

常春丽,王盼盼,李金秋,等. 高寒地区不同绿肥的腐解特征及其对土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):260-263.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.061

高寒地区不同绿肥的腐解特征及其对土壤养分的影响

常春丽¹, 王盼盼¹, 李金秋¹, 贺国强², 王晶英¹

(1. 东北林业大学生命科学学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 牡丹江烟草科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150076)

摘要:为明确绿肥对高寒地区土壤的培肥效果,在盆栽培养条件下采用尼龙网袋法,探讨了草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦等 4 种绿肥的腐解特征及其对土壤养分含量的影响。结果表明,4 种绿肥在处理 30 d 内快速腐解,腐解率均达到了 50% 以上,其中紫花苜蓿的腐解速率高于其他绿肥,30 d 后腐解较为缓慢。不同绿肥对土壤养分含量的影响效果不同,并且不同绿肥对土壤养分含量的影响效果随着施用时间的变化不断变化。4 种绿肥在施用 270 d 内均能使土壤速效钾和速效磷的含量显著增高,使土壤 pH 值显著降低,而对土壤有机质和全磷含量无显著影响。除此之外,草木犀和紫花苜蓿还能显著提高土壤碱解氮和全氮含量。因此选用绿肥植物改良黑龙江烟区土壤是可行的,且选用草木犀和紫花苜蓿的培肥效果更好。

关键词:高寒地区;绿肥;土壤养分含量;腐解特征

中图分类号:S142 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)05-0260-03

绿肥是一种优质的有机肥,养分含量丰富,能为作物提供各种营养成分,具有培肥土壤、防止水土流失等作用,绿肥还田有利于土壤中有有机碳、有机氮的矿化,磷钾营养的释放以及土壤中原有机质的矿化,从而提高土壤微生物及土壤酶类的活性,对培肥土壤、改良低产土壤、防止水土流失、修复荒坡荒地、改善生态环境等具有重要意义^[1]。黑龙江省位于我国的东北部,是我国纬度最高的省份,属寒温带大陆季风性气候,也是人们所说的高寒地带,全省年平均气温在 $-5 \sim 5^{\circ}\text{C}$,冬季漫长寒冷、夏季短暂炎热、春秋干燥凉爽^[2]。全省无霜期在 $100 \sim 160 \text{ d}$ ^[3]。由于这种独特的气候环境,该省 1 年只能露天种植 1 茬农作物,土地闲暇时间较长,利用冬闲时期养地对提高该省农作物产量意义非凡。大量研究表明,绿肥可以显著提高土壤有机质、速效氮、速效磷和速效钾等养分的含量^[4-7],起到了很好的养地效果;不同绿肥对土壤的作用效应也有所不同^[8],如绿肥作物的根和地上部分在腐解过程中能释放磷和钾,不同绿肥的释放进度不同^[9]。为探讨选用绿肥植物改良高寒地区土壤的可行性,并筛选出养分效应最好的绿肥种类,本试验在黑龙江省的代表烟区宁安开展了对黑麦草、草木犀、紫花苜蓿和小麦 4 种绿肥腐解速率及对土壤养分的影响的研究,以期高寒地区土壤的健康、可持续利用提供科学参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试绿肥为草木犀、紫花苜蓿、黑麦草和小麦。4 种绿肥

均在盛花期取地上部样品切成约 4 cm 小段后 105°C 杀青, 65°C 烘干混匀装入尼龙网袋(网袋规格: $20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$, 孔径 $75 \mu\text{m}$, 200 目),每个网袋中加入相应绿肥 10 g,封口备用。

试验于 2016 年在黑龙江省牡丹江市宁安范家乡牡丹江烟草科学研究所试验基地内开展。供试土壤的基本理化性质:有机质含量为 23.04 g/kg , pH 值为 7.215,碱解氮含量为 95.57 mg/kg ,速效磷含量为 2.62 mg/kg ,速效钾含量为 273.5 mg/kg ,全氮含量为 1.40 g/kg ,全磷含量为 65.64 mg/kg 。

1.2 试验设计

试验设有 5 个处理:草木犀、紫花苜蓿、黑麦草、小麦,对照(无绿肥)。在高 13 cm 、口径 16 cm 的塑料盆中先加 0.4 kg 土壤,然后将装有绿肥的网袋平铺于土壤上,再铺上 0.4 kg 土壤。每盆压入 1 个网袋,每个处理 15 盆。每盆加水 0.22 kg ,将盆置于室内,试验过程中适时加水,保持土壤湿润。于腐解开始后第 10、30、50、90、270 天取样。采用毁灭性取样法取出尼龙网袋内的绿肥 65°C 烘干并称质量。取尼龙袋下方的土壤作为土样,每次各处理随机取 3 盆,风干后测定土壤 pH 值和有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷含量。

