

## 不同覆盖作物对马铃薯冬闲田土壤碳氮含量及酶活性的影响

王雯, 张雄, 任董董 (榆林学院, 陕西榆林 719000)

**摘要** [目的] 筛选有助于提高马铃薯冬闲田土壤碳氮含量及酶活性的适宜覆盖作物。[方法] 在马铃薯收获后设置裸地(T<sub>1</sub>)、紫花苜蓿(T<sub>2</sub>)、草木樨(T<sub>3</sub>)、冬小麦(T<sub>4</sub>)、黑麦草(T<sub>5</sub>) 5种覆盖处理, 翌年返青后测定不同处理的土壤碳氮含量及酶活性。[结果] 紫花苜蓿覆盖下的土壤 TOC、DOC、DON、TN 含量均高于其他处理, 而土壤 C/N 低于其他处理; 其土壤磷酸酶、蔗糖酶、脲酶和过氧化氢酶活性均高于其他处理。[结论] 该研究为提高马铃薯冬闲田土壤防风蚀能力提供科学依据。

**关键词** 覆盖作物; 马铃薯冬闲田; 碳氮含量; 酶活性

中图分类号 S157.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)33-0118-03

## Effects of Different Cover Crops on Soil Carbon and Nitrogen Contents and Enzyme Activity in Potato Winter Fallow Farmland

WANG Wen, ZHANG Xiong, REN Dong-dong (Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000)

**Abstract** [Objective] To select a most suitable cover crop for potato winter fallow farmland that can improve the content of soil carbon and nitrogen and enzyme activity. [Method] After harvesting potato, five coverage treatments, including bare land (T<sub>1</sub>), alfalfa (T<sub>2</sub>), grasshopper (T<sub>3</sub>), winter wheat (T<sub>4</sub>) and ryegrass (T<sub>5</sub>) were conducted. Under the different treatments, the content of soil carbon and nitrogen and enzyme activity were measured in the reviving of the next year. [Result] The content of TOC, DOC, DON and TN with alfalfa coverage was the highest than other treatments, and its soil C/N was lower than other treatments. The activities of soil phosphatase, sucrose, urease, and catalase were also the highest. [Conclusion] The study provides scientific basis for improving the capacity of wind erosion resistance of soil.

**Key words** Cover crop; Potato winter fallow farmland; Carbon and nitrogen content; Enzyme activity

榆林沙区地处毛乌素沙漠南段和黄土高原过渡地带, 属于典型的农牧交错区, 农业水资源短缺且降水分布不均。该地区冬春季节降水稀少、蒸发强烈且风大频多。马铃薯是榆林沙区主要粮食作物, 其种植面积占榆林市粮食作物种植面积的 1/3。然而, 马铃薯收获后大面积的土壤裸露, 冬春季节在风力的强劲作用下, 冬闲田土壤风蚀问题日渐严重<sup>[1]</sup>。研究表明, 华北地区, 在苜蓿、草木樨等越冬作物覆盖下, 土壤有机碳含量较裸露冬闲田增加 10.50%~18.51%<sup>[2]</sup>; 在西北风蚀区种植甘草可减轻土壤的风蚀危害, 甘草生长 1~4 年地表土壤中的有机碳含量比裸地提高近 0.62、1.11、1.34、1.75 倍, 地表的全氮含量比裸地提高近 148%、110%、76%、38%<sup>[3]</sup>; 在陇东地区, 与种植冬小麦相比, 种植苜蓿等多年生豆科牧草能显著增加土壤碳、氮量 ( $P < 0.05$ ), 且苜蓿覆盖下的土壤过氧化氢酶、脲酶、磷酸酶活性分别较冬小麦覆盖提高了 0.80%、23.32%、47.61%<sup>[4]</sup>。在华北平原, 豆科毛叶苕子覆盖下的土壤磷酸酶、蔗糖酶和脲酶活性较冬闲田土壤提高 0.31~1.10 mg/g<sup>[5]</sup>。有关农田土壤风蚀防治研究主要集中在华北、西北等地区, 而陕北沙区特别是榆林沙区的相关研究鲜见报道。鉴于此, 笔者以马铃薯冬闲田为研究对象, 采用裸地、紫花苜蓿、草木樨、冬小麦和黑麦草 5 种覆盖处理, 分析了不同覆盖作物对土壤碳氮含量以及土壤酶活性的影响, 旨在筛选出有助于提高冬闲田土壤碳氮含量及酶活性的适宜覆盖作物, 以期为提高马铃薯冬闲田土壤防风蚀能力提供科学依据。

