

# 黄土高原沟壑区种植植物和施肥对土壤矿质氮的影响

范磊<sup>1,2</sup>, 李永红<sup>3</sup>, 徐斌<sup>3</sup>

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054, 2. 西安市城市规划设计研究院,  
陕西 西安 710082; 3. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 71210)

**摘 要:** [目的] 筛选能快速提升黄土高原沟壑区矿山废弃地土壤肥力的适宜恢复植物种类和种植模式, 为该区实现资源的优化配置和促进农业的可持续发展提供科学依据。[方法] 选取白三叶、草木樨、紫穗槐、柠条、黑麦草 5 种植物试材, 在中国科学院长武农业生态试验站的模拟弃土场上做长期连续定位监测试验, 监测不同速效氮处理下各植物小区 0—10 cm, 10—20 cm 土层的养分含量变化。设 3 种施肥处理: A: 设施有机肥(羊粪), 施肥量为 30 000 kg/hm<sup>2</sup>; B: 施秸秆, 施肥量为 9 000 kg/hm<sup>2</sup>; C: 不施肥, 作为对照。[结果] 与对照相比, 单播模式土壤平均硝态氮含量为 9.05 mg/kg, 比对照提高 0.44 mg/kg; 混播模式土壤平均硝态氮含量为 9.02 mg/kg, 比对照提高 0.41 mg/kg。单播模式土壤铵态氮平均含量为 4.49 mg/kg, 比对照减少了 2.06 mg/kg; 混播模式土壤铵态氮平均含量为 7.06 mg/kg, 比对照增加了 0.51 mg/kg。[结论] 不施肥和施秸秆条件下, 单播模式对土壤改良效果优于混播模式; 而在施有机肥条件下, 混播模式对土壤改良效果优于单播模式。

**关键词:** 水土保持; 不同施肥条件; 土壤速效氮; 黄土高原沟壑区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2018)02-0115-07

**中图分类号:** S153.6

**文献参数:** 范磊, 李永红, 徐斌. 黄土高原沟壑区种植植物和施肥对土壤矿质氮的影响[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 115-121. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.019. Fan Lei, Li Yonghong, Xu Bin. Effect of different plant species and fertilization conditions on mineral nitrogen in gully region of Loess Plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2): 115-121.

## Effect of Different Plant Species and Fertilization Conditions on Mineral Nitrogen in Gully Region of Loess Plateau

FAN Lei<sup>1,2</sup>, LI Yonghong<sup>3</sup>, XU Bin<sup>3</sup>

(1. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 2. Xi'an Urban Planning and Design Institute, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 71210, China)

**Abstract:** [Objective] Effective improves the soil fertility of abandoned lands of mines in gully region of the Loess Plateau, suitable plant species and cropping pattern selection were researched in order to provide a scientific basis for optimizing allocation of resources and promoting the sustainable development of agriculture in this area. [Methods] The experiments were conducted at the Changwu agro-ecological experimental station of the Chinese Academy of Sciences on the Loess Plateau. In order to explore the soil nutrient content under different available nitrogen condition in the 0—10 cm and 10—20 cm, five species plants were choosed (Trifolium repens, Melilotus suaveolens, Amorpha fruticosa, Caragana korshinskii and Lolium perenne). The treatments included three fertilization conditions [ Organic manure(sheep manure) was used with the amount of 30 000 kg/hm<sup>2</sup> as the treatment of A. Straw was used with the amount of 9 000 kg/hm<sup>2</sup> as the

收稿日期: 2018-02-04

修回日期: 2018-02-16

资助项目: 国家“十三五”重点研发计划项目“高塬沟壑区固沟保塬生态防护与苹果产业提质增效技术及示范”(2016YFC0501706-02)。

第一作者: 范磊(1985—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 博士研究生, 工程师, 主要从事水资源与环境研究。E-mail: 2835841733@qq.com。

通讯作者: 李永红(1971—), 男(汉族), 陕西省永寿县, 人, 博士, 讲师, 主要从事土壤侵蚀、水土保持工程及土力学研究。E-mail: lyh7121001@yangling.hoo.com.cn。

treatment of B. No fertilization was used as a control group ], to explore the effect of soil available nitrogen under the different cropping pattern of single and mixed condition. [Results] The content of the average nitrate nitrogen was 9.05 mg/kg in the soil under the cropping pattern of single, which was more than 0.44 mg/kg compared with control. The content of average nitrate nitrogen was 9.02 mg/kg in the soil under the cropping pattern of mixed, which was 0.41 mg/kg more than the control. Under the condition of non-fertilization, the effect of cropping pattern on soil improvement was the single better than the mixed. The content of average ammonium nitrogen was 4.49 mg/kg in the soil under the cropping pattern of single, which was 2.06 mg/kg less than the control. The content of average ammonium nitrogen was 7.06 mg/kg in the soil under the cropping pattern of mixed, which was 0.51 mg/kg more than the control. The effect of cropping pattern on soil improvement was the single better than the mixed. [Conclusion] The effect of cropping pattern on soil improvement was the single better than the mixed under the condition of non-fertilization and straw-fertilization. The effect of cropping pattern on soil improvement was the mixed better than the single under the condition of organic-fertilization.

