。各处理在0~100 cm土壤硝态氮平均含量变化大小依次为

SNPK>SNP>S>SN≈CK,与CK相比,S处理在0~100 cm土层硝态氮平均含量增加了6.1%,与S处理相比,SNPK、SNP处理在0~100cm土层硝态氮平均含量分别增加了9.0%、5.6%。

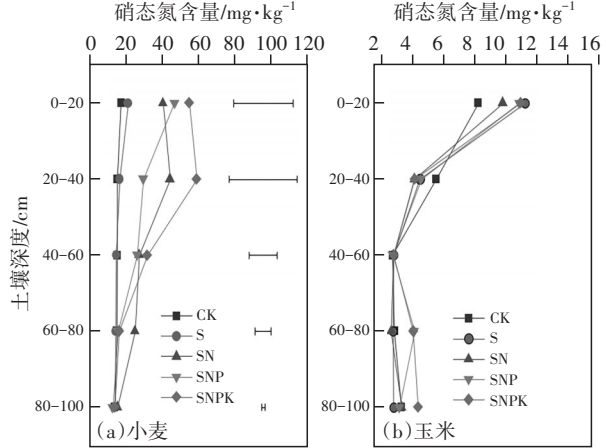


图5 小麦、玉米成熟期硝态氮在0~100 cm土层的分布

不同处理下土壤全氮、速效磷、速效钾含量如表1所示。秸秆还田和施肥对土壤速效磷影响显著,小麦成熟期,SNP处理土壤速效磷含量显著高于CK、S、SN处理,同比增加了179.9%、53.5%、34.9%,S处理土壤速效磷含量显著高于CK,同比增加了82.1%;在玉米成熟期,SNP处理显著高于不施肥处理S、CK,同比增加了77.0%、38.5%。但在麦一玉两季成熟期各处理间土壤全氮、速效钾无明显变化。

2.4 秸秆还田与氮磷钾配施对不同生育时期土壤有机碳的影响

秸秆还田与氮磷钾配施小麦、玉米各时期土壤有机碳含量如图6所示。总体来看,与播前土相比,土壤有机碳含量随生育时期推进呈升高—降低—升高—降低的变化趋势,各生育时期相比,小麦成熟期土壤有机碳平均含量最高14.07 g/kg,小苗孕穗期含量最低10.88 g/kg,CK处理在孕穗期和

表1 不同处理土壤全氮、速效磷、速效钾含量

处理	小麦季			玉米季		
	全氮/g·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹	全氮/g·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹
CK	1.20±0.07a	7.28±1.32d	277.62±17.72a	1.03±0.12a	9.60±1.81c	223.89±22.37a
S	1.23±0.12a	13.26±2.00c	290.31±50.63a	1.16±0.09a	12.27±1.10bc	236.79±5.44a
SN	1.32±0.14a	15.00±0.81bc	309.79±87.62a	0.92±0.24a	16.09±0.16a	264.74±21.86a
SNP	1.19±0.14a	20.35±3.05a	307.57±5.05a	1.06±0.08a	16.99±1.12a	241.62±35.04a
SNPK	1.20±0.07a	17.74±2.36ab	270.96±58.64a	1.08±0.17a	14.74±3.34ab	249.63±44.60a

灌浆后期显著低于小麦返青期、成熟期、玉米成熟期, S处理土壤有机碳在小麦成熟期最高 14.81 g/kg, 与孕穗期、灌浆后期相比显著增加了 24.33%、45.01%, SN 处理土壤有机碳在小麦成熟期显著高于玉米成熟期, 同比增加了 26.92%, SNP 处理在孕穗期土壤有机碳显著低于其他生育时期, SNPK 处理在小麦成熟期土壤有机碳含量最高 13.60 g·kg⁻¹, 与返青期、孕穗期、灌浆后期相比显著增加了 16.8%、28.7%、26.2%。

同生育时期内, 各处理呈现不同变化趋势, 在返青期 SNP 处理土壤有机碳与 CK、S、SNPK 处理相比显著高于 21.9%、15.7%、24.9%, 在孕穗期, S、SN、SNP 处理土壤有机碳显著高于 CK, 到灌浆后期, SNPK 处理土壤有机碳显著低于其他处理, 到小麦、玉米成熟期各处理土壤有机碳含量无显著变化。

