

夏闲期种植不同绿肥作物对土壤养分及冬小麦产量的影响

张 春^{1,2}, 杨万忠^{1,2}, 韩清芳^{1,2}, 王 丹^{1,2}, 张 坤^{1,2},
丁 静^{1,2}, 乔灵芝^{1,2}, 贾志宽^{1,2}

(1. 农业部西北黄土高原作物生理生态与耕作重点实验室/西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100;
2. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为探明种植绿肥作物对关中土壤肥力及冬小麦产量的影响效果, 在夏闲期种植光叶苕子 (*Vicia villosa* Rothvar)、毛叶苕子 (*Vicia villosa* Roth)、紫云英 (*Astragalus sinicus*) 和草木樨 (*Melilotus suaveolens* Ledeb.) 等四种绿肥作物, 以免耕休闲为对照, 分析了冬小麦主要生育时期的土壤速效养分动态变化及其产量效应。结果表明, 夏闲期种植绿肥的土壤速效磷、速效钾和碱解氮都有不同程度的提高, 增加量主要受绿肥的养分含量以及生物量影响。与对照相比, 种植并翻压光叶苕子、毛叶苕子、紫云英和草木樨, 均可显著提高冬小麦单位面积穗数、穗粒数和千粒重, 冬小麦依次增产 21.1% ($P < 0.05$)、24.3% ($P < 0.05$)、6.0% 和 11.6%。

关键词: 绿肥; 夏闲期; 土壤养分; 冬小麦; 产量

中图分类号: S142 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)02-0066-07

Effects on soil nutrient and yield of winter wheat of planting different green manures during summer fallow

ZHANG Chun^{1,2}, YANG Wan-zhong^{1,2}, HAN Qing-fang^{1,2}, WANG Dan^{1,2},
ZHANG Kun^{1,2}, DING Jing^{1,2}, QIAO Ling-zhi^{1,2}, JIA Zhi-kuan^{1,2}

(1. Institute of Water Saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A&F University/Key Laboratory of Crop Physi-ecology and Tillage in Northwestern loess Plateau, Minister of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to measure the effects of green manure cropping on soil fertilization and crop field in Guanzhong area, a field experiment, with bare fallow and no-tillage as control (CK), was conducted to study the effects of planting different green manures on the soil available nutrients and crop yield during summer fallow in Yangling of Shaanxi. Smooth vetch (*Vicia villosa* Rothvar), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth), milk vetch (*Astragalus sinicus*) and sweet clover (*Melilotus suaveolens* Ledeb) were chosen as the green manure treatments. The results showed that the contents of soil Available P, Available K and Hydro-N were increased by planting green manures. The degree of increase was closely correlated with the nutrient content and biomass of the green manure crop. Compared with CK, the green manure treatments significantly affected increase ear number, kernel and 1000-kernl weight of per unit area of winter wheat, with the yield increased by 21.1%, 24.3%, 6.0%, and 11.6% for the four treatments of green manure crops, respectively.

Keywords: green manure; summer fallow period; soil nutrients; winter wheat; yield

我国是利用绿肥最早和种植面积最广的国家^[1]。种植绿肥作物可以改善土壤理化性质, 为后茬作物提供养分^[2-3]。大部分绿肥为豆科作物, 可通过根瘤菌固定空气中的游离氮来增加土壤氮素。有些绿肥作物根系较为发达, 能把土壤深层不易被其他作物吸收的养分积累于体内, 并通过翻压

收稿日期: 2013-07-05
基金项目: 国家“十二五”863 课题(2013AA102902); 国家科技支撑计划课题(2012BAD09B03)、(2011BAD29B09-1-3B); 高等学校学科创新引智计划(B12007)
作者简介: 张 春(1987—), 女, 硕士研究生, 主要从事植物资源高效利用研究。E-mail: zhangchun6625@163.com。
通信作者: 韩清芳(1969—), 教授, 博士生导师, 主要从事旱区农业水分及资源高效利用研究。E-mail: hanqf88@126.com。

富集于耕作层中^[4]。大量研究表明,种植绿肥可以显著提高土壤有机质含量^[5-7]、增加土壤氮素供应^[8-10],同时还可增加土壤速效磷和速效钾含量^[11],改善土壤物理性状^[12-15];种植绿肥还能减少、阻止土壤侵蚀,保持土壤质量^[16]。作为重要的有机肥源,绿肥在培肥地力,增加粮、棉、油等作物产量,促进农牧结合等方面发挥了重大作用^[17]。

