

郝会军,蔡朝阳,张 溪,等. 腐殖酸及有机肥对土壤中钾淋溶规律的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(11):197-201.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.11.034

腐殖酸及有机肥对土壤中钾淋溶规律的影响

郝会军¹,蔡朝阳²,张 溪¹,王洪波¹

(1. 潍坊职业学院,山东潍坊 262737;2. 河北农业大学,河北保定 071000)

摘要:采用土柱淋溶方法,研究有机-无机复混肥养分缓释及其对土壤中钾元素淋溶的影响。结果表明,在 0~30 cm 土壤中,有机复合肥和腐殖酸肥料处理的淋出液中钾浓度、钾积累淋出量、钾淋出率均明显高于普通肥料,并且腐殖酸肥料处理要高于有机复合肥处理;在 30~60 cm 土壤中,各处理的淋出液中钾浓度、钾积累淋出量没有明显差异;在 60~90 cm 土壤中,普通肥料处理的淋出液中钾浓度高于腐殖酸肥料和有机复合肥,腐殖酸肥料和有机复合肥淋溶液中钾浓度基本与空白处理相当;普通肥料钾积累淋出量及钾淋出率明显高于有机复合肥和腐殖酸肥料处理。试验末期 0~30 cm 土壤中有机复合肥和腐殖酸肥料处理的钾含量均明显高于普通肥料处理,其他土层各处理钾含量差异不明显。可见,腐殖酸肥料及有机复合肥对钾的释放有一定的促进作用,对钾养分的释放起到明显的缓效释放作用。

关键词:有机肥;腐殖酸;钾;淋溶;复合肥;有机-无机复混肥

中图分类号:S141 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)11-0197-04

我国钾肥的当季利用率较低,为 30%~35%,钾的严重损失,造成了直接的经济损失。因此,提高钾肥利用率,发展可持续的高效农业已成为世界共同关注的问题^[1]。有机肥不仅含有植物所需的多种营养元素,对作物生长发育及体内生理代谢有刺激作用,而且具有改良土壤物理结构,增强作物抗旱抗寒能力,防治植物病虫害和提高免疫力的特点^[2]。特别是以泥炭等为载体的腐殖酸肥无须经过一般有机肥的腐解、消毒、除臭等处理,对环境无任何污染。腐殖酸对肥料的养分具有缓释作用,因为腐殖酸(如硅藻土、火山尘灰、泥煤、皂土)与肥料混合施入土壤后,其中的腐殖酸可起到吸附载体的作用,养分的释放过程即养分的解析过程会受载体性质的影响^[3-5]。

本试验通过室内模拟与田间试验相结合的方法研究腐殖酸及有机肥对土壤钾(K)素淋溶规律的影响,以期建立钾肥释放曲线,为大田作物高产简化施肥、经济合理施肥提供技术支撑与依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2019 年 3—6 月在河北农业大学土壤实

验室完成。供试土壤为河北省保定市清苑大田土,质地为沙壤土,采样深度为 0~20 cm,容重为 1.45 g/cm³,其基本理化性质:有机质、全氮、全磷含量分别为 5.61、2.16、5.32 g/kg,pH 值为 8.57,碱解氮、速效磷、速效钾、有效锰、有效锌含量分别为 36.27、19.59、81.59、8.35、0.80 mg/kg。

供试肥料:尿素(N 含量 46%)、重过磷酸钙(P₂O₅ 含量 46%)、氯化钾(K₂O 含量 60%)、腐殖酸复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 16%、8%、8%)、康帝有机肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 10%、5%、5%)。

供试土柱规格为高 100 cm,内径 10 cm 的聚氯乙烯(PVC)塑料管。

1.2 试验设计

本试验采用间接土柱淋溶法,试验装置如图 1 所示,共设空白(NP)、普通肥料(NPK)、腐殖酸复合肥和康帝有机肥 4 个处理,每个处理 3 次重复,施肥量见表 1。

土柱先装入 11.45 kg(80 cm)原状土,再按同样的紧实度装入 1.175 kg 土壤与肥料的混合物(10 cm 处)。为了尽可能减少和消除土柱的边际效应,整个装置采用滴灌加水,滴水点在离土壤上方 10 cm 处。