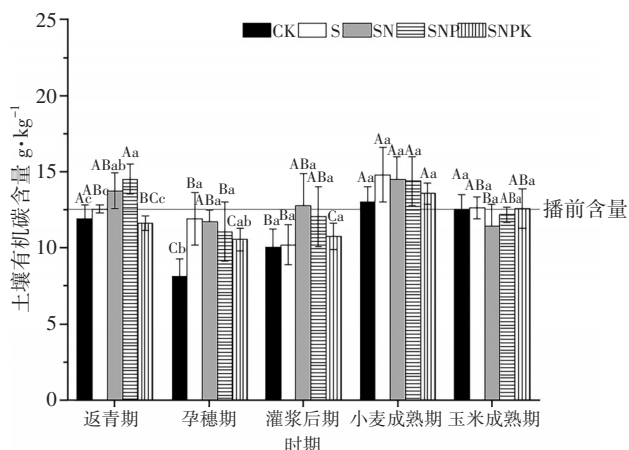


图6 作物生育时期 0-20 cm 土壤有机碳含量

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 秸秆及氮磷钾肥对土壤养分的影响

本研究结果显示, 土壤硝、铵态氮含量随秸秆还田和施肥时间的延长而逐步降低, 在灌浆期显著低于其它生育时期, 可能是因为灌浆期是小麦的需氮高峰^[17], 在麦玉复种期, 秸秆还田降低了土壤硝、铵态氮含量, 可能是因为秸秆还田提供了微生物生长所需的碳源^[18], 促进微生物生长, 增强了微生物活性及土壤氮固持能力, 导致土壤无机氮含量下降。

本研究表明, 相较于秸秆不还田, 秸秆还田提高了小麦和玉米成熟期土壤全氮和速效钾含量, 并显著提高了小麦成熟期土壤速效磷含量, 秸秆还田除了直接补充土壤磷、钾素外, 秸秆还田后其分解

产生的酸性物质对土壤中一部分固态磷化合物具有一定的溶解力, 同时削弱了矿物对钾的固定, 秸秆还田后秸秆中的氮、钾元素及时转移至土壤, 提高了土壤中固态磷和固态钾的有效性及全氮含量, 与单施秸秆相比, SNP 处理土壤速效磷含量显著高于 CK、S 和 SN 处理, 这与前人研究结果一致^[19-20], 土壤中磷主要来自于化学磷肥, 磷肥施入土壤后容易被还田秸秆、铁、钙等元素和微生物吸收固定在土壤中^[21], 长期使用磷肥能够减少土壤对磷的吸附, 提高了整体磷素水平, 所以在下茬玉米季中 SNP 处理的磷素含量也显著高于未施磷肥处理。玉米成熟期土壤全氮随化肥种类的增加而增加, 与 SN 相比, SNPK 土壤全氮含量增加了 17.4%。可能因为施入磷肥提高了土壤 pH^[22], 改善了土壤微生物生存环境, 增强了微生物活性, 加快了土壤氮转化过程, 促进氮素在土壤中留存。

3.1.2 秸秆及氮磷钾肥对土壤有机碳含量的影响

本研究发现, 在秸秆还田下, 小麦成熟期土壤有机碳含量随氮磷钾肥施入种类的增加而降低, 可能是因为玉米秸秆的投入导致土壤中碳与养分失衡, 微生物在分解秸秆后期出现了一种或多种养分限制^[23], 而微生物生长需要多元素计量平衡, 当缺少磷钾等养分时, 微生物会优先分解秸秆中的养分以维持微生物自身的生长, 秸秆的快速分解导致土壤有机碳含量增加, 当磷钾肥施入土壤后满足了微生物生长, 使微生物变得“懒惰”, 导致微生物分解秸秆能力速度减慢, 秸秆碳转移到土壤的碳变少; 到玉米成熟期土壤有机碳含量随氮磷钾施入种类的增加而增加, 可能是因为: 一方面平衡施肥会促进小麦和玉米的生长, 较大的小麦根系生物量残留在土壤中向其碳输入, 导致平衡施肥处理土壤有机碳含量高于其它处理, 另一方面在秸秆分解后期可能微生物“共同挖掘”占主导地位^[24], 当单施氮肥时, 由于缺少其他养分, 微生物对秸秆和本土有机碳共同矿化增强, 土壤中秸秆碳增加的同时, 本土有机碳含量也相应减少, 当平衡施肥后, 土壤中养分能满足微生物生长, 微生物减弱了对秸秆和本土有机碳矿化^[22], 虽然土壤中秸秆碳含量不高, 但本土有机碳也损失较少。此外, 氮磷钾肥降低了秸秆添加引起的激发效应强度, 增加了秸秆碳与有机碳的结合, 从而促进了碳在农田土壤中的封存^[25]。

3.2 结论

在麦玉复种期间, 秸秆还田及施肥措施均能提

高0~100 cm土壤硝、氨态氮含量,同时,秸秆还田能显著提高小麦季土壤速效磷含量,对玉米季也有显著的后效作用,与秸秆单一还田相比,秸秆还田配施NP或NPK肥能显著提高小麦季和玉米季土壤速效磷含量,与各生育时期相比,在成熟期土壤有机碳含量相对较高,在玉米成熟期随施肥种类增加而降低,到小麦成熟期则呈现相反趋势,但均未达到显著性差异。

在麦玉复种期,秸秆还田与磷肥配施有助于速效磷在土壤中固持,在玉米季可适当少施,但氮、钾肥要适当补充。同时,秸秆还田有助于当季土壤有机碳提高,但对下一季土壤有机碳没有明显影响,秸秆与氮、氮磷、氮磷钾肥配施三者间土壤有机碳无显著差异,由于试验年限较短,应建立长期试验以观察其变化。