近几十年来,由于化肥的迅速发展、种植结构的调整及种植绿肥经济效益低下等原因,绿肥的种植面积大幅下降。然而,化肥的使用在有效推动作物增产的同时,其施用不当对生态环境造成了多方面的影响^[18],如土壤结构破坏、可耕性变差等^[19],这些问题已引起人类广泛关注。今后,以提高资源利用效率、培育高效优质土壤、缓减全球变化的资源节约型和环境友好型并重的两型农业是我国现代农业发展的主要方向^[20]。且随着社会的发展和人民生活水平的提高,绿色食品(无污染、安全、营养类食品)成为人类食物消费追求的目标,这就要求在农产品生产中减少(或控制)化肥、农药的使用。绿肥作物作为一种清洁、无污染、无公害、可再生的生物有机肥料^[21]受到各国农业专家的关注。

西北旱区长期以来形成了种植小麦、油菜等夏熟作物为主的夏季休闲种植制度^[22],夏闲地面积约 260 万 hm²,占耕地面积的 40%左右^[23],夏闲期长达 70~100 d^[22],此期光照强烈,雨热同期,不仅浪费光热资源,而且由于缺乏植被覆盖,大量水分由裸露地

表蒸发损失,造成降雨利用效率降低^[24-27]。因此,开发利用夏闲地可有效地缓解粮食短缺压力,缓和粮、经、饲争地矛盾,还可合理开发利用有限量的水热资源,减轻水土流失,达到社会效益、经济效益和生态效益的同步提高。本试验通过在西北半湿润区夏闲地种植不同种类绿肥作物并在冬小麦播种前翻压还田,研究其对土壤肥力及后作冬小麦产量的影响,为合理利用绿肥,提高黄土高原地区土地持续生产力提供理论参考和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在陕西省杨凌区西北农林科技大学农作试验一站。该地位于渭北平原西部的头道塬上,北纬 34°21′、东经 108°10′,海拔 454.8 m。该区属于暖温带半湿润季风气候区,年均日照时数 2 150 h,年均气温 12℃~14℃,极端最高气温 39℃~40℃,极端最低气温 -15℃~-21℃,年均降水量 580.5 mm,年均蒸发量 993 mm。春季降水偏少,干旱,雨季主要集中在 7、8、9 三个月。土壤为瘠土,土层深厚,通气良好,田间最大持水量为 21.12%,地下水埋深约 80 m。试验期间全部旱作无灌溉。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。前茬小麦收获后(绿肥播前)土壤肥力状况见表 1。试验期间绿肥生育期降雨量为 634.6 mm,冬小麦生育期降雨量为 315.2 mm。

表 1 试验地绿肥播前土壤养分
Table 1 Soil nutrients before sowing of green manure crops

土层 Soil layer /cm	养分 Nutrient						
	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total - N /(g·kg ⁻¹)	全磷 Total - P /(g·kg ⁻¹)	全钾 Total - K /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Hydro - N /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)
0~20	15.19	0.95	0.66	6.46	58.18	8.08	153.15
20~40	10.64	0.69	0.53	5.71	39.88	5.00	133.11
40~60	8.50	0.56	0.50	5.59	31.37	4.77	128.94

1.2 试验设计

试验于 2011 年 7 月—2012 年 6 月进行。于前茬冬小麦收获后,分别免耕种植光叶苕子、毛叶苕子、紫云英和草木樨(黄花)4 种不同的绿肥作物,以免耕不种植绿肥为对照,秋季翻压绿肥后种植小麦。共设 5 个处理,即处理 1:光叶苕子-冬小麦(A);处理 2:毛叶苕子-冬小麦(B);处理 3:紫云英-冬小麦(C);处理 4:草木樨(黄花)-冬小麦(D);处理 5:休闲-冬小麦(CK)。各小区面积为 74.7 m²(长 9 m×宽 8.3 m)。

绿肥播种时间为 2011 年 7 月 14 日,免耕条播,行距 60 cm,播种量分别为毛叶苕子:60 kg·hm⁻²,光叶苕子:60 kg·hm⁻²,草木樨(黄花):37.5 kg·hm⁻²,紫云英:75 kg·hm⁻²。绿肥翻压时间为 2011 年 10 月 9 日。