**Keywords:** soil and water conservation; different fertilization conditions; soil available nitrogen; gully region of Loess Plateau

土壤速效氮就是可以直接被植物根系吸收的氮。包括游离态、水溶态的一些氨态氮、硝态氮。氨态氮就是指以氨根( $\text{NH}_4^+$ )形式存在的氮,硝态氮是指以硝酸根( $\text{NO}_3^-$ )形式存在的氮。氨态氮和硝态氮中游离、水溶的部分就是速效氮。增施含氮有机肥和氮素化肥是提高土壤有效氮的主要方法<sup>[1]</sup>。用碱液处理土壤时,易水解的有机氮及铵态氮转化为氨,硝态氮则先经硫酸亚铁转化为铵。以硼酸吸收氨,再用标准酸滴定,计算水解氮的含量<sup>[2]</sup>。土壤速效氮是植物生长发育必不可少的营养元素之一,它参与植物众多的生理生化过程。如参与植物的光合作用、能量储存、呼吸作用、细胞增大等,也是植物很多重要有机化合物的组成成分之一,能促进植物早期根系的形成和生长,提高植物的适生能力。土壤速效氮是反映土壤中氮水平的一个相对指标。施入有机肥能降低土壤对氮的吸附,促进植物对磷的吸收和利用<sup>[3]</sup>,从而提高土壤中有效氮的含量,扩大土壤中有效氮库。化肥与有机肥配合使用,可使土壤中全氮和速效氮含量明显增加<sup>[4]</sup>。常庆瑞等<sup>[5]</sup>通过对黄土高原恢复植被防止土地退化效益的研究,指出黄土高原地区恢复植被能显著提高土壤有机质、速效氮、速效钾等营养元素的含量,降低土壤 pH 值。许仙菊<sup>[7]</sup>通过对上海郊区的 43 块农田连续 3 a 的定位跟踪监测分析,比较了 50 种作物以及 5 种不同轮作农田的氮养分平衡状况及其对土壤速效氮含量的影响。结果表明:①不同作物农田的氮养分盈余趋势为:水生蔬菜类 $\geq$ 水果类旱作蔬菜 $\geq$ 大田作物 $\geq$ 草皮;不同轮作农田氮养分盈余大小表现为:菜菜轮作果树单作菜作轮作草皮单作作物轮作;②不同作物及不同轮作农田收获时土壤速

效氮含量随土层的加深而逐渐降低,氮养分盈余多的农田土壤的速效氮含量也高;③不同作物以及不同轮作农田氮养分盈余与收获时土壤表层(0—30 cm)的硝态氮和铵态氮含量呈正相关。陈涛<sup>[6]</sup>在黄土高原的合阳县,以 1983 年,2006 年耕地土壤速效氮、磷、钾含量为对象,利用空间自相关、变异函数及分形维数等方法,研究县域土壤速效养分时空变异特征及主要影响因素。结果表明,由 1983—2006 年,除土壤速效钾外,耕地速效氮、磷的平均含量分别提高 73.98% 和 92.69%。杨治平等<sup>[7]</sup>通过长期定位试验研究不同施肥措施对旱地玉米土壤( $\text{NO}_3^-$ -N)累积的影响结果表明,不同施肥和秸秆还田措施可不同程度造成 0—500 cm 土层  $\text{NO}_3^-$ -N 的累积,且对 0—300 cm 土层  $\text{NO}_3^-$ -N 的累积影响较大。秋施肥秸秆覆盖还田处理产量最高,且土壤  $\text{NO}_3^-$ -N 累积量较低,所造成的环境风险也小。

黄土高原沟壑区地势较高,坡度较大,水土流失严重,可利用耕地资源较少。对黄土高原沟壑区的耕地地力进行研究,查清耕地土壤地力状况和肥力水平,不仅能实现资源的优化配置,更能促进农业的可持续发展<sup>[8]</sup>。

## 1 试验地概况

测定土壤中速效氮的含量,能够相对的反映土壤的供氮水平,并可借此判断土壤是否有施用氮肥的必要<sup>[9]</sup>。试验采用实地种植结合长期观测的研究方法。采土样后带回试验测定,后期利用 Excel 软件处理数据。试验设在中国科学院黄土高原长武农业生态试验站模拟弃土场(2013 年 11 月布设试验,2017 年 5

