

渭北旱区夏闲期豆科绿肥对土壤肥力性状的影响

赵娜¹, 赵护兵¹, 曹群虎², 鱼昌为², 孙蔚¹, 李敏¹, 曹卫东³, 高亚军^{1,4}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省长武县农业技术推广中心, 陕西 长武 713600;

3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 4. 农业部黄土高原农业资源与环境修复重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 通过长武县田间试验, 研究渭北旱区夏闲期种植并翻压大豆、长武怀豆和绿豆等短期豆科绿肥对土壤肥力和其它理化性状的影响。结果表明: 长武怀豆和绿豆的生物量显著高于大豆; 长武怀豆植株氮和钾的还田量均最高, 大豆的最低; 绿豆磷的还田量最高, 大豆最低; 长武怀豆的根瘤丰富, 含氮量显著高于大豆和绿豆。与夏季休闲处理相比, 种植并翻压绿肥可显著提高土壤有机质、全氮和速效钾含量。种植并翻压绿肥 4 周后并没有对耕层土壤 CEC 产生显著影响, 而土壤 pH 有高于休闲处理的趋势, 表层土壤容重有降低趋势; 到小麦收获后, 各处理土壤 pH 无显著差异。种植绿肥消耗了较多的土壤水分, 直到小麦收获时, 种植绿肥处理的土壤贮水量仍低于休闲处理。三种绿肥处理之间土壤性质并没有显著差异。夏闲期种植和翻压豆科绿肥是旱地培肥土壤的有效途径。

关键词: 旱地; 豆科绿肥; 土壤肥力; 理化性状

中图分类号: S344.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0124-05

我国土壤耕层有机质含量一般在 5~50 g/kg 之间, 黄土高原地区三分之二的农田其表层 (0~10 cm) 土壤有机质含量低于 10 g/kg, 另外三分之一面积的土壤有机质也只有 10~15 g/kg^[1]。其中黄土高原丘陵沟壑区以南的渭北旱区土壤有机质含量为 8~12 g/kg^[2]。土壤瘠薄与干旱少雨是限制这一地区农业生产的两个几乎同等重要的因素。水分匮乏和侵蚀严重是造成土壤肥力不足的主要原因, 有机肥投入不足和培肥不力直接影响了土壤肥力提高。种植并翻压绿肥是目前培肥土壤的一条有效途径。大量研究证明, 种植并翻压豆科绿肥不仅可显著提高土壤有机质含量^[2~4], 增加土壤氮素供应^[5~7], 还能改善土壤物理性状^[3,4,8~11]和生物学性状^[4]。

冬小麦—夏休闲是渭北旱区的主要种植制度之一。夏季休闲期正值雨热同季, 不仅由于缺乏植被覆盖而不利于土壤水分保蓄, 而且光热资源白白浪费。但夏季的降水条件并不能满足大部分地区复种一茬作物^[12], 而如果填闲种植短期豆科绿肥, 在冬小麦播种之前能提前翻压, 这不仅对于夏闲期降水和光热资源的充分利用具有重要的意义, 而且可以显著提高土壤肥力。该地区有种植豆类作物的历史, 一般用于倒茬和收获豆子, 兼有养地作用^[13~15]。但由于还田的根茬生物量有限, 因此对

土壤有机质含量的贡献并不大^[16,17]。如果将豆类作为绿肥全部翻压还田会不会有显著培肥效果呢? 本研究以当地种植的三种主要豆类绿肥为对象, 探讨种植并压青不同绿肥对旱地土壤肥力及其它理化性质的影响, 为黄土高原地区土壤培肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地位于黄土高原中南部的陕西省长武县农技中心丁家镇十里铺试验基地 (107°44'E, 35°12'N), 海拔 1 220 m, 该地区地势平坦, 属西北内陆暖温带半湿润大陆性季风气候, 四季冷暖干湿分明, 农业生产全部依赖天然降水, 年均气温 9.1℃, 无霜期 171 d。热量丰富, 年平均日照 2 226.5 h, 积温 2 994℃, 多年平均降水 584 mm, 且季节性分布不均, 多集中于夏秋季节。