1.3 测定方法与数据处理

采用常规分析方法测定土壤 pH 值和有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷含量^[10]。

累积腐解率 = (第 0 天干物质总量 - 第 n 天干物质总量) / 第 0 天干物质总量 $\times 100\%$ 。

试验数据用 Excel 2010 进行整理,用 DPS 7.05 进行分析。

2 结果与分析

2.1 绿肥干物质的腐解特征

随着处理时间的延长,不同绿肥的干物质累积腐解率均呈先快后慢的增加趋势,但处理前期(0 ~ 30 d)增加较快,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦处理在处理 30 d 时累积腐解率分别达到 64.18%、63.83%、65.57% 和 54.17%,30 d 后累

收稿日期:2017-12-06

基金项目:黑龙江省烟草专卖局科技攻关项目(编号:HN201603)。

作者简介:常春丽(1990—),女,河南周口人,硕士研究生,研究方向为绿肥。E-mail:1559255980@qq.com。

通信作者:王晶英,博士,教授,主要从事植物逆境生理、营养生理研究。E-mail:wangjingying801@163.com。

积腐解率增加变缓,处理 270 d 时各处理干物质的最终腐解率依次为 74.18%、70.66%、66.66% 和 66.26% (图 1)。

2.2 不同绿肥处理对土壤有机质含量的影响

整体来看,经过 4 种绿肥处理后,土壤的有机质含量均有所升高。处理 10 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦处理的土壤有机质含量分别较对照高出 7.35%、4.86%、3.11% 和 0.45%;处理 30 d 后,黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照高出 3.52%、4.93% 和 4.25%,草木犀显著高于对照 11.95%;处理 50 d 后,黑麦草和紫花苜蓿较对照高出 0.23% 和 1.56%,草木犀和小麦较对照降低 13.51% 和 0.92%;处理 90 d 后,黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照高出 3.89%、0.99% 和 2.00%,草木犀较对照降低 8.17%;处理 270 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照高出 1.85%、

3.34%、0.74% 和 2.87% (图 2)。

2.3 不同绿肥处理对土壤 pH 值的影响

由图 3 可知,4 种绿肥处理均使土壤的 pH 值显著降低。处理 10 d 后,黑麦草和小麦处理的土壤 pH 值分别低于对照 1.27% 和 1.93%,紫花苜蓿显著低于对照 2.28%,草木犀高于对照 0.31%;处理 30 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别显著低于对照 7.03%、4.23%、7.71% 和 4.11%;处理 50 d 后,紫花苜蓿和小麦低于对照 2.63% 和 2.30%,草木犀和黑麦草较对照显著降低 5.95% 和 4.74%;处理 90 d 后,黑麦草和小麦较对照高出 1.50%、0.40%,草木犀、紫花苜蓿分别较对照显著降低 2.65% 和 4.20%;处理 270 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照显著性降低 2.72%、3.25%、3.46% 和 3.48%。

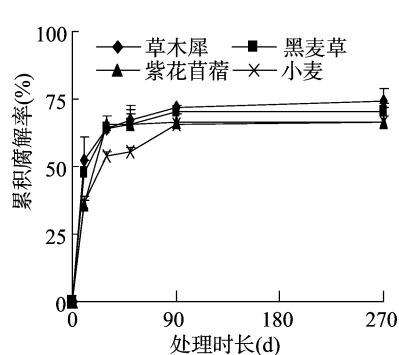


图1 不同绿肥干物质累积腐解率的动态变化

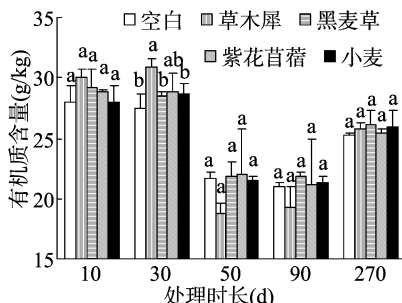


图2 不同绿肥处理对土壤有机质含量的影响
图中数据为均值±标准差,相同处理天数不同处理间小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同同