月监测数据),地理坐标为 E107°41',N35°14',属暖温带半湿润大陆性季风气候,降雨季节分布不均,年均降水 584 mm,地下水位 50 m~80 m<sup>[10]</sup>。年均气温 9.1 ℃,无霜期 171 d。地带性土壤为黑垆土,母质是深厚的中壤质马兰黄土,土体疏松,通透性好,具有良好的“土壤水库”效应<sup>[11]</sup>。试验选取一片平整场地修建 247 个 1 m×1 m 小区种植植物,小区用砖块砌筑,长×宽×高为 2 m×2 m×0.8 m,将附近生土充填进小区,填土厚度为 70 cm,同时在每个小区内中央填埋 2 m 中子管,用中子仪测定土壤水分含量<sup>[12]</sup>。试验小区布置状况如图 1 所示。试验前土壤背景养分状况详见表 1。



图 1 土壤速效氮小区布局试验示意图

表 1 试验地土壤养分状况

处 理	土层/cm	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	铵态氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	硝态氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
背景值	0—10	4.50	4.86	2.76	2.75	121.22
	10—20	4.29	4.89	2.21	2.46	113.46
施有机肥	0—10	9.36	5.49	2.79	22.26	211.21
	10—20	8.12	5.37	2.39	21.32	190.81
施秸秆	0—10	6.92	6.95	2.38	14.64	158.59
	10—20	5.94	5.66	2.15	12.67	140.64

2 试验设计

植物主要是选择了在黄土高原沟壑区广泛应用

于水土保持和绿化中的常见豆科、禾本科植物。分别是:柠条、紫穗槐、白三叶、草木樨和黑麦草。各植物生长特性详见表 2。

表 2 试验植物特性

植物	特性描述
白三叶	多年生豆科草本植物,高约 30—50 cm。根系较浅,有根瘤。抗逆性强,耐践踏、恢复快,但不耐干旱。在水土保持方面有极其广泛的应用。
草木樨	二年生或一年生草本,主根深达 2 m 以下,高 50—120 cm,具有很强的耐寒、耐旱、耐酸碱和耐土壤贫瘠等性能。
紫穗槐	多年生豆科草本植物,高约 30~50 cm。直根系,有根瘤。具有抗旱抗寒、耐贫瘠、耐践踏性,再生能力很强,是良好的水土保持植物。
柠 条	豆科落叶大灌木,根系极为发达,主根入土深,株高为 40—70 cm,最高可达 2 m 左右。耐旱、耐寒、耐高温,是水土保持和固沙造林的重要树种之一,属于优良固沙和绿化荒山植物。
黑麦草	多年生禾本科植物,高约 50~100 cm,须根发达,入土浅,耐湿、抗寒,再生能力强。

植物播种设 3 种不同施肥处理方式,试验方案详见表 3。

表 3 试验方案

编号	试验处理	试验水平	重复
A	施有机肥	30 000 kg/hm <sup>2</sup>	1
B	施秸秆	9 000 kg/hm <sup>2</sup>	1
C	不施肥		1
AO	施有机肥,不种植物		1
BO	施秸秆,不种植物		1
CK	不施肥,不种植物		1

羊粪、秸秆(已粉碎)从当地农家购买。羊粪和秸秆均在种植植物前一次性施入土壤,肥料施入土壤 10—20 cm,充分与土壤混合均匀,然后将土地平整。混播植物种子按 1:1 比例播种,采用单播和混播两种方式。单播、混播方式均为条播。植物具体种植模式为:①将柠条、黑麦草、草木樨分别在 3 种不同施肥处理下单播,重复 1 次。测定土壤养分,筛选对弃土场土壤改良效果明显的植物;②选择紫穗槐与草木樨、黑麦草与白三叶在 3 种不同处理下混播,重复 1 次。测定土壤养分,筛选对弃土场土壤改良效果明显

的植物;各个小区除施肥不同外,其他外部条件均保持一致。试验测试指标为:土壤含水量、有机质、速效氮(硝态氮、铵态氮)、速效磷、速效钾。

### 3 不同施肥条件下各植物小区土壤速效氮含量

氮素是植物生长必不可少的营养元素,占植物体干质量的 0.3%~0.5%<sup>[13]</sup>。氮素是植物体内许多重要有机化合物的组分,也是遗传物质的基础,对植物生命活动以及作物产量和品质均有极其重要的作用<sup>[14]</sup>。缺少了氮会使植物生长矮小,降低产量。有研究表明,秸秆等废弃物转施用到土壤中,可以转化为生物质炭,可以提高土壤碳储存<sup>[15]</sup>。淋溶作用是土壤中氮素流失的主要途径<sup>[16]</sup>,研究表明农田土壤中氮素流失的另一个重要途径是氮的淋溶损失,施入土壤中的氮肥大约有 10%~40%经土壤的淋溶作用进入了地下水体中<sup>[17]</sup>。弃土场土壤结构差,很容易发生淋溶作用。因此,有必要研究土壤中氮素的变化趋势,有力地促进了农业生产的发展,为高速公路弃土场的表层土壤肥力提高做科学指导。