## 1 材料与方法

## 1.1 试验地概况 试验地设置于榆林市现代农业科技示范

区, 地处榆林市城北 10 km 处 (109°43'E, 38°23'N)。

**1.2 试验方法** 试验于 2014 年 8 月至 2015 年 4 月进行, 共设置裸地 (CK)、紫花苜蓿 (中苜 1 号)、草木樨 (白花草木樨)、冬小麦 (中麦 415)、黑麦草 (冬牧 70) 5 个处理, 每个处理面积 600 m<sup>2</sup>。马铃薯收获后, 将紫花苜蓿、草木樨、冬小麦、黑麦草均匀撒播, 播种深度为 2~3 cm, 冬小麦和黑麦草的播种量为 375 kg/hm<sup>2</sup>, 草木樨和紫花苜蓿播种量为 30 kg/hm<sup>2</sup>, 在整个试验期间不施肥, 不喷施农药。翌年作物返青后 (2015 年 4 月中旬), 在每块样地按“S”形随机布设 3 个 4 m<sup>2</sup> 的样方采集 0~20 cm 土样。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 土壤碳、氮含量。** 土壤总有机碳 (TOC) 采用重铬酸钾油浴外加热容量法测定; 可溶性有机碳 (DOC) 采用 TOC 分析仪测定; 采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定可溶性总氮 (TDN) 含量; 采用紫外分光光度法测定硝态氮 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) 含量; 采用靛酚蓝比色法测定铵态氮 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N); DON 含量的计算公式为  $DON = TDN - (NH_4^+ - N + NO_3^- - N)$ ; 土壤全氮 (TN) 采用凯氏定氮法测定。

**1.3.2 土壤酶活性。** 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定; 脲酶活性采用靛酚蓝比色法测定; 蔗糖酶活性采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定; 磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定。

**1.4 数据分析** 采用 SPSS 23.0 软件进行数据处理与统计分析, Origin Pro 9.1 软件制图。

## 2 结果与分析

**2.1 不同覆盖作物对马铃薯冬闲田土壤碳氮含量的影响** 土壤碳、氮含量是评价土壤养分状况和有效性的重要指标<sup>[6]</sup>。在 0~20 cm 土层中, 土壤 TOC、DOC、DON、TN 含量的变化趋势一致, 均表现为 T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>T<sub>5</sub>>T<sub>4</sub>>T<sub>1</sub> (表 1)。T<sub>2</sub> 处理下的 TOC 含量分别较 T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 处理提高 37.5%、3.0%、

**基金项目** 榆林市科技计划项目 (2014cxy-03); 陕西省农业科技创新与攻关项目 (2015NY017)。

**作者简介** 王雯 (1982—), 女, 甘肃酒泉人, 副教授, 博士, 从事农田生态系统研究。

**收稿日期** 2018-06-27; **修回日期** 2018-10-31

17.9%、6.7%,与裸地、冬小麦处理差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理的DOC含量分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 高76.6%、9.3%、32.1%、11.3%,与裸地、冬小麦处理差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理的DON含量分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高97.1%、24.4%、43.8%、30.6%,且差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理的TN含量分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高41.3%、10.3%、13.9%、7.7%,与裸

地差异显著( $P<0.05$ )。碳氮比表现为 $T_2<T_4<T_3<T_5<T_1$ , $T_2$ 处理的C/N分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理降低8.9%、7.4%、2.7%、7.7%,且显著差异( $P<0.05$ )。这表明在不同覆盖作物下,紫花苜蓿覆盖下的TOC、DOC、DON、TN含量均高于其他处理,其土壤C/N显著低于其他处理。