第 1 次在土柱中加入 3.2 L 蒸馏水使土壤水分饱和,室温下培养 1 d 后一次性加入 150 mL 水进行

收稿日期:2020-10-22

作者简介:郝会军(1977—),男,陕西府谷人,硕士,副教授,主要从事土壤与植物营养相关研究。E-mail:359312051@qq.com。

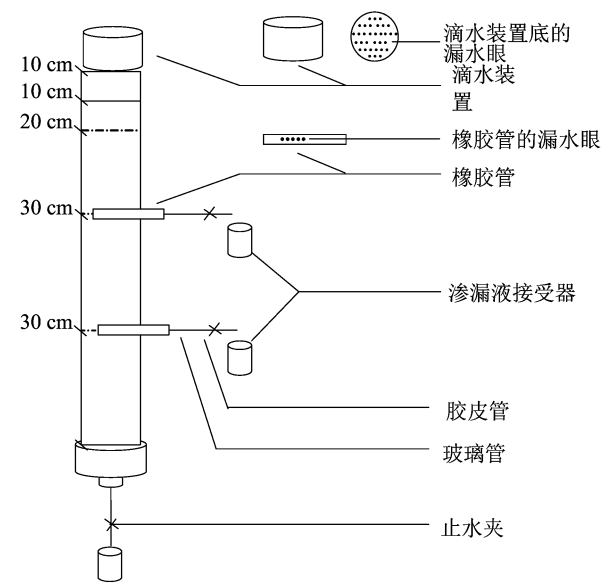


图1 试验模拟装置

表 1 各处理肥料施用量

处理	施用量(g/柱)				
	尿素	重过磷酸钙	氯化钾	腐殖酸复合肥	康帝有机肥
NP	2.28	1.14	0	0	0
NPK	2.28	1.14	0.88	0	0
腐殖酸复合肥	0	0	0	6.56	0
康帝有机肥	0	0	0	0	10.05

第 1 次淋溶,分别在土柱的上、中、下层收集淋溶液各 50 mL;培养 3 d 后,再加入 150 mL 水进行第 2 次

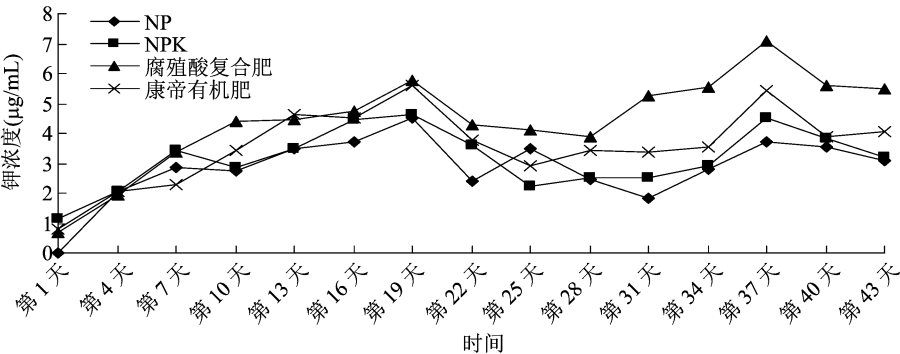


图2 0~30 cm 淋出液中钾浓度变化情况

2.2 30~60 cm 土壤淋溶液中钾浓度的比较

如图 3 所示,各处理中钾浓度变化不明显,且浓度变化没有规律。究其原因很可能是上层土壤中的钾淋溶到中层,或者是中层的钾淋溶到下层,致使中层土壤中的钾浓度呈现不规则状态,但从整体趋势上看,各处理还是比较一致的。

2.3 60~90 cm 土壤淋溶液中钾浓度的比较

如图 4 所示,60~90 cm 土壤淋溶液中,从第 8

淋溶,并收集各层的淋溶液,共淋溶 15 次。

1.3 测定项目及方法

测定收集淋溶液的钾含量。土壤常规分析按照《土壤农化分析》测定,淋溶液中钾含量采用火焰光度法测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 0~30 cm 淋溶液中钾浓度的比较