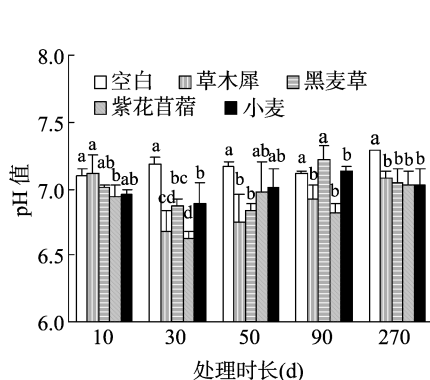


图3 不同绿肥处理对土壤 pH 值的影响

2.4 不同绿肥处理对土壤碱解氮含量的影响

4 种绿肥提高了土壤碱解氮的含量。处理 10 d 后,草木犀、黑麦草和小麦处理的土壤碱解氮含量分别高于对照 4.97%、30.24% 和 9.71%,紫花苜蓿显著高于对照 52.10%;处理 30 d 后,草木犀、紫花苜蓿分别显著高于对照 59.73%、35.38%,黑麦草和小麦高于对照 11.49% 和 17.86%;处理 50 d 后,草木犀显著高于对照 26.04%,黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别低于对照 2.93%、2.93% 和 7.20%;处理 90 d 后,草木犀、黑麦草和小麦分别高于对照 2.37%、3.21% 和 3.72%,紫花苜蓿低于对照 6.60%;处理 270 d 后,黑麦草、小麦分别高于对照 22.40%、33.33%,草木犀、紫花苜蓿显著高于对照 48.63%、40.98% (图 4)。

2.5 不同绿肥处理对土壤速效磷含量的影响

4 种绿肥提高了土壤速效磷的含量。处理 10 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦处理的土壤速效磷含量分别高于对照 6.18%、4.23%、15.37% 和 6.94%;处理 30 d 后,黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别高于对照 15.19%、19.28% 和 13.21%,草木犀显著高于对照 28.46%;处理 50 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照降低 11.35%、4.59%、4.31% 和 6.69%,差异均不显著;处理 90 d 后,草木犀、紫花苜蓿和小麦分别显著高于对照 13.68%、18.52% 和 19.01%,黑麦草低于对照 5.44%;处理 270 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别显著高于对照 22.31%、17.81%、13.77% 和 24.51% (图 5)。

2.6 不同绿肥处理对土壤速效钾含量的影响

4 种绿肥均显著提高了土壤速效钾含量。处理 10 d 后,

草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦处理的土壤速效钾含量分别显著高于对照 60.20%、47.72%、37.10% 和 41.06%;处理 30 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别显著高于对照 63.98%、64.04%、64.63% 和 49.78%;处理 50 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别显著高于对照 58.70%、61.36%、82.18% 和 69.73%;处理 90 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别显著高于对照 48.75%、61.46%、56.73% 和 53.75%;处理 270 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照显著性升高 53.63%、58.12%、61.32% 和 62.39% (图 6)。

2.7 不同绿肥处理对土壤全氮含量的影响

处理 10 d 后,草木犀、小麦处理的土壤全氮含量高于对照 2.32%、8.44%,黑麦草和紫花苜蓿低于对照 5.15% 和 1.19%;处理 30 d 后,草木犀、黑麦草和紫花苜蓿分别低于对照 0.31%、3.00% 和 0.70%,小麦高于对照 0.72%;处理 50 d 后,草木犀、紫花苜蓿分别较对照显著高出 5.44%、6.65%,黑麦草和小麦高出对照 1.86%、2.38%;处理 90 d 后,草木犀、紫花苜蓿分别较对照显著高出 14.99%、15.01%,小麦高出对照 5.21%,黑麦草低于对照 1.32%;处理 270 d 后,草木犀、紫花苜蓿分别较对照显著高出 12.83%、13.87%,小麦高出对照 3.43%,黑麦草低于对照 3.04% (图 7)。

2.8 不同绿肥处理对土壤全磷含量的影响

处理 10 d 后,草木犀、黑麦草处理的土壤全磷含量低于对照 0.27%、3.59%,紫花苜蓿和小麦高于对照 4.01% 和 9.32%;处理 30 d 后,草木犀、紫花苜蓿和小麦分别低于对照 1.21%、3.07% 和 4.66%,黑麦草高于对照 0.86%;处理 50 d 后,草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别较对照高出