#### 3.1 不同施肥条件下植物小区土壤硝态氮含量

3.1.1 土壤 0—10 cm 层硝态氮含量 硝态氮在进入植物体后一部分还原成铵态氮,并在细胞质中进行代谢,其余部分可积累在细胞的液泡中,有时达到较高的浓度也不会对植物产生不良影响<sup>[18]</sup>。即硝态氮在植物体内的积累实际上是氮素“贮备”。这是作物营养生长期间的共性<sup>[19]</sup>。图 2 表示在不同施肥条件下,土壤 0—10 cm 层硝态氮含量。从图 2 可以看出,除柠条外其他植物土壤在施有机肥和秸秆下,土壤硝态氮含量均高于不施肥条件下含量。

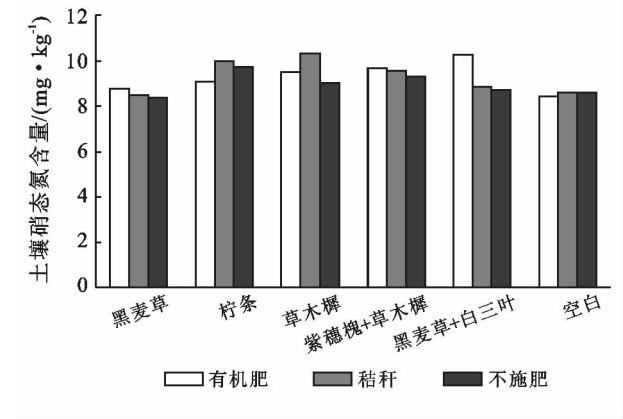


图 2 不同施肥条件下土壤 0—10 cm 硝态氮含量

在施有机肥条件下,各植物小区土壤硝态氮含量均高于对照。硝态氮含量大小顺序为:黑麦草+白三叶(10.28 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(9.68 mg/kg)

>草木樨(9.47 mg/kg)>柠条(9.06 mg/kg)>黑麦草(8.77 mg/kg)。其中,黑麦草+白三叶增幅最大,比对照(AO)增加 1.54 mg/kg,增幅为 17.62%;增幅最小的为黑麦草,比对照增加 0.03 mg/kg,增幅为 0.34%;紫穗槐+草木樨与对照相比增加 0.94 mg/kg,增幅为 10.70%;草木樨增加 0.73 mg/kg,增幅为 8.35%;柠条增加 0.32 mg/kg,增幅为 3.66%。

植物在单播模式下,土壤硝态氮平均含量为 9.10 mg/kg,比对照增加 0.36 mg/kg;混播植物土壤硝态氮平均含量为 9.98 mg/kg,比对照增加 1.24 mg/kg。在施有机肥条件下,混播植物对土壤改良效果优于单播植物。

在施秸秆条件下,各小区土壤硝态氮含量大小顺序为:草木樨(10.34 mg/kg)>柠条(9.97 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(9.54 mg/kg)>黑麦草+白三叶(8.82 mg/kg)>黑麦草(8.51 mg/kg)。其中,黑麦草与对照(BO)相比,硝态氮含量降低,减少 0.08 mg/kg,减幅为 0.87%;其余植物均比对照(BO)高,其中,草木樨涨幅最大,增加 1.76 mg/kg,增幅为 20.45%;黑麦草+白三叶增加 0.24 mg/kg,增幅最小为 2.80%;紫穗槐+草木樨增加 0.96 mg/kg,增幅为 11.13%;柠条与对照相比,增幅为 16.20%,增加了 1.39 mg/kg。

植物单播模式下,土壤硝态氮平均含量为 9.60 mg/kg,比对照增加 1.02 mg/kg;混播植物土壤硝态氮平均含量为 9.18 mg/kg,比对照增加 0.60 mg/kg。在施秸秆条件下,植物单播土壤改良效果优于植物混播。

在不施肥条件下,各小区土壤硝态氮含量大小顺序为:柠条(9.74 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(9.33 mg/kg)>草木樨(9.03 mg/kg)>黑麦草+白三叶(8.71 mg/kg)>黑麦草(8.37 mg/kg)。与对照(CK)相比,黑麦草低于减少 0.24 mg/kg,减幅为 2.79%。其余均表现为升高。其中,柠条涨幅最大,比对照提高 1.13 mg/kg,增幅为 13.12%;黑麦草+白三叶增幅最小为 1.16%,增长了 0.10 mg/kg;紫穗槐+草木樨比对照增加 0.72 mg/kg,增幅为 8.36%;草木樨与对照相比提高了 0.41 mg/kg,增幅为 4.82%。

单播植物土壤平均硝态氮含量为 9.05 mg/kg,比对照增加 0.44 mg/kg;混播植物土壤平均硝态氮含量为 9.02 mg/kg,比对照提高 0.41 mg/kg。在不施肥条件下,单播植物对土壤改良效果优于混播植物。