供试冬小麦品种为西农 979,播种时间为 2011 年 10 月 16 日,种植方式为条播,行距 20 cm,播种量为 180 kg·hm⁻²。2012 年 6 月 3 日收获小麦。冬小麦播前所有处理均施基肥,施肥量为有效磷(P₂O₅):120 kg·hm⁻²,纯氮:160 kg·hm⁻²。小麦生长期

施肥、不灌溉。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 绿肥生物量及养分含量 小麦播种前对绿肥生物量进行测定。每小区内随机选取 $1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 两个样方,分别将样方内全部植株地上部分齐地刈割称鲜重,地下部分用铁锹挖 40 cm,用清水冲洗,然后尽快用吸水纸擦干,测定地下部分鲜重。然后把绿肥样品在 $100^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ 鼓风干燥箱中烘 15 ~ 30 min 杀青灭活,降温到 65°C 烘干 8 ~ 24 h,测定干重。

烘干后的绿肥植株样品,用粉碎机粉碎后过 100 目筛,按照下列方法分别测定地上部分和地下部分的养分含量:

植株全氮:浓 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消化 - 全自动凯氏定氮法;

植株全磷:浓 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消化 - 钼锑抗比色法;

植株全钾:浓 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消化 - 火焰光度计法;

植物全碳:重铬酸钾容量 - 外加加热法。

1.3.2 土壤养分含量 测定绿肥种植前(2011 年 6 月 30 日)、冬小麦播种前(2011 年 10 月 8 日)、返青期(2012 年 3 月 12 日)、抽穗期(2012 年 4 月 20 日)和成熟后(2012 年 6 月 5 日)0 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm、40 ~ 60 cm 土层土壤养分含量。有机质用重铬酸钾容量 - 外加加热法;全 N 用全自动凯氏定氮法;全 P 用浓硫酸 - 高氯酸 - 消解 - 钼锑抗比色法;全 K 用浓硫酸 - 高氯消煮 - 火焰光度法;碱解氮用 $1.0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 水解扩散 - $20\text{ g} \cdot \text{L}^{-1} - \text{H}_3\text{BO}_3$ (pH 值 4.8)指示剂溶液吸收法;速效磷用 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (pH 值 8.5) NaHCO_3 浸提 - 钼锑抗比色法;速效钾用 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (pH 值 7.0) NH_4OAC 浸提 - 火焰光度法^[28]。

1.3.3 冬小麦产量指标

(1) 产量测定:每处理取面积为 1 m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$) 的样方,三次重复,分别测定生物产量及籽粒产量。

(2) 产量构成因素:每处理收获三个 1 m 定位行,测定穗数、穗粒数、千粒重。

1.3.4 水分利用效率

(1) 土壤含水量:采用土钻取样烘干法,分别于种植绿肥前(2011 年 6 月 30 日)、冬小麦播种前(2011 年 10 月 8 日)、越冬期(2012 年 1 月 4 日)、返青期(2012 年 3 月 12 日)、拔节期(2012 年 4 月 3 日)、抽穗期(2012 年 4 月 20 日)、灌浆期(2012 年 5 月 18 日)、成熟期(2012 年 6 月 5 日)测定土壤含水

量,测定深度 0 ~ 200 cm 土层,0 ~ 20 cm 每 10 cm 取 1 个土样,20 cm 以下每 20 cm 取 1 个土样,每处理田间 3 次重复取样。

$$W = [(M_m - M_d)/(M_d - M)] \times 100$$

式中, W 为土壤质量含水量(%); M_m 为湿土和铝盒总重(g); M_d 为干土和铝盒总重(g); M 为铝盒重(g)。

(2) 土壤贮水量:通过测定的土壤含水量进行计算。

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \cdot D_i \cdot H_i \times 10/100$$

式中, W 为土壤贮水量(mm); W_i 为土壤质量含水量(%); D_i 为土壤容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$); H_i 为分层取样深度(cm); n 为取样层数, i 取值为 1 ~ n 。

(3) 土壤耗水量:利用公式计算。

$$ET_a = W_1 - W_2 + P$$

式中, ET_a 为土壤耗水量(mm); W_1 为土壤播前贮水量(mm); W_2 为土壤收获后贮水量(mm); P 为生育期有效降水量(mm)(有效降雨量按照 $\geq 5\text{ mm}$ 计算),土壤贮水量和耗水量均以 0 ~ 200 cm 土层土壤含水量计算。

水分利用效率: $WUE = Y/ET_a$,式中: WUE 为水分利用效率($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$); Y 为作物籽粒产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