表 1 不同覆盖作物对土壤碳氮含量的影响

Table 1 Effects of different cover crops on the content of carbon and nitrogen

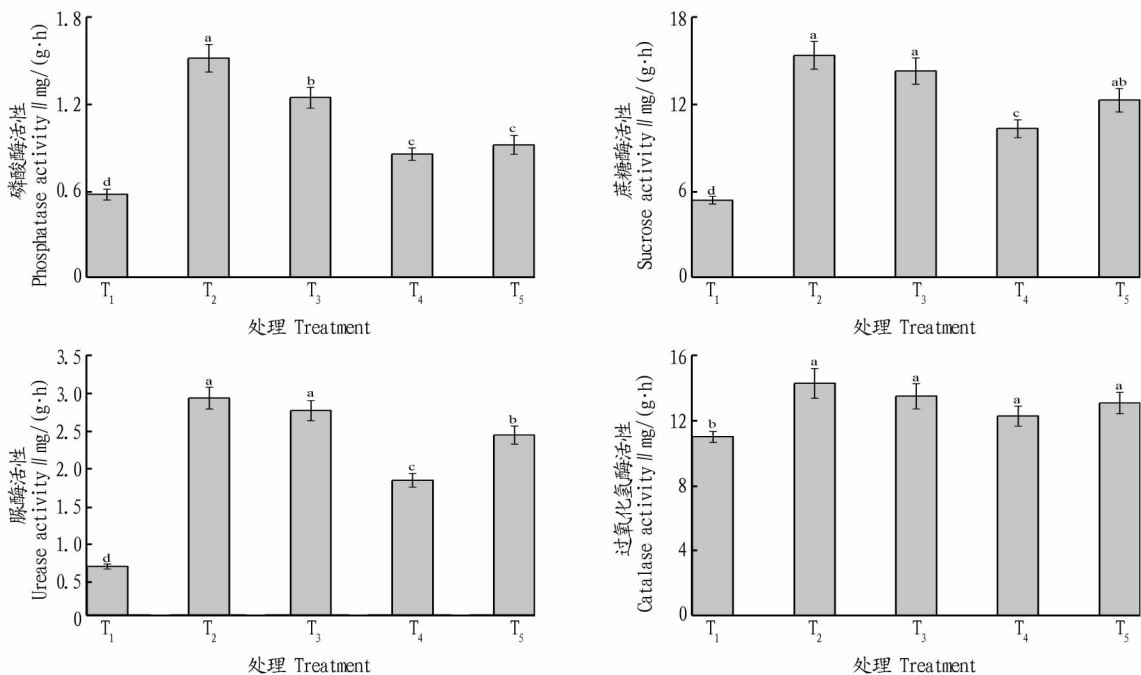
处理 Treatment	TOC g/kg	DOC mg/kg	DON mg/kg	TN g/kg	C/N
$T_1$	11.86±0.60 c	72.63±3.38 c	10.83±0.60 c	1.26±0.15 c	9.83±0.39 a
$T_2$	16.31±0.50 a	128.25±10.14 a	21.35±0.86 a	1.78±0.10 a	8.95±0.31 c
$T_3$	15.83±0.56 ab	117.36±6.74 ab	17.16±0.90 ab	1.61±0.06 b	9.66±0.64 ab
$T_4$	13.84±0.31 b	97.12±4.17 ab	14.85±0.55 b	1.56±0.12 b	9.19±0.31 b
$T_5$	15.28±0.63 ab	115.27±6.25 ab	16.34±0.46 ab	1.58±0.07 b	9.70±0.17 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.2 不同覆盖作物对马铃薯冬闲田土壤酶活性的影响 土壤酶活性是反映土壤中各种生物化学过程的强度和方向,表征土壤生态环境质量的重要指标<sup>[7]</sup>。在0~20 cm土层中,土壤磷酸酶、蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶活性的变化趋势一致,均表现为 $T_2>T_3>T_5>T_4>T_1$ (图1)。其中, $T_2$ 处理磷酸酶活性为1.52 mg/(g·h),分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高164.53%、21.98%、77.73%和65.45%,且差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理蔗糖酶活性为15.37 mg/(g·h),分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高