3.1.2 土壤 10—20 cm 层硝态氮含量 铵态氮是以铵离子(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)形态存在于土壤、植物和肥料中的氮素<sup>[20]</sup>。土壤中的铵态氮可以被土壤胶体吸附,呈交

换性铵态氮,并直接被植物吸收利用,与硝态氮同属于速效性氮素。铵离子带正电荷,容易被土壤吸附,不仅吸附在土壤表面,还可进入黏土矿物的晶体中,成为固定态铵离子。与硝态氮相比,铵态氮主要被吸附和固定在土壤胶体表面和胶体晶格中,移动性较小,容易被土壤“包存”<sup>[21]</sup>。图3表示在不同施肥条件下,在10—20 cm土层各植物小区土壤硝态氮含量。从图3可以看出,在施有机肥和秸秆条件下土壤硝态氮含量普遍高于不施肥处理。草木樨小区内土壤硝态氮含量不施肥处理高于施有机肥和施秸秆处理。整体来看,不同处理及不同植物小区土壤含量相差不大。

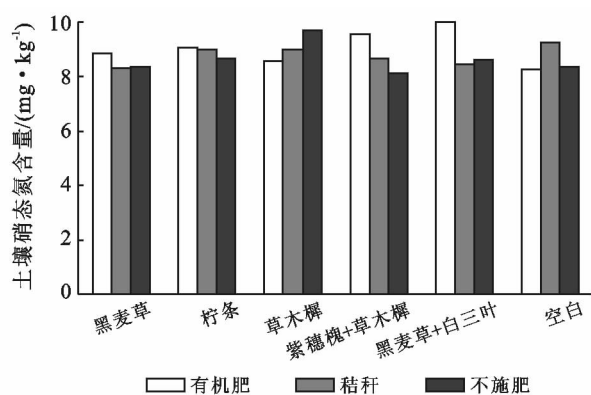


图3 不同施肥条件下土壤10—20 cm硝态氮含量

在施有机肥条件下,各小区土壤硝态氮含量均高于对照(AO)。按照含量高低排列为:黑麦草+白三叶(10.02 mg/kg) > 紫穗槐+草木樨(9.57 mg/kg) > 柠条(9.06 mg/kg) > 黑麦草(8.86 mg/kg) > 草木樨(8.55 mg/kg)。其中,黑麦草+白三叶增幅最大,比对照增加了1.51 mg/kg,增幅为17.69%;草木樨增幅最小,比对照增加了0.04 mg/kg,增幅为0.47%;紫穗槐+草木樨增加了1.06 mg/kg,增幅为12.46%;柠条增加了0.55 mg/kg,增幅为6.46%;黑麦草增加了0.35 mg/kg,增幅为4.11%。

单播植物土壤平均硝态氮含量为8.82 mg/kg,比对照增加了0.31 mg/kg;混播植物土壤平均硝态氮含量为9.80 mg/kg,比对照增加了1.29 mg/kg。混播植物对土壤改良效果优于单播植物。

在施秸秆条件下,所有小区土壤硝态氮含量均低于对照(BO)。各小区硝态氮含量排列顺序为:柠条(9.01 mg/kg) > 草木樨(9.00 mg/kg) > 紫穗槐+草木樨(8.65 mg/kg) > 黑麦草+白三叶(8.49 mg/kg) > 黑麦草(8.32 mg/kg)。其中,黑麦草与对照相比,减少最多,降低了0.96 mg/kg,减幅为10.34%;柠条降低幅度最小,比对照减少了0.28 mg/kg,减幅为

2.96%;草木樨减少0.28 mg/kg,减幅为3.02%;紫穗槐+草木樨减少0.63 mg/kg,减幅为6.79%;黑麦草+白三叶减少0.79 mg/kg,减幅为8.51%。

单播植物小区土壤平均硝态氮含量为8.78 mg/kg,比对照减少了0.50 mg/kg;混播植物小区土壤平均硝态氮含量为8.57 mg/kg,比对照减少了0.71 mg/kg。单播植物改良效果优于混播植物。

在不施肥条件下,紫穗槐+草木樨小区土壤硝态氮含量与对照(CK)相比,降低了0.23 mg/kg,减幅为2.81%。其余小区土壤硝态氮含量均高于对照,各小区硝态氮含量大小顺序为:草木樨(9.70 mg/kg) > 柠条(8.68 mg/kg) > 黑麦草+白三叶(8.64 mg/kg) > 黑麦草(8.39 mg/kg) > 紫穗槐+草木樨(8.13 mg/kg)。其中,草木樨增幅最大,比对照提高了1.34 mg/kg,增幅为16.03%;黑麦草提高了0.03 mg/kg,增幅为0.36%;柠条提高0.32 mg/kg,增幅为3.77%;黑麦草+白三叶增加了0.28 mg/kg,增幅为3.29%。