由图 2 可知,淋溶过程中,0~30 cm 土壤淋溶液中钾浓度变化曲线呈“M”形,试验的第 19 天出现第 1 个峰,各处理间钾浓度的变化范围为 4.49~5.78 μg/mL;试验的第 37 天出现第 2 个峰,各处理间钾浓度的变化范围为 3.71~7.11 μg/mL。试验第 1~19 天钾浓度的升高可能是由于肥料的溶解释放出了钾养分,之后随着钾的向下淋溶而降低,再次升高可能是土壤本身吸附的钾释放到土壤溶液中造成的。第 6 次淋溶(试验第 16 天)时,腐殖酸复合肥和康帝有机肥与 NPK 处理中钾浓度相似。从第 7 次淋溶(试验第 19 天)开始,2 种肥料中钾的淋溶就一直大于普通肥料钾的淋出液浓度[除第 9 次淋溶(试验第 25 天)],并且腐殖酸复合肥的钾淋溶液浓度一直大于康帝有机肥。可见,腐殖酸及有机物能对养分的释放起到一定得缓效释放作用。

次淋溶(试验第 22 天)开始钾淋出液的浓度趋于稳定,但 NPK 的钾淋出液浓度一直高于腐殖酸复合肥和康帝有机肥。可见 NPK 中的部分钾淋溶到下层土壤中,这部分钾是不能被植物所利用的,但腐殖酸复合肥和康帝有机肥淋溶液中钾浓度基本与空白处理(NP)相当,这说明腐殖酸复合肥和康帝有机肥处理在土壤中分解出的有机分子对 K⁺的淋溶有一定的抑制作用。