187.95%、7.63%、49.24%和25.31%,与裸地和冬小麦处理差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理脲酶活性为2.92 mg/(g·h),分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高349.23%、6.18%、61.33%和20.66%,与裸地、冬小麦和黑麦草处理差异显著( $P<0.05$ ); $T_2$ 处理过氧化氢酶活性为14.30 mL/(g·min),分别较 $T_1$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 处理高29.81%、5.82%、16.42%和9.22%,与裸地差异显著( $P<0.05$ )。这表明紫花苜蓿覆盖下土壤4种酶活性均高于其他处理。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

图 1 不同覆盖作物对土壤酶活性的影响

Fig. 1 Effects of different cover crops on soil enzyme activities

### 3 结论与讨论

(1) 土壤碳、氮含量是评价土壤养分状况和有效性、反映

土壤生物活性的重要指标。该研究中,紫花苜蓿覆盖处理的TOC、DOC、DON、TN含量均高于其他处理,与裸地相比能显

著增加土壤碳、氮含量( $P < 0.05$ ),草木樨次之。研究表明,草木樨和苜蓿覆盖下土壤有机质含量较冬闲田裸地高10.50%~18.51%<sup>[2]</sup>;单播牧草0~20 cm 土层土壤全氮平均含量比冬小麦地高0.044%<sup>[5]</sup>;毛苕子覆盖下土壤 TOC 含量较裸地提高20.99%,TN 含量较黑麦草(0.65 t/hm<sup>2</sup>)高18.46%<sup>[8]</sup>。这与该研究结果基本一致,可能是由于紫花苜蓿等豆科越冬作物于秋天播种,在冬季可为土壤提供覆盖保护,减少裸露土壤面积,截留雨雪,降低蒸发,降低土壤容重,提高土壤透气性能<sup>[6-7]</sup>,增强土壤保墒能力<sup>[8]</sup>。在春季,随着气温上升,地表凋落物分解后,养分逐步归还土壤<sup>[9-10]</sup>,增加土壤碳、氮储量,抑制氮素淋溶,促进土壤养分的良性循环<sup>[11]</sup>,提高土壤肥力水平。

(2) 土壤 C/N 是反映土壤中碳、氮元素均衡状况的重要指标,也是影响土壤微生物活性的重要因素。该研究中,紫花苜蓿覆盖的 C/N 分别较裸地、冬小麦和黑麦草处理低8.9%、7.7%、7.4%、2.7%,这表明紫花苜蓿覆盖下处理在一定程度上降低了马铃薯冬闲田土壤的 C/N。研究表明,土壤 C/N 的变化会引起土壤微生物活性及有机质矿化速率的改变<sup>[2]</sup>。土壤 C/N 较低,微生物底物充足,新陈代谢旺盛,分解土壤中有机的速度较快<sup>[12]</sup>,释放的矿质养分更容易被作物吸收<sup>[13]</sup>;反之,土壤 C/N 较高,表明使微生物在分解有机质的过程中底物氮受限,代谢活性不高,有机质矿化速率较慢<sup>[14]</sup>。与其他覆盖作物相比,紫花苜蓿覆盖下土壤 C/N 较低,促进土壤微生物的生长繁殖、修复土壤生态环境,有助于土壤良性循环,增加土壤活力。

(3) 土壤酶是土壤生态系统代谢活动的重要动力之一,是土壤生物化学反应的催化剂,土壤酶活性的强弱受土地利用方式和农业管理措施的影响,是评价土壤生态环境质量、反映土壤微生物活性、表征土壤养分转化能力的重要生物学指标。该研究中,紫花苜蓿覆盖的土壤磷酸酶、蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶活性均高于其他处理,这与前人研究结果基本一致。李松<sup>[4]</sup>研究显示,苜蓿覆盖处理的过氧化氢酶、脲酶、磷酸酶活性较冬小麦覆盖分别提高了0.80%、23.32%、

47.61%;魏静等<sup>[5]</sup>通过盆栽试验表明,豆科毛叶苕子覆盖下的土壤磷酸酶、蔗糖酶和脲酶活性较冬闲田土壤提高0.31~1.10 mg/(g·h),差异显著( $P < 0.05$ )。这可能是由于紫花苜蓿的根系发达、入土较深、且分布较为均匀,能够有效降低土壤容重,增加土壤孔隙度,提高土壤通透性<sup>[7]</sup>,改善土壤物理性质,促进土壤中好氧微生物的生长及繁殖<sup>[15]</sup>,进而增强土壤酶活性。综上所述,在陕北沙区,紫花苜蓿为有助于提高马铃薯冬闲田土壤碳氮含量及土壤酶活性的适宜覆盖作物,该研究可为提高马铃薯冬闲田土壤防风蚀能力提供科学依据。