试验地土壤为黄盖粘黑垆土, 母质为中壤质马兰黄土, 土层深厚, 全剖面土质均匀疏松, 通透性好, 肥力中等。田间持水量为 22.4%, 凋萎湿度 9%。耕层土壤有机质、全氮含量分别为 12.0、0.79 g/kg, 矿质氮含量为 13.74 mg/kg, pH 为 8.11, 全磷为 0.66 g/kg, 速效磷、速效钾含量分别为 24.6、161.39

收稿日期: 2010-11-17

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201103005, 200803029); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目 (NCET-08-0465); 西北农林科技大学“创新团队建设计划”项目; 现代农业产业技术体系建设专项

作者简介: 赵娜 (1984—), 女, 内蒙古临河人, 硕士生, 研究方向为肥料学。E-mail: zhaona4956@yahoo.com.cn。

通讯作者: 高亚军, E-mail: yajunqao@nwsuaf.edu.cn。

mg/kg。试验区大部分耕层土壤贫氮少磷,钾素丰富。研究区农业生产主要依赖生育期的天然降水和前期土壤蓄水,属于典型的旱作农业区,且典型的种植制度为一年一熟或两年三熟。

1.2 试验设计

试验包括2个研究因素:4种轮作方式(绿豆一冬小麦,大豆一冬小麦,长武怀豆一冬小麦,夏休闲一冬小麦)和4个施氮量[不施氮肥,当地常规施氮量(135 kg/hm^2),80%当地常规施氮量(108 kg/hm^2)和120%当地常规施氮量(162 kg/hm^2)],完全方案,共16个处理,田间排列采取裂区设计,轮作方式为主区,施氮量为副区,重复3次,副区面积 $5\text{ m}\times 6\text{ m}=30\text{ m}^2$,小区间宽 30 cm 。

于2008年6月29日播种绿肥,9月2日收获绿肥并将绿肥切碎翻压于土壤中,翻压深度 20 cm ,10月2日播种冬小麦。氮肥在冬小麦播前一次施入,同时施用 P_2O_5 120 kg/hm^2 ;绿肥种植前不施氮肥,只施用 P_2O_5 40 kg/hm^2 。

1.3 测定项目及方法

在绿肥播前、收获后、绿肥翻压4周后(即小麦播种前)及小麦收获后分别采集各处理土壤 $0\sim 200\text{ cm}$ 剖面样品, 20 cm 为一个样品,测定土壤水分及矿

质氮含量。 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样风干、研磨过筛后用于其它项目测定。矿质氮用 1M KCl 浸提—连续流动分析法测定,有机质用外加热法,全氮用凯氏法,速效钾用火焰光度法,pH用电位法,CEC用乙酸钠—火焰光度法,容重用环刀法,土壤水分用烘干法进行测定^[18]。

数据采用SAS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 绿肥生物量和植株养分含量

绿肥在盛花期收获并全部翻压还田,其生物量及养分含量见表1。从表1可以看出,长武怀豆和绿豆的生物量显著高于大豆,前两者无差异。有机碳的还田量与生物量规律一致。绿肥植株氮的还田量以长武怀豆最高,是绿豆的约2倍,是大豆的近4倍;绿肥磷的还田量则以绿豆最高,大豆最低,长武怀豆稍低于绿豆;长武怀豆钾的还田量比绿豆高15%左右,是大豆的4倍。豆科绿肥的有机碳主要来自光合作用,从增加土壤养分含量来看,长武怀豆的效果最好。这种绿肥是当地多年种植的豆类作物,根瘤丰富(图1),含氮量显著高于其他两种绿肥。