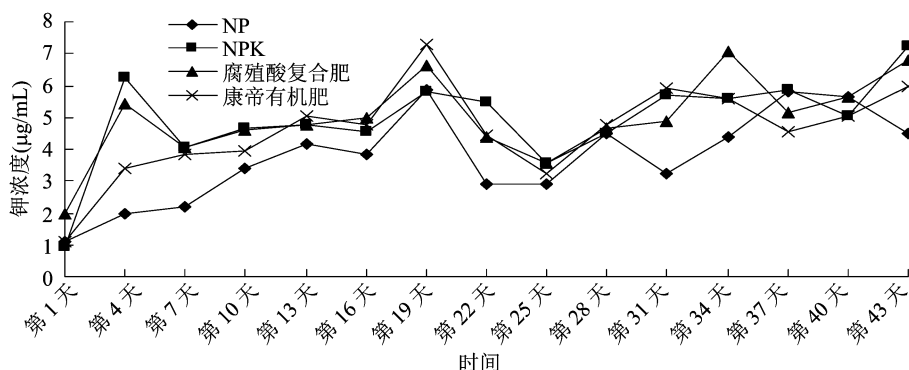


图3 30~60 cm 淋出液中钾浓度变化情况

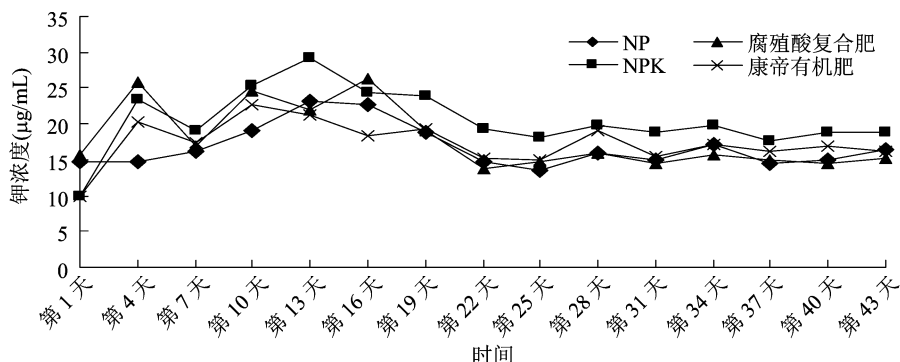


图4 60~90 cm 淋出液中钾浓度变化情况

2.4 0~60 cm 土壤淋溶液中钾累积淋出量的比较

不同处理在不同土层钾累积淋出量曲线呈均匀上升趋势。相邻2次淋溶间钾淋出量的差值较小,随着钾淋溶时间的延长,淋出量没有急剧降低的现象,其淋出量比较稳定。

在0~30 cm 土壤淋溶过程中,从第9次淋溶开始,腐殖酸复合肥和康帝有机肥的钾累积淋出量明显升高,且随淋溶次数的上升,钾累积淋出量的增

长比例不断变大(图5)。在30~60 cm 淋溶液中土层钾累积淋出量没有明显差异,腐殖酸复合肥与康帝有机肥在第6次淋溶后累积淋出量稍高于 NPK 肥料,在这个土层中钾很容易淋溶到下层土壤中,但腐殖酸复合肥及康帝有机肥中的秸秆对钾的淋溶有抑制作用,因此使30~60 cm 土壤中钾累积淋出量稍高于其他处理(图6)。