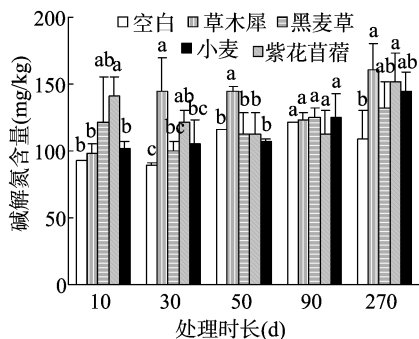


图4 不同绿肥处理对土壤碱解氮含量的影响

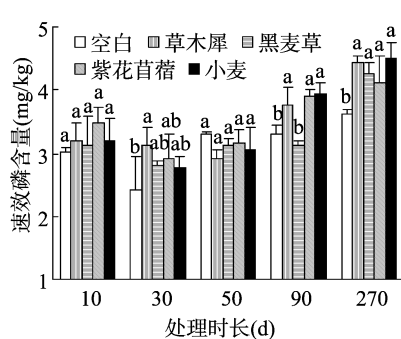


图5 不同绿肥处理对土壤速效磷含量的影响

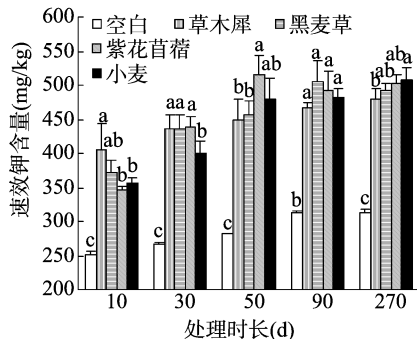


图6 不同绿肥处理对土壤速效钾含量的影响

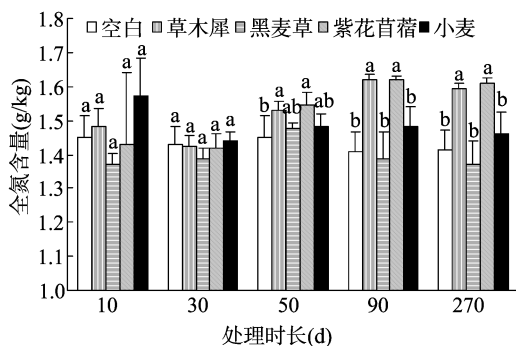


图7 不同绿肥处理对土壤全氮含量的影响

7.01%、9.88%、8.67%和8.00%，差异均不显著；处理90 d后，草木犀、黑麦草、紫花苜蓿和小麦分别低于对照2.22%、2.72%、11.24%和8.68%；处理270 d后，草木犀、黑麦草高于对照0.13%、1.45%，紫花苜蓿和小麦分别低于对照7.65%、2.87%（图8）。

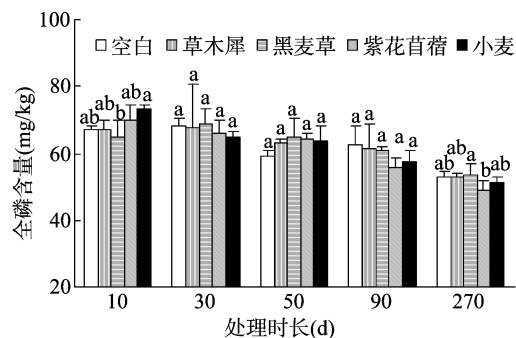


图8 不同绿肥处理对土壤全磷含量的影响

3 讨论与结论

4种绿肥的干物质腐解均呈前期(0~30 d)快后期(30~270 d)慢的变化趋势,这与前人研究结果^[11-13]相似。植物有机化合物腐解由易到难的顺序为单糖、淀粉、简单蛋白质>粗蛋白>半纤维素>纤维素>脂肪>木质素^[14]。处理初期,易分解有机物质丰富,可为土壤微生物提供大量碳源及养分,故而腐解较快。随着处理时间的延长,易分解有机物逐渐减少,较难分解的有机化合物比例升高,所以后期腐解缓慢。对比4种绿肥的快速腐解阶段,发现草木犀、紫花苜蓿的腐解速率明显高于其他2种绿肥。

土壤酸碱度作为土壤的基本性质,是影响土壤肥力的重

要因素之一,它直接影响土壤成分的存在形态、转化和有效性。4种绿肥均显著降低了土壤pH值。白小军等经过研究也得出了绿肥能降低土壤pH值的结论^[6,15]。这很大程度上与绿肥在翻压腐熟过程中产生较多的小分子有机酸有关。紫花苜蓿处理对土壤pH值的降低作用最为显著。