表1 不同绿肥还田生物量及养分量

Table 1 Biomass and nutrient content of green manures

项目 Item	地上部 Shoot			根系 Root			地上部+根系 Shoot+Root		
	大豆 Soybean	怀豆 Huaibean	绿豆 Mungbean	大豆 Soybean	怀豆 Huaibean	绿豆 Mungbean	大豆 Soybean	怀豆 Huaibean	绿豆 Mungbean
生物量鲜重(kg/hm^2) Fresh biomass	3379	10668	11156	359	834	551	3739	11502	11707
生物量干重(kg/hm^2) Dry biomass	642	2125	2118	93	217	175	734	2341	2293
有机碳含量(g/kg) Organic C content	435.8	418.6	406.1	415.9	416.3	416.9	—	—	—
含氮量(g/kg) N content	25.6	29.1	15.1	8.5	12.1	7.3	—	—	—
含磷量(g/kg) P content	3.71	2.80	2.99	3.4	1.9	2.7	—	—	—
含钾量(g/kg) K content	19.1	23.8	20.2	14.1	10.9	15.7	—	—	—
碳还田量(kg/hm^2) C incorporation	279.6	889.3	859.9	38.5	90.3	72.9	318.1	979.6	932.9
氮还田量(kg/hm^2) N incorporation	16.4	61.8	32.0	0.8	2.6	1.3	17.2	64.5	33.3
磷还田量(kg/hm^2) P incorporation	2.4	6.0	6.3	0.3	0.4	0.5	2.7	6.4	6.8
钾还田量(kg/hm^2) K incorporation	12.3	50.6	42.8	1.3	2.4	2.7	13.6	52.9	45.5

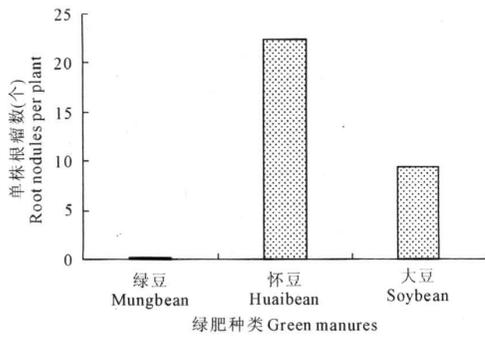


图 1 不同绿肥的单株根瘤数

Fig. 1 Number of root nodules per green manure plant

2.2 夏闲期种植绿肥对麦田土壤肥力的影响

结果表明(表 2),绿肥翻压 4 周后,土壤有机质和全氮含量即有增加的趋势,其中大豆处理的有机

质含量显著高于休闲处理,长武怀豆和绿豆处理的全氮含量显著高于休闲处理;种植绿肥与休闲处理的速效钾含量没有显著差异;种植大豆和长武怀豆的处理 0~200 cm 土壤的矿质氮累积量有高于休闲处理的趋势,但差异未达到显著水平。在小麦收获后,与夏季休闲处理相比,种植并翻压绿肥可显著提高土壤有机质和全氮含量。其中,长武怀豆处理表现最佳,有机质含量比休闲处理高 8.1%,全氮含量高 5.9%,这可能与其生物量较高、根瘤数较多有关(表 1,图 1)。与休闲处理相比,种植绿肥还可以显著提高土壤速效钾含量。虽然长武怀豆的养分理论还田量显著高于大豆和绿豆(表 1),然而,土壤养分含量测定结果表明,三种绿肥之间并没有显著差异。这可能与小麦生长季对土壤养分的吸收和消耗有关。