单播植物土壤平均硝态氮含量为8.92 mg/kg,比对照增加了0.56 mg/kg;混播植物小区土壤平均硝态氮含量为8.38 mg/kg,比对照增加了0.02 mg/kg。单播植物对土壤改良效果优于混播模式。

施有机肥和秸秆条件下,土壤硝态氮含量普遍高于不施肥条件下含量<sup>[19]</sup>。在10—20 cm层施秸秆条件下,各小区硝态氮含量均低于对照。除此,在施有机肥和不施肥条件下,各植物小区土壤硝态氮含量均普遍高于对照。在施秸秆和不施肥条件下,植物单播对土壤改良更占优势。

### 3.2 不同施肥条件下植物小区土壤铵态氮含量

#### 3.2.1 土壤0—10 cm层铵态氮含量

铵态氮主要被吸附和固定在土壤胶体表面和胶体晶格中,移动性较小,比较容易被土壤“保存”<sup>[22-23]</sup>。不同形态的氮在土壤中会相互转化。在适宜的温度、水分和通气条件下,在土壤微生物和酶的作用下,尿素水解为铵态氮,铵态氮氧化为硝态氮<sup>[24]</sup>。图4表示在不同施肥条件下土壤0—10 cm层,各小区土壤铵态氮含量。从图4可以看出,黑麦草+白三叶在不施肥条件下土壤铵态氮含量高于施肥条件。其余植物小区土壤在施肥条件(有机肥、秸秆)下铵态氮含量则高于不施肥条件下含量。

在施有机肥条件下,各小区土壤铵态氮含量均高于对照(AO)。其中,柠条与对照相比,增长幅度最大,增加了6.73 mg/kg;增长幅度最小的是草木樨,增加了0.14 mg/kg,增幅为4.3%;黑麦草增加了4.38 mg/kg,增幅为139.49%;紫穗槐+草木樨比对照

照增加了 4.93 mg/kg,增幅为 156.85%;黑麦草+白三叶增幅为 153.18%,比对照增加了 4.81 mg/kg。单播植物小区土壤平均铵态氮含量为 6.89 mg/kg,比对照增加了 3.75 mg/kg;混播植物小区土壤平均铵态氮含量为 8.01 mg/kg,比对照增加了 4.87 mg/kg。混播植物对土壤改良效果优于单播植物。

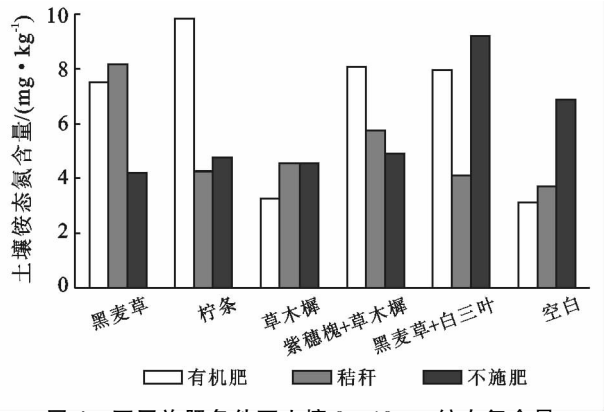


图 4 不同施肥条件下土壤 0—10 cm 铵态氮含量

在施秸秆条件下,所有小区土壤铵态氮含量均高于对照(BO)。按照含量大小顺序为:黑麦草(8.17 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(5.75 mg/kg)>草木樨(4.53 mg/kg)>柠条(4.28 mg/kg)>黑麦草+白三叶(4.09 mg/kg)。其中,黑麦草与对照相比增长量最大,增加了 4.46 mg/kg,增幅为 120.08%;紫穗槐+草木樨次之,比对照增加了 2.04 mg/kg,增幅为 54.99%;增长量最小的是黑麦草+白三叶,增加了 0.38 mg/kg,增幅为 10.11%;柠条增幅为 15.36%,比对照增加了 0.57 mg/kg;草木樨比对照增加了 0.82 mg/kg,增幅为 22.10%。

在不施肥条件下,黑麦草+白三叶小区土壤铵态氮含量高于对照(CK),比对照增加了 2.66 mg/kg,增幅为 40.53%。其余小区内土壤铵态氮含量均低于对照(CK)。与对照结果相比,黑麦草降低最大,减少了 2.34 mg/kg,减幅为 35.73%;紫穗槐+草木樨减小幅度最小,减少了 1.65 mg/kg,减幅为 25.11%;柠条减少了 1.81 mg/kg,减幅为 27.63%;草木樨减幅为 30.84%,减少了 2.02 mg/kg。

单播植物土壤铵态氮平均含量为 5.66 mg/kg,比对照增加了 1.95 mg/kg;混播植物土壤铵态氮平均含量为 4.92 mg/kg,比对照增加了 1.21 mg/kg。单播植物对土壤改良效果优于混播植物。