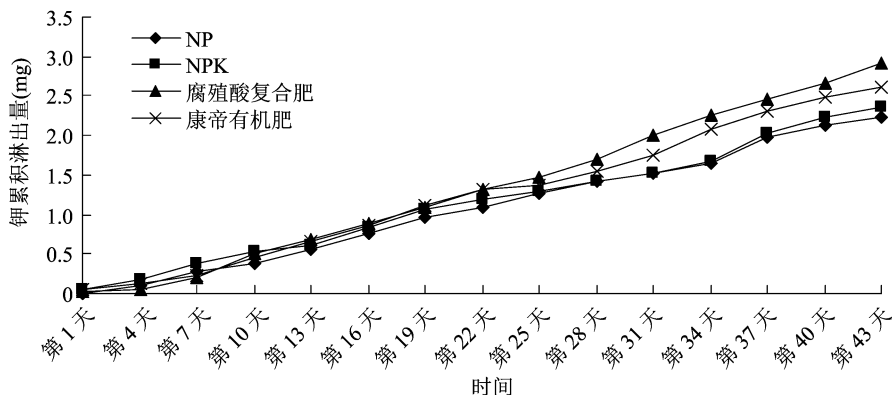


图5 0~30 cm 淋出液中钾累积淋出量情况

2.5 60~90 cm 土壤淋溶液中钾累积淋出量的比较

图7表明从第2次淋溶(试验第4天)开始, NPK 处理中钾的累积淋出量明显升高。在普通肥

料处理中钾养分被淋溶到下层,不能被植物吸收,会造成钾流失,而康帝有机肥和腐殖酸复合肥中养分累积基本与空白相当。值得注意的是,从第8次

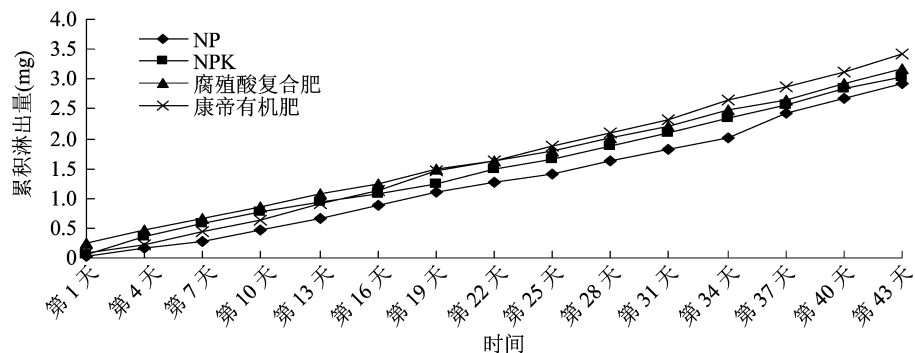


图6 30~60 cm 淋出液中钾累积淋出量情况

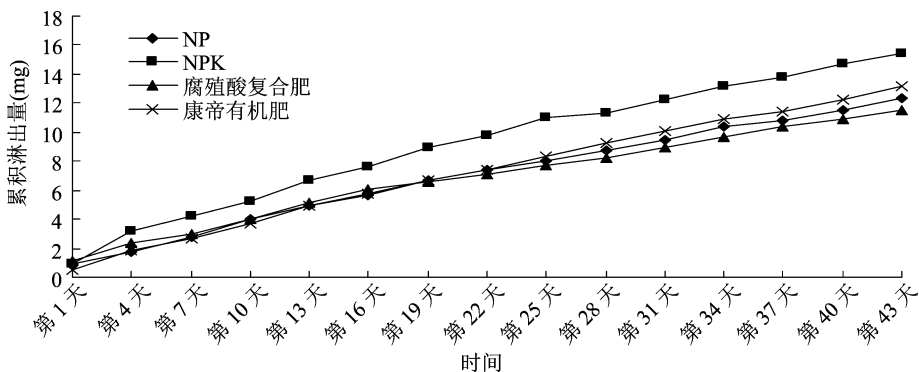


图7 60~90 cm 淋出液中钾累积淋出量情况

淋溶开始,腐殖酸复合肥中的钾含量略低于空白,表明腐殖酸复合肥可以利用土壤中不易利用的部分钾元素,通过上层淋出,在 0~30 cm 腐殖酸的累积淋出量明显高于其他处理(图 5)。

2.6 钾淋出率的比较

从表 2 可以看出,在 0~30 cm 土壤淋溶液中腐殖酸复合肥和康帝有机肥的淋出率明显高于 NPK,表明腐殖酸复合肥和康帝有机肥中的秸秆对土壤中钾的释放有很强的促进作用^[6],但 60~90 cm 土壤中腐殖酸复合肥和康帝有机肥的淋出率很低,而普通肥料在 60~90 cm 的淋出率很高,表明普通肥料很容易淋溶到 60~90 cm 土壤中,这部分养分无法被植物吸收,从而使肥料的利用率降低。

表 2 钾的最终淋出率

处理	钾淋出率(%)			总计
	上层 (0~30 cm)	中层 (30~60 cm)	下层 (60~90 cm)	
NP	0	0	0	0
NPK	0.26	0.35	6.96	7.57
腐殖酸复合肥	1.66	0.61	-1.74	0.53
康帝有机肥	1.08	1.06	1.73	3.87

2.7 试验末期土壤中钾养分含量

土壤各种形态钾素之间相互转化,并处于动态

平衡,在矿物风化和土壤发育过程中,矿物钾可以逐渐向非交换性钾或缓效钾转化,非交换性钾也可以向交换性钾和水溶性钾转化^[7]。试验末期土壤中钾含量如表 3 所示,0~30 cm 土壤中康帝有机肥和腐殖酸复合肥的钾含量明显高于普通肥料,但 30~60 cm 各处理间无明显差异,原因可能是腐殖酸复合肥中的腐殖酸和康帝有机肥秸秆中含有的钾释放出来^[8],还有可能是有机物活化了土壤中难利用的部分钾。

表 3 末期土壤中钾含量

处理	钾含量(mg/kg)		
	上层(0~30 cm)	中层(30~60 cm)	下层(60~90 cm)
NP	76.16	79.78	81.59
NPK	94.27	61.68	87.03
腐殖酸复合肥	125.65	85.82	82.20
康帝有机肥	111.17	77.37	85.21

3 结论

有机-无机复混肥与普通无机复混肥相比具有明显的缓释效果。康帝有机肥、腐殖酸复合肥和普通复混肥钾淋溶液浓度、累积淋出量的对比结果表明,腐殖酸复合肥及康帝有机肥是一种具有缓释效果的有机-无机复合肥。康帝有机肥和腐殖酸

胡哲伟,金 淑,应蓉蓉,等. 蚓粪和益生菌配施对土壤微生物生物量及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(11):201-207.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.11.035

蚓粪和益生菌配施对土壤微生物生物量及酶活性的影响

胡哲伟,金 淑,应蓉蓉,刘国强

(生态环境部南京环境科学研究所,江苏南京 210042)