表 2 绿肥对土壤肥力的影响

Table 2 Effect of green manures on soil fertility

采样时间 Soil sampling time	土壤性状 Soil properties	绿肥处理 Treatments			
		休闲 Fallow	大豆 Soybean	长武怀豆 Huai bean	绿豆 Mungbean
绿肥翻压 4 周后 (即小麦播前) After 4 weeks incorporation of green manures (Before wheat sowing)	有机质 Organic matter(g/kg)	12.3±0.9 _b	13.4±0.5 _a	13.0±0.3 _{ab}	12.6±0.4 _{ab}
	全氮 Total N(g/kg)	0.79±0.02 _b	0.86±0.05 _{ab}	0.90±0.03 _a	0.90±0.01 _a
	速效钾 Available K(mg/kg)	180±8 _a	184±21 _a	175±4 _a	168±13 _a
	0~200 cm 矿质氮累积量(kg/hm ²) Mineral N accumulation in soil 0~200 cm depth	352.1±56.6 _a	410.4±85.5 _a	407.6±62.2 _a	342.5±13.5 _a
小麦收获后 After wheat harvest	有机质 Organic matter(g/kg)	12.4±0.2 _b	13.0±0.1 _a	13.4±0.3 _a	13.0±0.3 _a
	全氮 Total N(g/kg)	0.85±0.02 _b	0.87±0.03 _{ab}	0.90±0.03 _a	0.88±0.03 _{ab}
	速效钾 Available K(mg/kg)	141±3 _b	155±9 _a	151±6 _a	149±9 _a

注:不同字母表示处理之间的差异达到显著水平。

Note: Different letters indicate significant differences between treatments at 5% level.

2.3 夏闲期种植绿肥对土壤阳离子交换量、pH 和容重的影响

绿肥对难溶性物质吸收利用的能力强弱与其根系的阳离子交换量大小有关,一般离子交换量高的吸收利用能力强。结果表明(表 3),种植并翻压绿肥 4 周后(小麦播前)并没有对耕层土壤 CEC 产生显著影响。一般认为,绿肥翻压后在分解过程中,会产生较多的小分子有机酸,它们可能对土壤 pH 产生影响^[4]。然而,本研究发现,种植绿肥的耕层土壤

在绿肥翻压 4 周后(即小麦播前)pH 有高于休闲处理的趋势,其中大豆处理与休闲的 pH 差异达到显著水平;到小麦收获后,各处理的土壤 pH 差异均没有达到显著水平。土壤容重大小反映土壤结构、透气性、透水性能以及保水能力的高低。一般土壤容重越小说明土壤结构、透气透水性能越好。本研究结果表明,绿肥翻压 4 周后(小麦播前)土壤容重均有降低趋势,其中,由于长武怀豆翻压量比较大,因而容重降低也最为明显。

表 3 绿肥对土壤阳离子交换量、pH 和容重的影响

Table 3 Effect of green manures on soil CEC, pH and bulk density

绿肥种类 Type of green manure plants	休闲 Fallow	大豆 Soybean	长武怀豆 Huai bean	绿豆 Mungbean
小麦播前土壤 CEC Soil CEC before wheat sowing (cmol/kg)	20.45±0.34 _a	20.58±0.14 _a	20.57±0.06 _a	20.56±0.32 _a
小麦播前土壤 pH Soil pH before wheat sowing	7.91±0.04 _b	8.01±0.05 _a	7.99±0.06 _{ab}	7.93±0.05 _{ab}
小麦收获后土壤 pH Soil pH after wheat harvest	8.07±0.09 _a	8.12±0.06 _a	7.95±0.12 _a	8.04±0.10 _a
小麦播前表层土壤容重(g/cm ³) Soil bulk density before wheat sowing	1.27±0.12 _a	1.20±0.09 _a	1.17±0.09 _a	1.24±0.05 _a

2.4 夏闲期种植绿肥对土壤水分的影响

绿肥收获后(即翻压前)和翻压 4 周后(即小麦播前)0~200 cm 土壤剖面含水量结果表明,种植绿肥消耗了较多的土壤水分(图 2、图 3);直到小麦收获时,种植绿肥处理的土壤贮水量仍低于休闲处理,长武怀豆、大豆和绿豆处理的贮水量分别为 227.8、222.5 mm 和 219.8 mm,而休闲处理为 241.1 mm。