3.2.2 土壤 10—20 cm 层铵态氮含量 图 5 表示的是在不同施肥条件下,土壤 10—20 cm 层铵态氮含量。从图 5 可以看出,在不同的施肥条件下,各小区土壤铵态氮含量相差比较大。

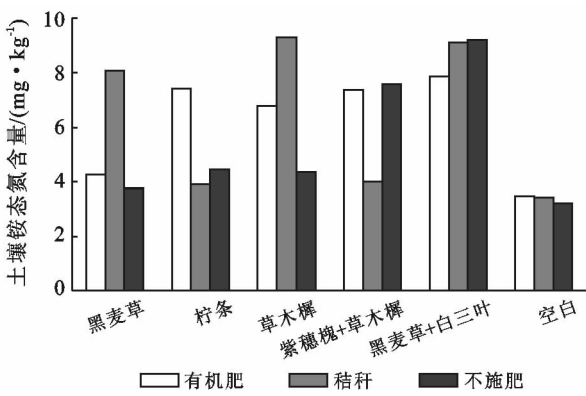


图 5 不同施肥条件下土壤 10—20 cm 铵态氮含量

在施有机肥条件下,各小区土壤铵态氮含量均高于对照(AO)。含量大小顺序为:黑麦草+白三叶(7.85 mg/kg)>柠条(7.45 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(7.37 mg/kg)>草木樨(6.78 mg/kg)>黑麦草(4.28 mg/kg)。其中,黑麦草+白三叶比对照(AO)增加最大,提高了 4.34 mg/kg,增幅为 123.65%;涨幅最小的是黑麦草,比对照增加了 0.77 mg/kg,增幅为 21.79%;柠条比对照增加了 3.94 mg/kg,增幅为 112.25%;草木樨比对照增加了 3.27 mg/kg,增幅为 93.16%;紫穗槐+草木樨与对照相比增加了 3.86 mg/kg,增幅为 109.83%。

单播植物土壤平均铵态氮含量为 6.17 mg/kg,比对照增加了 2.66 mg/kg;混播植物土壤平均铵态氮含量为 7.61 mg/kg,比对照增加了 4.10 mg/kg。混播植物改良效果优于单播植物。

在施秸秆条件下,各小区土壤铵态氮含量比对照(BO)均有所提高。其中,草木樨涨幅最大,比对照提高了 5.88 mg/kg,增幅为 170.78%;黑麦草+白三叶涨幅次之,比对照提高了 5.77 mg/kg,增幅为 167.73%;增长量最小的是柠条,比对照增加了 0.45 mg/kg,增幅为 13.08%;黑麦草比对照提高了 4.65 mg/kg,增幅为 135.17%;紫穗槐+草木樨与对照相比增长了 0.56 mg/kg,增幅为 16.13%。各小区土壤铵态氮含量大小顺序为:草木樨(9.32 mg/kg)>黑麦草+白三叶(9.21 mg/kg)>黑麦草(8.09 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(4.00 mg/kg)>柠条(3.89 mg/kg)。

单播植物土壤铵态氮平均含量为 7.10 mg/kg,比对照提高了 3.66 mg/kg;混播植物土壤铵态氮平均含量为 6.61 mg/kg,比对照提高了 3.17 mg/kg。单播植物改良效果优于混播植物。

在不施肥条件下,所有小区土壤铵态氮含量均高于对照(CK)。其中,黑麦草+白三叶增长幅度最大,比对照增加了 6.01 mg/kg,增幅为 187.81%;紫穗槐+草木樨增长幅度次之,增幅为 136.41%,比对照增

加了 4.37 mg/kg;黑麦草增长幅度最小为 18.28%, 比对照增加了 0.59 mg/kg;柠条比对照增加了 1.24 mg/kg,增幅为 38.59%;草木樨比对照增加了 1.16 mg/kg,增幅为 36.25%。铵态氮含量大小顺序列为:黑麦草+白三叶(9.21 mg/kg)>紫穗槐+草木樨(7.57 mg/kg)>柠条(4.44 mg/kg)>草木樨(4.36 mg/kg)>黑麦草(3.79 mg/kg)。

单播植物土壤铵态氮平均含量为 4.19 mg/kg, 比对照提高了 0.99 mg/kg;混播植物土壤铵态氮平均含量为 8.39 mg/kg,比对照提高了 5.19 mg/kg。在不施肥条件下,混播植物改良效果优于单播植物。

## 4 结 论

(1) 单播植物土壤平均硝态氮含量为 8.92 mg/kg,比对照增加了 0.56 mg/kg;混播植物小区土壤平均硝态氮含量为 8.38 mg/kg,比对照增加了 0.02 mg/kg。单播植物对土壤改良效果优于混播模式。