4种绿肥处理均能提高土壤有机质含量,其中黑麦草、紫花苜蓿和小麦处理对土壤有机质含量无显著性影响,草木犀在处理30 d时显著高于对照。以上结果与郇恒福等关于施用大戟科绿肥可有效增加土壤有机质含量,有着良好的培肥地力效果,但其效果随种质与施用时间的不同而异的研究结果^[16]基本一致。

草木犀、紫花苜蓿处理使土壤碱解氮、全氮含量显著高于对照;黑麦草、小麦处理对土壤碱解氮、全氮的含量无显著性影响。这是因为草木犀和紫花苜蓿同属豆科,豆科植物的根瘤菌能够固氮。以上结果与邓小华等的研究结果^[8]相一致。

4种绿肥对土壤全磷含量无显著性影响。4种绿肥处理均能显著提高土壤速效磷的含量。这与徐祥玉等的研究结果^[17-18]相一致。绿肥通过根系分泌的酸和根际土壤中的解磷微生物吸附并分解土壤中的难溶性磷,故随处理时间的延长,4种绿肥对土壤速效磷含量的提升效果越来越显著。

4种绿肥均显著提高了土壤速效钾含量。这与徐祥玉等的研究结果^[17-18]相一致。分析发现各养分中速效钾的含量增高最为显著,是因为钾在植物体中以离子态存在于细胞或组织中,在处理初期绝大部分的钾很容易被水浸提释放^[14]。

4种绿肥在处理30 d内快速腐解,腐解率均达到了50%以上,其中紫花苜蓿的腐解速率高于其他绿肥。4种绿肥均能使土壤速效磷和速效钾的含量显著增高,土壤pH值显著降低,而对土壤有机质和全磷含量无显著影响。除此之外,草木犀和紫花苜蓿还能显著提高土壤碱解氮和全氮含量。因此选用绿肥植物改良黑龙江烟区土壤是可行的,且选用草木犀和紫花苜蓿的培肥效果更好。

参考文献:

- [1]曾莎,张炼,张玉平. 绿肥生产应用现状及绿肥还田研究进展[J]. 湖南农业科学,2017(9):132-134.
- [2]刘雨娜. 黑龙江省高寒地区早春生产叶用莴苣的关键性栽培技术[J]. 北方园艺,2014(9):62-63.
- [3]汪磊,王超,陈柏杰,等. 黑龙江省裸仁南瓜栽培关键技术[J]. 黑龙江农业科学,2011(11):161-162.

王建生,张杏锋,张学洪,等. 土壤铬污染和腐殖酸对李氏禾生长和光合生理的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):263-267.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.062

土壤铬污染和腐殖酸对李氏禾生长和光合生理的影响

王建生^{1,2},张杏锋^{1,2},张学洪^{1,2},吴焱珊^{1,2},冯健飞^{1,2}

(1. 桂林理工大学广西环境污染控制理论与技术重点实验室,广西桂林 541004;

2. 桂林理工大学岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心,广西桂林 541004)

摘要:以李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)为例,研究了腐殖酸(humic acid,HA)和铬(Cr)相互作用对李氏禾生长及光合生理的影响。结果表明:在同一 Cr 浓度处理下,李氏禾株高、地上部干质量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、总叶绿素含量随 HA 浓度的增大呈先增大后减小的趋势。在同一腐殖酸浓度处理下,Cr100、Cr200 的株高、地上部干质量、地下部干质量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、初始荧光 F_0 、大荧光 F_m 较 Cr0 呈增大的趋势。初始荧光 F_0 、最大荧光 F_m 、表观电子传递速率 E_{TR} 在 HA0 和 HA5 处理下随 Cr 浓度的增加明显增加。而最大光化学效率 F_0/F_m 、光化学淬灭系数(q_p)、非光化学淬灭系数(q_N)在 HA5、HA10 处理下,随 Cr 浓度的增加有所下降。可见,适量 Cr 和腐殖酸能够刺激植物生长,李氏禾在逆境胁迫下具有较强的适应性和耐受性。