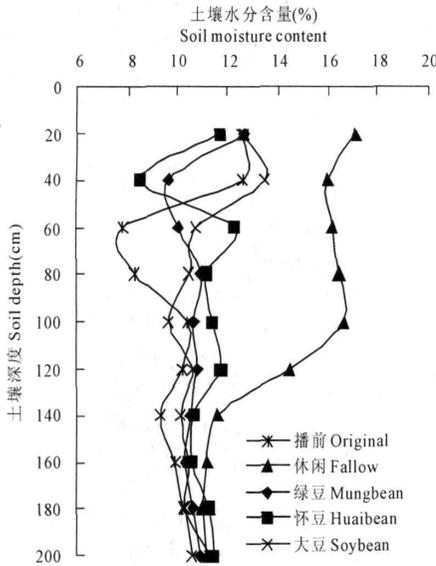


图 2 绿肥播前和收获后(翻压前)土壤水分

Fig. 2 Soil water content before sowing and after harvesting of green manure plant (before green manure incorporation)

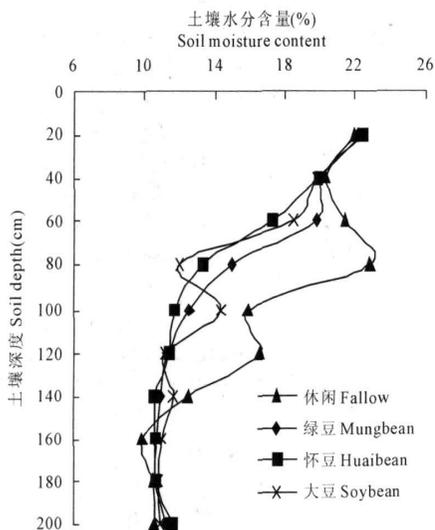


图 3 绿肥翻压 4 周后(即小麦播前)土壤水分

Fig. 3 Soil water content 4 weeks after green manure plant incorporation (before wheat sowing)

耕层土壤有机质、全氮和速效钾含量均有明显提高。这与许多报道结果一致^[2,3,5,19~23]。此外,种植绿肥与休闲处理相比明显改善了土壤肥力状况,然而三种绿肥处理土壤肥力和其它性状指标的差异均没有达到显著水平。特别是大豆,其生物量和养分还田量只有长武怀豆与绿豆的三分之一左右,然而大豆处理的土壤养分含量却与后两者相近,其原因值得探讨。

种植绿肥后土壤矿质氮含量的增加一般与豆科绿肥的固氮作用有关,其体内的氮素相当一部分来自于生物固氮^[24],豆科固氮量一般在 50~300 kg/hm²^[25];而对于土壤速效磷和速效钾含量的增加,研究者认为与绿肥通过根系吸收下层土壤中的磷和钾,在耕层翻压后释放,或者在腐解过程中释放的酸性物质等能促进耕层难溶性磷和缓效钾的释放等有关^[6,26]。大量研究结果发现,翻压绿肥后耕层土壤速效钾含量显著提高。比如,烟田种植并翻压 3 668 kg/hm² 黑麦草(干重)后,速效钾含量显著高于休闲对照^[27];果园间作并翻压绿肥 11 505~25 710 kg/hm²,土壤速效钾含量比无绿肥处理高 5.8~12.2 mg/kg^[19]。在棉田种植并翻压绿肥后对土壤速效钾含量有显著不同的效果:与不种绿肥相比,草木樨、油菜和油葵使土壤速效钾含量分别提高 15.8 mg/kg,而大豆则使土壤速效钾含量降低 13.18 mg/kg^[28]。