1.4 数据处理与分析

数据、图表处理采用 Excel 2003,统计分析用 DPS v7.05 处理软件进行样本方差分析及 Duncan's 新复极差检验。

2 结果与分析

2.1 不同绿肥生物量及养分含量比较

光叶苕子和毛叶苕子的地上部生物量均显著高于紫云英和草木樨,草木樨显著高于紫云英(表 2)。根系生物量鲜重光叶苕子、毛叶苕子和草木樨显著高于紫云英,前三者无差异,而草木樨干重显著高于其他,光叶苕子和毛叶苕子仍无差异。光叶苕子、毛叶苕子、紫云英和草木樨的地上和地下部分的总干生物量分别为 2 484、2 391、410、1 700 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

四种绿肥作物地上和地下部分的总养分供应量(% ,干基)各有不同。地上部和根系的全氮含量高低顺序为:毛叶苕子 > 光叶苕子 > 草木樨 > 紫云英;光叶苕子和毛叶苕子地上部和根系的全磷含量显著($P < 0.05$)高于紫云英和草木樨;四种绿肥的全钾含量地上部和根系差异都显著($P < 0.05$),地上部顺序为光叶苕子 > 毛叶苕子 > 紫云英 > 草木樨,根

系为紫云英>毛叶苕子>光叶苕子>草木樨。

四种绿肥在小麦播种前全部翻压还田,其单位面积的养分含量差异较明显(表 2)。四种绿肥单位面积全量养分地上部与根系的总量均差异显著(P

<0.05),其中全碳、全磷、全钾表现为光叶苕子>毛叶苕子>草木樨>紫云英,全氮表现为毛叶苕子>光叶苕子>草木樨>紫云英。

表 2 不同绿肥生物量及总养分供应量

Table 2 The biomass and the supply of nutrients of green manures

项目 Item	地上部 Shoot				根系 Root			
	光叶苕子 Smooth vetch	毛叶苕子 Hairy vetch	紫云英 Milk vetch	草木樨 Sweet clover	光叶苕子 Smooth vetch	毛叶苕子 Hairy vetch	紫云英 Milk vetch	草木樨 Sweet clover
鲜重 Fresh biomass /(kg·hm ⁻²)	13053a	12583a	1462c	5978b	1619a	1723a	731b	2062a
干重 Dry biomass/(kg·hm ⁻²)	2285a	2177a	336c	1235b	200b	213b	74c	465a
全碳 Total - C	(%,干基)	39.76ab	40.56a	36.97c	39.36b	39.16a	39.63a	36.51b
	(kg·hm ⁻²)	908.44a	882.89b	124.21d	486.06c	78.33c	84.42b	27.02d
全氮 Total - N	(%,干基)	3.16b	3.34a	1.21c	3.12b	2.54b	2.66a	1.67d
	(kg·hm ⁻²)	72.11a	72.76a	4.06c	38.54b	5.08c	5.68b	1.23d
全磷 Total - P	(%,干基)	0.87a	0.49c	0.69b	0.50c	0.75a	0.33c	0.66b
	(kg·hm ⁻²)	19.97a	10.63b	2.32d	6.13c	1.50a	0.70b	0.49c
全钾 Total - K	(%,干基)	2.87a	2.60b	2.25c	1.63d	1.95c	2.12b	2.53a
	(kg·hm ⁻²)	65.69a	56.53b	7.57d	20.18c	3.91c	4.52a	1.87d

注:同行不同字母表示不同处理差异显著(P <0.05)。

Note: Different letters of different treatment in the same line indicate significant differences (P <0.05).

2.2 种植绿肥对冬小麦土壤速效养分的影响

2.2.1 不同时期土壤速效磷含量的变化 种植绿肥后(小麦播种前)0~60 cm 土层土壤速效磷含量与对照相比都显著提高(图 1),处理 A、B、C、D 分别提高了 129.05%、57.55%、142.99%、36.30%。与

种植绿肥前相比,处理 A、B、C 速效磷含量分别提高了 84.65% (P <0.05)、5.42%、45.13% (P <0.05),处理 D 降低不明显,而对照较基础也显著降低 32.90% (P <0.05),说明麦田夏闲期裸地免耕会降低土壤磷的有效性。