## 参考文献

- [1] 赵秋,张新建,宁晓光,等. 华北农田冬绿肥覆盖的抗风蚀研究[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(8):120-124.
- [2] 赵秋,高贤彪,宁晓光,等. 华北地区几种冬闲覆盖作物碳氮蓄积及其对土壤理化性质的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(4):750-753.
- [3] 李昂,张鸣,陈映全,等. 西北风蚀区种植甘草对农田土壤质地及碳、氮含量的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(5):286-290,296.
- [4] 李松. 陇东黄绵土多年生豆科牧草地和小麦地土壤酶活性的比较研究[J]. 中国草地,1991(6):23-27.
- [5] 魏静,郭树芳,孙本华,等. 冬季覆盖作物对潮褐土土壤肥力和微生物学性状的影响[J]. 生态与农村环境学报,2018,34(5):426-432.
- [6] 周瑶,马红彬,贾希洋,等. 不同恢复措施对宁夏典型草原土壤碳氮储量的影响[J]. 草业学报,2017,26(12):236-242.
- [7] 徐宏强,汪贵斌,曹福亮,等. 生物覆盖对银杏用材林土壤酶活性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(2):21-26.
- [8] 陈广华. 作物覆盖对土壤碳、氮含量的影响[J]. 水土保持应用技术,2016(3):7-9.
- [9] 昭日格图,陆洪省,小松崎将一. 覆盖作物在农田耕作中的应用研究[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2010,25(3):296-299.
- [10] 贾举杰,李金花,王刚,等. 添加豆科植物对弃耕地土壤养分和微生物量的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2007,43(5):33-37.
- [11] BÜCHI L, WENDLING M, AMOSSÉ C, et al. Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system[J]. Agriculture, ecosystems and environment, 2018, 256:92-104.
- [12] 杜宁宁,邱莉萍,张兴昌,等. 半干旱区土地利用方式对土壤碳氮矿化的影响[J]. 干旱地区农业研究,2017,35(5):73-78.
- [13] 刘玉林,朱广宇,邓蕾,等. 黄土高原植被自然恢复和人工造林对土壤碳氮储量的影响[J]. 应用生态学报,2018,29(7):2163-2172.
- [14] 李正,刘国顺,叶协锋,等. 绿肥翻压年限对植烟土壤微生物量 C、N 和土壤 C、N 的影响[J]. 江西农业学报,2010,22(4):62-65,68.
- [15] 叶协锋,杨超,李正,等. 绿肥对植烟土壤酶活性及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(2):445-454.
- [16] 梁颀捷,林毅,朱其清,等. 福建植烟土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 中国烟草科学,2001(1):25-27.
- [17] 陈博,任艳芳,段建军,等. 贵州铜仁主要烟区植烟土壤有效态微量元素含量及评价[J]. 西北农业学报,2012,21(7):107-111.
- [18] 谢鹏飞,邓小华,何命军,等. 宁乡县植烟土壤养分丰缺状况分析[J]. 中国农学通报,2011,27(5):154-162.
- [19] 黄韩,查宏波,钱文有,等. 昭通植烟土壤养分丰缺状况及施肥对策[J]. 中国农学通报,2010,26(7):128-136.

(上接第 117 页)

- [10] 赵书军,梅东海,陈国华,等. 鄂西南植烟土壤微量元素分布及演变特点[J]. 土壤,2005,37(6):674-678.
- [11] 娄翼来,颜丽,郝长红,等. 植烟土壤有效态微量元素的空间变异及分布特征[J]. 烟草科技,2009(3):49-52.
- [12] 刘国顺,李娟,黄克久. 重庆植烟土壤有效态微量元素状况分析[J]. 烟草科技,2010(5):55-59.

## 科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072. 235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ ( $n$ 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。