关键词:李氏禾;铬污染;腐殖酸;光合生理特征;适应性;耐受性

中图分类号:X53;X173 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)05-0263-05

随着对采矿、制革、冶炼、电镀、污水灌溉等行业的大力发展,进而引起了铅、汞、镉、铬等一大批重金属污染物进入大气、水和土壤,造成了严重的环境污染问题^[1]。而土地作为不可再生资源,是人类生活生存和自然环境发展的基础,所以土壤重金属污染问题普遍引起人们的关注^[2]。铬(Cr)污染

不仅会导致土壤生产能力的下降,而且还可以通过根部的吸收、迁移转化到农作物根茎叶及果实中去,通过食物链进入到人体内,进而危害人的身体健康^[3]。因此,如何有效地将土壤中重金属去除又不污染其他资源是研究重点。植物修复技术被认为是非常理想的污染土壤原位治理技术^[4-5]。李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)属多年生禾本科(Gramineae)草本植物,作为国内首次被发现的 Cr 超富集植物,在土壤 Cr 污染修复和治理上具有重要的利用价值^[6]。

腐殖酸(humic acid,HA)是一种主要由动植物残体通过各种生物和非生物的降解、缩合等作用形成的一种天然有机高分子聚合物^[7-8]。腐殖酸通过与重金属发生络(螯)合、吸附和氧化还原等反应,改变土壤形态和土壤对重金属的吸持力,影响有效性和植物的吸收^[4]。腐殖酸对植物生长具有积

收稿日期:2017-10-21

基金项目:广西科学研究与技术开发项目(编号:桂科转 1599001-1);广西特聘专家专项;广西危险废物处置产业化人才小高地项目。

作者简介:王建生(1990—),男,山东汶上人,硕士研究生,主要从事重金属污染修复。E-mail:wjs_0506@163.com。

通信作者:张杏锋,博士,副教授,主要从事重金属污染治理研究工作。E-mail:zhangxf@glut.edu.cn。

[4]秦景逸,张云,王秀梅,等. 绿肥间作模式对苹果园土壤养分含量的影响[J]. 北方园艺,2016(11):169-172.

[5]王秀领,闫旭东,徐玉鹏. 覆盖大豆绿肥腐解规律及其对土壤养分的影响[J]. 中国土壤与肥料,2012(5):57-60.

[6]白小军,冯海萍,张丽娟,等. 种植及翻压绿肥对设施土壤养分及微生物区系的影响[J]. 北方园艺,2014(23):144-147.

[7]Cherr C M, Scholberg J S, Mcsorley R. Green manure approaches to crop production[J]. Agronomy Journal,2006,98(2):302-319.

[8]邓小华,石楠,周米良,等. 不同种类绿肥翻压对植烟土壤理化性状的影响[J]. 烟草科技,2015,48(2):7-10,20.

[9]Talgre L, Laurantingon E, Roostalu H, et al. Phosphorus and potassium release during decomposition of roots and shoots of green manure crops[J]. Biological Agriculture & Horticulture,2014,30(4):264-271.

[10]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000:25-114.

[11]Yang H X, Zhou M H, Junliang L I, et al. Decay and nutrient release in grasses, a species suitable for soil conservation in temperate zone orchards[J]. Acta Prataculturae Sinica,2015,24(4):208-213.

[12]Zhao N, Zhao H B, Chang W U, et al. Nutrient releases of leguminous green manures in rainfed lands[J]. Plant Nutrition & Fertilizer Science,2011,17(5):1179-1187.

[13]Wang F, Lin C, Qing H I, et al. A study on organic carbon and nutrient releasing characteristics of different *Astragalus sinicus* manure use levels in a single cropping region of subtropical China[J]. Acta Prataculturae Sinica,2012,21(4):319-324.

[14]刘佳,张杰,秦文婧,等. 红壤旱地毛叶苕子不同翻压量下腐解及养分释放特征[J]. 草业学报,2016,25(10):66-76.

[15]杨文叶,王忠,李丹,等. 不同冬绿肥对水稻田土壤有机质及酸碱度的影响[J]. 浙江农业科学,2017,58(2):239-240.

[16]邹恒福,周建南,高玲,等. 不同野生大戟科绿肥对酸性土壤有机质含量的动态影响[J]. 热带作物学报,2014,35(4):678-685.

[17]徐祥玉,王海明,袁家富,等. 不同绿肥对土壤肥力质量及其烟叶产质量的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(13):58-61.

[18]陈晓波,官会林,郭云周,等. 绿肥翻压对烟地红壤微生物及土壤养分的影响[J]. 中国土壤与肥料,2011(4):74-78.