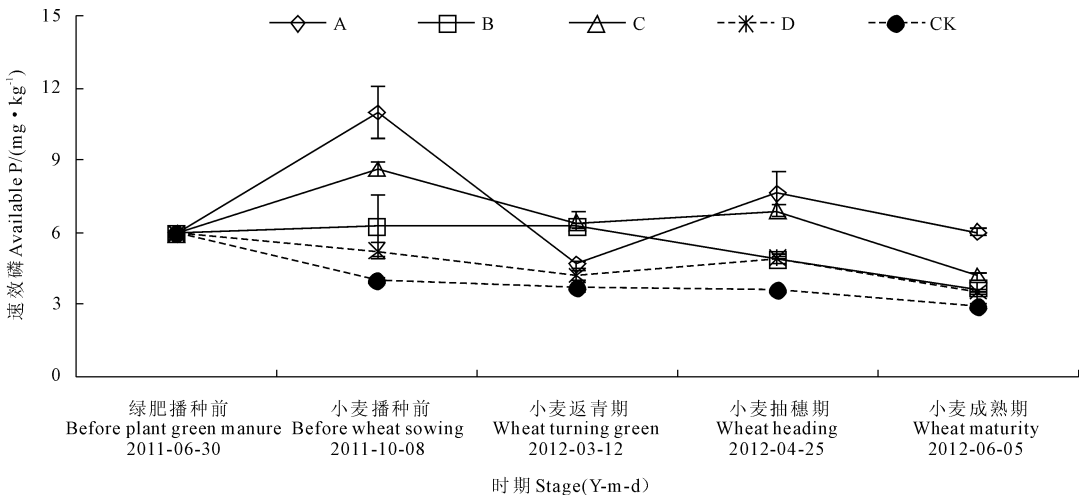


图 1 不同时期 0~60 cm 土层土壤速效磷含量

Fig.1 The available P in 0~60 cm soil layer at different growth stages

注:A—光叶苕子;B—毛叶苕子;C—紫云英;D—草木樨,下同。

Note: A—Smooth Vetch; B—Hairy Vetch; C—Milk Vetch; D—Sweet Clover. The follows are the same.

小麦播种前一返青期一抽穗期一收获后,各处理 0~60 cm 土壤速效磷含量变化趋势不同。处理 A、C 和 D 呈现降低一升高一降低的趋势,B 呈现升高一降低一降低的趋势,而 CK 则随着小麦的生长

一直降低。小麦各生长阶段各种植绿肥处理 0 ~ 60 cm 速效磷含量均显著 ($P < 0.01$) 高于对照。返青期, 0 ~ 60 cm 土层, 处理 D 显著低于 ($P < 0.05$) 其他绿肥处理, 处理 B、C 无差异, 处理 C 最高, 处理 A、B、C、D 速效磷分别较对照提高了 25.50%、68.53%、72.53%、13.51%。抽穗期, 0 ~ 60 cm 土层, 处理 A 和 C 显著 ($P < 0.05$) 高于其他处理, 且 A 显著高于 C, 种植绿肥各处理 A、B、C、D 较对照的增幅分别为 111.36%、35.10%、92.32%、37.68%。到成熟期, 各

处理速效磷含量都有所降低, 0 ~ 60 cm 土层, 速效磷含量顺序为 $A > C > B > D > CK$, 处理 A 显著 ($P < 0.05$) 高于其他处理, 处理 B 与 D 无显著差异。

2.2.2 不同时期土壤速效钾含量的变化 各种植绿肥处理 0 ~ 60 cm 土层土壤速效钾含量在冬小麦生长的主要生育期变化趋势不同, 光叶苕子、紫云英和 CK 在返青期后开始一直降低, 毛叶苕子和草木樨在返青期升高然后降低(图 2)。