参考文献:

- [1] 石祖梁. 中国秸秆资源化利用现状及对策建议[J]. 世界环境, 2018(5):16-18.
- [2] LU F. How Can Straw Incorporation Management Impact on Soil Carbon Storage? A Meta-analysis[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2014, 20:1545-1568.
- [3] QU C, LI B, WU H, et al. Controlling Air Pollution from Straw Burning in China Calls for Efficient Recycling[J]. Environ Sci Technol, 2012, 46:7934-7936.
- [4] 田贺忠, 赵丹, 王艳. 中国生物质燃烧大气污染物排放清单[J]. 环境科学学报, 2011, 31(2):349-357.
- [5] ZHANG J K, CHENG M T, JI D S, et al. Characterization of Submicron Particles during Biomass Burning and Coal Combustion Periods in Beijing, China[J]. Sci Total Environ, 2016, 562:812-821.
- [6] TRIPATHI N, HILLS C D, SINGH R S, et al. Biomass Waste Utilization in Low-carbon Products: Harnessing a Major Potential Resource[J]. npj Climate and Atmospheric Science, 2019, 2:1-10.
- [7] WANG J, WANG X J, XU M G, et al. Crop Yield and Soil Organic Matter after Long-term Straw Return to Soil in China[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2015, 102:371-381.
- [8] 付浩然, 李婷玉, 曹寒冰, 等. 我国化肥减量增效的驱动因素探究[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(3):561-580.
- [9] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant Acidification in Major[J]. REPORTS, 2010, 327:1008-1010.
- [10] A BELAY, A S CLAASSENS, F C WEHNER. Effect of Direct Nitrogen and Potassium and Residual Phosphorus Fertilizers on Soil Chemical Properties, Microbial Components and Maize Yield under Long-term Crop Rotation[J]. Biology and Fertility of Soils, 2002, 35:420-427.
- [11] DRAGAN C, ELMIRA S, VESNA M, et al. Soil Properties and Trace Elements Contents Following 40 Years of Phosphate Fertilization[J]. J Environ Qual, 2010, 39:541-547.
- [12] ZHANG H M, YANG X Y, HE X H, et al. Effect of Long-Term Potassium Fertilization on Crop Yield and Potassium Efficiency and Balance Under Wheat-Maize Rotation in China[J]. Pedosphere, 2011, 21:154-163.
- [13] SINGH H, VERMA A, ANSARI M W, et al. A. Physiological Response of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes to Elevated Nitrogen Applied under Field Conditions[J]. Plant Signal Behav, 2014, 9:29015.
- [14] SUZUKI Y S K. Nitrogen in the Environment[J]. Environment, 2019, 363:6427 (578-580).
- [15] MALHI S S, NYBORG M, GODDARD T, et al. D. Long-term Tillage, Straw Management and N Fertilization Effects on Quantity and Quality of Organic C and N in a Black Chernozem Soil[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2011, 90:227-241.
- [16] BARBARA M, CHIARA B, CARLO G, et al. Conversion from Mineral Fertilisation to MSW Compost use: Nitrogen Fertiliser Value in Continuous Maize and Test on Crop Rotation[J]. Sci Total Environ, 2020, 705:135308.
- [17] 杜娜钦, 李珍珍, 张丁, 等. 冬小麦需肥规律探析[J]. 河北农业, 2022(3):69-70.
- [18] 宋慧宁. 连年玉米秸秆还田对土壤养分和土壤细菌、真菌群落结构的影响[D], 长春: 吉林大学, 2022.
- [19] 宋佳杰, 徐郁阳, 白金泽, 等. 秸秆还田配施化肥对土壤养分及冬小麦产量的影响[J]. 环境科学, 2022, 43(9):4839-4847.
- [20] LIU L, GUNDERSEN P, ZHANG T. et al. Effects of Phosphorus Addition on Soil Microbial Biomass and Community Composition in Three Forest Types in Tropical China[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2012, 44:31-38.
- [21] 宋春, 韩晓增. 长期施肥条件下土壤磷素的研究进展[J]. 土壤, 2009, 41(1):21-26.
- [22] FANG Y, NAZARIES L, SINGH B K, et al. Microbial Mechanisms of Carbon Priming Effects Revealed during the Interaction of Crop Residue and Nutrient Inputs in Contrasting Soils[J]. Glob Chang Biol, 2018, 24:2775-2790.
- [23] 黄婷苗, 王朝辉, 侯仰毅, 等. 施氮对关中还田玉米秸秆腐解和养分释放特征的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(7):2261-2268.
- [24] CHEN R, MEHMET S, SERGEYBL A, et al. Soil C and N Availability Determine the Priming Effect; Microbial N Mining and Stoichiometric Decomposition Theories[J]. Glob Chang Biol, 2014, 20:2356-2367.
- [25] WU L, ZHANG W J, WEI W J, et al. Soil Organic Matter Priming and Carbon Balance after Straw Addition is Regulated by Long-term Fertilization[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2019, 135:383-391.