本研究中,绿肥翻压后各处理土壤容重均有降低趋势,其中以长武怀豆处理的土壤容重降低最明显。这与大部分报道都有一致的结论。如辽西北半干旱地区沙壤土质南国梨园间作并翻压紫花苜蓿,3 a 后土壤容重比清耕处理的低 0.12 g/cm³^[19];中低产田经过 4 a 翻压绿肥,土壤容重与对照相比降低 11%^[28];通过种植绿肥对花岗岩侵蚀劣地马尾松残林进行改造发现,马尾松残林间作印度豇豆、大叶猪屎豆和大绿豆 4 a,土壤容重比对照下降 10%左右^[29];在烟田种植并翻压一季绿肥,绿肥翻压 1 a 后土壤容重比翻压前降低 0.009~0.105 g/cm³^[4]。

种植绿肥对土壤 pH 的影响有不少报道,然而,结果不太一致。比如,马尾松残林间作豆科绿肥 4 a 后 pH 比对照增加 0.45^[29]。本研究有类似的结果。但是,在河南省的多个烟田种植并翻压一季绿肥,发现绿肥翻压 1 月后土壤 pH 比翻压前降低 0.12~0.65^[4];国外的一些试验研究也发现了相同的规律^[30,31]。还有报道指出,不同植物材料在短期腐解过程中对不同土壤 pH 的影响有差异:茶叶茎叶轻微降低酸性红壤和高 pH 盐土的 pH,对近中性的黄

3 讨论与结论

本研究结果表明,夏季种植并翻压绿肥后,麦田

棕壤的 pH 没有影响; 稻草亦显示出类似的趋势; 大豆叶可使酸性红壤和中性黄棕壤的 pH 有一定程度升高, 但使盐土的 pH 有所下降^[32]。由此可见, 种植绿肥对土壤 pH 的影响受很多因素制约, 既可能与绿肥种类有关, 还可能与土壤本身的酸碱性有关, 此外, 土壤测定的时间(与绿肥翻压后的时间长短)等也决定其效果。

本研究中, 2008~2009 年小麦生长季内降水量为 145 mm, 显著低于 50 a 同期平均降水量 (275 mm), 属于严重干旱年份。小麦播前由于种植绿肥造成的土壤剖面贮水量的显著降低再加上小麦生长期内的干旱对小麦生长和产量有非常不利的影响。因此, 如何减少夏季种植绿肥对土壤水分的过度消耗, 是保证夏季绿肥能够在渭北旱塬被广泛接受的重要基础。这方面有几个途径可以考虑: 第一, 选择耗水量较小而生物量又不少的绿肥品种; 第二, 采取留高茬免耕种植绿肥, 或者秸秆覆盖条件下种植绿肥, 从而起到保水作用; 第三, 选择生育期短而生物量又不少的绿肥品种, 可适当提前翻压, 在小麦播种之前留出较多的时间接纳降水, 尽量弥补土壤贮水的欠缺; 第四, 在干旱年份, 可通过调整播种密度适当控制绿肥生物量, 从而减少绿肥植株蒸腾耗水等等。当然, 这个问题在种植绿肥几年后可能不再是什么问题, 因为随着大量绿肥的翻压还田, 土壤有机质含量显著提高, 各种物理性状逐步改善, 保水、蓄水性显著提高, 相应地, 种植绿肥地与休闲地之间土壤水分状况的差异将越来越小。总之, 在诸如渭北旱塬这样的冬小麦一年一熟低肥力地区, 夏季种植豆科绿肥是培肥土壤、确保小麦稳产高产的有效途径。

参考文献:

[1] 卢宗凡. 中国黄土高原生态农业[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997: 235.

[2] 陕西省土壤普查办公室. 陕西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 363-393.

[3] 黄显淦, 刘文革, 冯玉宁. 果园夏绿肥绿豆压青后的养分释放[J]. 果树科学, 1996, 13(2): 109-110.

[4] 刘国顺, 罗贞宝, 王岩, 等. 绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 94-98.