(2) 施有机肥和秸秆条件下,土壤硝态氮含量普遍高于不施肥条件下含量。在 10—20 cm 层施秸秆条件下,各小区硝态氮含量均低于对照。除此,在施有机肥和不施肥条件下,各植物小区土壤硝态氮含量均普遍高于对照。在施秸秆和不施肥条件下,植物单播对土壤改良更占优势。

(3) 单播植物土壤铵态氮平均含量为 4.49 mg/kg,比对照减少了 2.06 mg/kg;混播植物土壤铵态氮平均含量为 7.06 mg/kg,比对照增加了 0.51 mg/kg。混播植物对土壤改良效果优于植物单播。

(4) 土壤铵态氮含量在 0—20 cm 内整体来讲,施肥条件(有机肥、秸秆)下含量要高于不施肥条件下含量,除了个别几个小区外,普遍呈现这样的趋势。在施秸秆条件下 10—20 cm 层土壤中硝态氮含量相对来说要高一些。在 3 种不同施肥处理条件下,就 0—20 cm 层内土壤铵态氮含量与对照相比而言,混播植物对土壤改良效果更优于单播。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 宋海星,李生秀.玉米生长空间对根系吸收特性的影响[J].中国农业科学,2003,36(8):899-904.

[2] 张继宏,汪景宽,须湘成,等.覆膜栽培条件下有机肥对土壤氮和玉米生物量的影响[J].土壤通报,1990,21(4):162-166.

[3] 陈欣,李萍萍,章熙谷,等.苏南地区农田养分循环特征及平衡调控途径[J].生态农业研究,1997,5(3):10-14.

[4] 张桂兰,宝德俊,王英,等.长期施用化肥对作物产量和土壤性质的影响[J].土壤通报,1999,30(2):64-67.

[5] 常庆瑞.基于光谱分析的果树叶片全氮、全磷全钾含量估

测研究[J].西北农林科技大学学报 2009.37(2):141-147.

[6] 陈涛,常庆瑞,刘京,等.黄土高原南麓县域耕地土壤速效养分时空变异[J].生态学报,2013,33(2):554-564.

[7] 杨治平,周怀平,李红梅,等.旱农区秸秆还田秋施肥对春玉米产量及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2001,17(6):49-52.

[8] 谭金芳,韩燕来,介晓磊,等.轻壤质潮土氮肥基追比对小麦产量与品质的影响[J].土壤通报,2003,34(5):436-439.

[9] 罗珂.不同施肥条件下植物对矿山废弃地土壤肥力改良的研究[D].陕西 杨凌.西北农林科技大学,2016.

[10] 高照良,彭珂珊.西部地区生态修复与退耕还林还草研究[M].北京:中国文史出版社,2005.

[11] 徐斌.不同植物对黄土高原沟壑区弃土场土壤培肥效应研究[D].陕西 杨凌.西北农林科技大学,2015.

[12] 高霞.不同施肥条件下植物对弃土场土壤改良效果的研究[D].陕西 杨凌.西北农林科技大学,2014.

[13] 谢红梅,朱波,朱钟麟,等.无机与有机肥配施下紫色土铵态氮、硝态氮时空变异研究:夏玉米季[J].中国生态农业学报,2006,47(2) 103-106.

[14] 刘彦随,陈百名.中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J].地理研究,2002,21(3):324-331.

[15] 高照良,张晓萍,彭珂珊.粮食安全问题概论[M].黑龙江哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.

[16] 张慧霞,周怀平,杨振兴,等.长期施肥对旱地土壤剖面硝态氮分布和累积的影响[J].山西农业科学,2014 年(5):465-469.

[17] 樊军,郝明德,党廷辉,等.旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响[J].土壤与环境,2000,9(1):23-26.

[18] Zhang Shaoliang, Zhang Xingyi, Liu Xiaobing, et al. Spatial distribution of soil nutrient at depth in black soil of Northeast China: A case study of soil available potassium [J]. Nutriton Cycling Agroecosystem, 2013, 95(3):319.

[19] 李小英,段争虎.黄土高原土壤水分与植被相互作用研究进展[J].土壤通报,2012,43(6):1508-1059.

[20] 李文芳,杨世俊,文赤夫,等.土壤有机质的环境效应[J].环境科学动态,2004(4):31-32.

[21] 熊淑萍,姬兴杰,李春明,等.不同肥料处理对土壤铵态氮时空变化影响的研究[J].农业环境科学学报,2008,27(3):978-983.

[22] 杨治平,周怀平,张强,等.不同施肥措施对旱地玉米土壤硝态氮累积的影响[J].中国生态农业学报,2006(1):122-124.

[23] 李勇,曹红娣,邓九胜,等.小麦秸秆全量还田对土壤速效氮及水稻产量的影响[J].生态与农村环境学报,2009,25(4):46-51.

[24] 常庆瑞.土壤有机碳储量研究进展[J].土壤通报,2008.39(5):1173-1178.