摘要:为探究蚓粪和益生菌配施对土壤改良和微生物生长的影响,在野外试验大棚内设置 6 个不同施肥处理(单施化肥、单施蚓粪、化肥+巨大芽孢杆菌、蚓粪+巨大芽孢杆菌、化肥+解淀粉芽孢杆菌和蚓粪+解淀粉芽孢杆菌),分析不同处理下土壤微生物生物量和酶活性的变化规律。试验结果表明,与单施化肥相比,单施蚓粪可显著提高微生物生物量氮(MBN)、碳(MBC)、磷(MBP),吡啶乙酸(IAA),土壤呼吸,以及蔗糖酶(INV)、脲酶(UE)、磷酸酶(PHOS)、蛋白酶(PRO)、过氧化氢酶(CAT)活性($P < 0.05$)。与单施蚓粪相比,蚓粪与益生菌配施能有效提高土壤 MBN、MBC、MBP、IAA、土壤呼吸和土壤酶活性(INV、UE、PRO、CAT),而磷酸酶活性以配施蚓粪+解淀粉芽孢杆菌处理有效提升,配施处理含量反而减少。相关性分析表明,土壤微生物生物量与土壤酶活性均呈显著正相关($P < 0.05$)。因此,推荐使用蚓粪配施益生菌来提高土壤微生物生物量及土壤酶活性,以改善土壤微生态环境,提高作物产量及品质,促进农业的可持续发展。

关键词:蚓粪;益生菌;土壤;微生物生物量;酶活性

中图分类号:S154.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)11-0201-07

化学肥料的长期施用导致了土壤微生物量的减少及酶活性的降低,显著降低土壤质量,从而影响农作物产量和品质^[1-3]。用以蚓粪为代表的有机肥替代化肥,可提高土壤养分的有效性,刺激土壤微生物生物量增加,维持土壤健康^[4-7]。研究表明,蚓粪通过改善土壤质量和酶活性来改善作物生长

的土壤环境,从而提升作物的产量和品质^[8-12]。益生菌不仅可促进作物吸收矿质营养元素,将土壤中难以被作物吸收利用的养分转化为易吸收利用的成分,还能提高微生物活性,改善土壤生态环境^[13]。土壤微生物生物量是土壤养分循环和转化的重要动力和主要参与者,是土壤微生态系统中最活跃的部分^[14-17]。土壤酶活性是植物根系及微生物分泌的具有高度催化作用的蛋白质,对土壤养分、有机质、容重等土壤环境因子的变化极为敏感,土壤环境因子的微小变化就会引起土壤酶活性的改变,如何提升土壤微生物生物量和酶活性已成为改善农

收稿日期:2021-03-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:42007182)

作者简介:胡哲伟(1989—),男,江苏南京人,硕士,助理研究员,主要从事土壤环境安全评价研究。E-mail:hzw@nies.org。

通信作者:金 淑,硕士,助理研究员,主要从事农业面源污染控制等研究工作。E-mail:jinsu@nies.org。

复合肥中的钾在早期较普通 NPK 复混肥的释放率低。康帝有机肥和腐殖酸复合肥在后期钾的释放速率高于普通 NPK 复混肥中钾的释放速率,并且可能有活化土壤中难利用钾的作用。

参考文献:

- [1]赵国林,阎 晗,刘志伟,等. 腐殖酸类复混肥料的应用前景[J]. 现代化农业,2000(9):13-15
- [2]牛新湘,马兴旺. 农田土壤养分淋溶的研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(3):451-456.
- [3]沈筱染,李绍才,孙海龙. 氮磷钾在两种基质中的淋溶研究[J].

北方园艺,2016(17):179-183.

- [4]张一扬,方丽婷,帅京彤,等. 腐殖酸原料对植烟土壤钾素淋溶的影响[J]. 腐植酸,2019(3):25-33.
- [5]周杰文,李海平,肖志新,等. 木本泥炭基腐殖酸钾与矿物钾肥配施对酸化植烟土壤养分与烟叶品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):112-116.
- [6]董艳红,王火焰,周健民,等. 不同土壤钾素淋溶特性的初步研究[J]. 土壤,2014,46(2):225-231.
- [7]金继运. 土壤钾素研究进展[J]. 土壤学报,1993,30(2):95-100.
- [8]Tan K H. The release of silicon, aluminum and potassium during decomposition of soil mineral by humic acid [J]. Soil Science, 1980,129(1):5-11.