[5] 王芝学, 沈欣, 张飞宇. 干旱地区果园抗旱保苗综合技术[J]. 天津农业科学, 1999, 5(4): 23-25.

[6] 钱晓刚. 绿肥的种植与利用[J]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1999: 6-11.

[7] 崔爱萍, 王年锁. 紫苜蓿[J]. 中国水土保持, 1994, (5): 26-27.

[8] 李科江, 张素芳, 贾文竹, 等. 半干旱区长期施肥对作物产量和土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(11): 21-25.

[9] 刘成先. 果园土壤管理与施肥(四)发展绿肥[J]. 北方果树, 2005, (5): 45-47.

[10] 包兴国, 邱进环, 刘生战, 等. 绿肥与氮肥配合施用对培肥地力和供肥性能的研究[J]. 土壤肥料, 1994, (2): 27-29.

[11] 吴宗兴, 慕长龙, 刘福云, 等. 岷江上游干旱河谷山杏幼林地绿肥种植研究[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 395-398.

[12] 李军, 王立祥. 渭北旱塬夏闲地开发利用研究[J]. 西北农业大学学报, 1994, 22(2): 99-102.

[13] 杨晶, 沈禹颖, 南志标, 等. 保护性耕作对黄土高原玉米-小麦-大豆轮作系统产量及表层土壤碳管理指数的影响[J]. 草业科学, 2010, 19(1): 75-82.

[14] 来璐, 郝明德, 王永功. 黄土高原旱地长期轮作与施肥土壤微生物量磷的变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 546-549.

[15] 薄建雄. 豆科植物在水土保持中的作用及意义[J]. 农业科技与信息, 2003, (3): 14.

[16] 刘恩才, 陈永祥, 肖祖荫, 等. 玉米根茬、秸秆还田的增产效应研究[J]. 土壤通报, 1998, 29(1): 11-13.

[17] Barbara C, Stefaan D N, Georges H, et al. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio) chemical composition[J]. Europ J Agronomy, 2004, 21: 161-170.

[18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[19] 李苹, 徐培智, 解开治, 等. 坡地果园间种不同绿肥的效应研究[J]. 广东农业科学, 2009, (10): 90-92.

[20] 杨华, 任宝君, 安书超, 等. 辽西北半干旱地区沙壤土质南果梨园间作绿肥试验报告[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(19): 186-201.

[21] 杨晓晖, 王葆芳, 江泽平. 乌兰布和沙漠东北缘三种豆科绿肥植物生物量和养分含量及其对土壤肥力的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1134-1138.

[22] 闫德仁, 许智, 任天忠, 等. 退化土地利用对土壤养分变化的影响[J]. 内蒙古林业科技, 1998, (2): 35-39.

[23] 刘翠花. 藏东南绿肥品种评选及抢闲填茬的肥效研究[J]. 西藏农业科技, 1998, 20(4): 40-45.

[24] Rochester I J, Peoples M B, Constable G A, et al. Fababeans and other legumes add nitrogen to irrigated cotton cropping systems[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1998, 38: 253-260.

[25] Peoples M B, Herridge D F. Nitrogen Fixation by Legumes in Tropical and Subtropical Agriculture[J]. Adv Agron, 1990, 44: 155-223.

[26] 刘荣乐, 金继运, 吴荣贵, 等. 我国北方土壤-作物系统内钾素循环特征及秸秆还田与施钾肥的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 123-132.

[27] 黄平娜, 秦道珠, 龙怀玉, 等. 绿肥还田对烟田土壤培肥和烤烟产量品质的作用[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 379-382.

[28] 奚同行, 左长清. 花岗岩侵蚀劣地马尾松残林改造途径的研究[J]. 水土保持通报, 1994, 14(5): 26-30, 40.

[29] 曾胜河, 李志云, 牛瑛. 144 团中低产田培肥改土试验总结[J]. 石河子科技, 1996, (3): 15-17.

[30] Astier M, Maass J M, Etchevers-Barra J D, et al. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol[J]. Soil & Tillage Research, 2006, 88: 153-159.

[31] Titus Nyatsanga, Pierre W H. Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity[J]. Agron J, 1973, 65: 936-940.

[32] 栾书荣, 汪晓丽, 洪岚, 等. 土壤中掺入不同植物材料对其 pH 的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2005, 26(3): 62-65.

Effects of long-term conservation tillage on soil enzyme activity of sloping dryland and its relation to soil fertility

ZHANG Jie^{1,2}, YAO Yu-qing^{1,2}, LU Jun-jie^{1,2}, CAI Dian-xiong^{2,3}, JIN Ke³, LI Jun-hong^{1,2},
DING Zhi-qiang^{1,2}, SUN Jing-ke⁴, TAN Zun-she⁵, WU Jian-feng^{1,2}, ZHANG Shao-lan¹

(1. Luoyang Academy of Agricultural Sciences, Luoyang, He'nan 471022, China;

2. Luoyang Dryland Farming Experiment Station, CAAS, Luoyang, He'nan 471022, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China;

4. Pingdingshan Collage of Technology, Pingdingshan, He'nan 467000, China;

5. Luoyang Bureau of Agricultural, Luoyang, He'nan 471000, China)

Abstract: In order to explore soil enzyme activity and its relation to soil fertility under the circumstances of long-term conservation tillage, determination and analysis were conducted of the soil enzyme activity and soil fertility after 7 year conservation tillage in sloping dryland of west Henan Province. The results showed that the activity of soil urease, catalase and invertase increased obviously under sub-soiling tillage and no-tillage, especially the enzyme activity in 0~10 cm soil layer, and the soil urease activity increased most. The correlation analysis of soil enzyme activity showed that there was a positive correlation between urease and the content of organic matter, total P, available P, available K and available N, between invertase and the content of total P and total K, and between catalase and the content of total P. It indicated that soil urease activity can be used as an index of soil fertility, while catalase may play an auxiliary function.

Keywords: soil; enzyme activity; nutrients; soil fertility; correlation analysis; conservation tillage; sloping field

(上接第 128 页)

Effect of green manure on soil fertility properties in summer fallow period in Weibei dryland

ZHAO Na¹, ZHAO Hu-bing¹, CAO Qun-hu², YU Chang-wei², SUN Wei¹,
LI Min¹, CAO Wei-dong³, GAO Ya-jun^{1,4}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Changwu Agrotechnology Extension Center, Changwu, Shaanxi 713600, China; 3. Institute of Agricultural

Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 4. Key Laboratory of Loess Plateau Agricultural Resources and Environmental Remediation of Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: An experiment was carried out in Weibei area to investigate the effect of leguminous green manure plants (soybean, Huai bean and mungbean) on soil fertility and other properties in summer fallow period. The results showed that Huai bean and mungbean had greater biomass than soybean. Huai bean contributed the most nitrogen and potassium by incorporation into soil while soybean contributed the least. Mungbean contributed the most phosphorous to soil while soybean contributed the least. Huai bean had greater root nodules and significant higher nitrogen content than mungbean and soybean. Compared to keeping summer fallow, planting and incorporating green manure plants into soil improved the content of soil organic matter, total N and available K. No remarkable differences of CEC was found between green manure treatments and summer fallow after 4 weeks of incorporation. However, the trend was showed that green manures increased soil pH and decreased soil bulk density. There was no differences of soil pH among treatments after winter wheat harvest. Green manure plants consumed much soil water during growth period. After wheat harvest, soil water storage in 0~200 cm layer with green manure treatments was still lower than that with summer fallow treatment. No significant differences of soil properties were found among three green manure treatments. Planting and incorporating leguminous green manure plants into soil in summer fallow period is an effective way to improve soil fertility in dryland.

Keywords: dryland; leguminous green manure; soil fertility; soil property