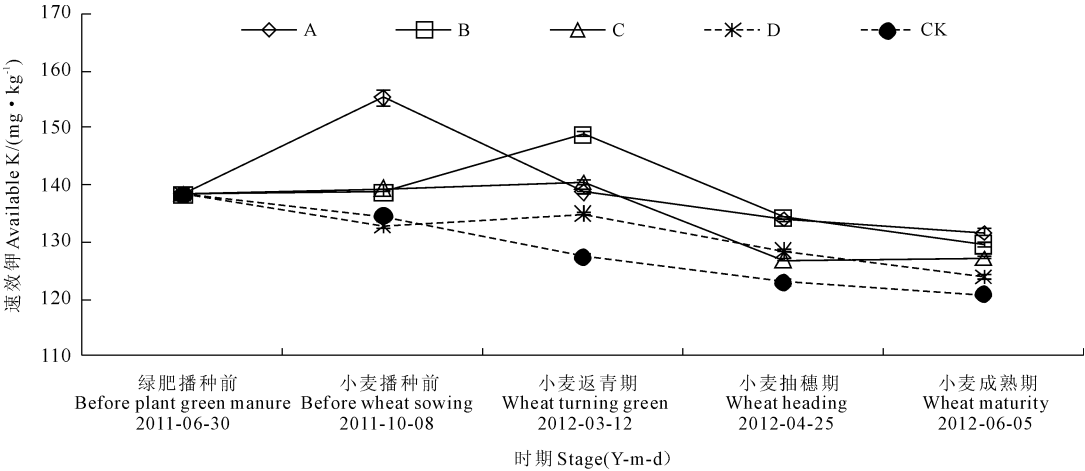


图 2 不同时期 0 ~ 60 cm 土层土壤速效钾含量

Fig.2 The available K in 0 ~ 60 cm soil layer at different growth stages

在小麦播种期, 0 ~ 60 cm 土层土壤速效钾含量处理 A、B、C 显著高于对照 15.31%、3.00%、3.58% ($P < 0.05$), D 与对照差异不明显。与种植绿肥前相比, 处理 A、C 显著增加, 处理 D 和对照 0 ~ 60 cm 土层土壤速效钾含量显著降低, 处理 B 变化不显著。返青期, 处理 B 速效钾含量较播前升高且显著 ($P < 0.05$) 高于其他各处理, 各绿肥处理间均差异显著 ($P < 0.05$), 处理 A、B、C、D 分别高于对照 ($P < 0.05$) 16.81%、10.09%、8.63%、5.80%。进入抽穗期, 各处理速效钾含量均下降, 种植绿肥处理仍显著高于对照, 处理 A 与 B 差异不明显且显著高于 C、D, 处理 D 显著高于 C, 0 ~ 60 cm 土层土壤速效钾含量顺序为 $B > A > D > C > CK$ 。收获后, 各处理间速效钾含量差异均显著 ($P < 0.05$), 且绿肥处理 A、B、C、D 分别显著高于对照 8.96%、7.24%、5.23%、2.55%。

2.2.3 不同时期土壤碱解氮含量的变化 各处理在小麦生长期土壤碱解氮含量处理 C、D 呈现降低—升高—降低的趋势, 处理 B 和 CK 则一直降低, 而 A 先降低在成熟期略升高(图 3)。无论种植绿肥还是休闲处理, 小麦播前 0 ~ 60 cm 土层土壤碱解氮

含量都显著高于种植绿肥前 ($P < 0.05$), 种植绿肥处理土壤碱解氮含量均高于对照, 其中处理 A、C、D 均显著高于对照 ($P < 0.05$), 处理 B 与对照差异不显著; 返青期, 种植绿肥处理 A、B、C、D 的土壤碱解氮含量分别高于对照 17.41%、27.70%、7.64%、3.69%, 除 D 外均与对照差异显著; 抽穗期, 处理 A 与 B 碱解氮含量迅速下降, 二者与对照差异不明显, C 和 D 显著高于对照 16.44%、7.95% ($P < 0.05$)。小麦成熟后, 种植绿肥处理分别显著高于对照 13.09%、6.74%、11.36%、6.67% ($P < 0.05$)。

2.3 不同绿肥对冬小麦产量和水分利用效率的影响

不同绿肥处理通过影响土壤的水分和养分, 进而影响冬小麦的产量及其构成因素。从表 3 可以看出, 绿肥处理的穗数、穗粒数、千粒重均显著 ($P < 0.05$) 高于对照, 其中穗数和穗粒数不同绿肥处理之间差异不明显, 处理 A、B、D 的千粒重显著高于 C。处理 A、B、C、D 的穗数分别较对照提高了 39.6%、51.9%、30.5%、33.2%, 穗粒数提高了 37.1%、37.4%、36.9%、27.6%, 千粒重提高了 3.8% ~ 10.9%。穗数、穗粒数、千粒重均以处理 B 最优。

处理 A、B 的小麦生物产量分别显著高于对照

23.9%、30.7% ($P < 0.05$), C、D 与对照差异不明显, 其中处理 B 较处理 C 显著提高 25.3%, 其他处理间无明显差异。各处理的经济产量高低顺序为 $B > A > D > C > CK$, 处理 A、B、C、D 较对照的增幅分别为 21.1% ($P < 0.05$)、24.3% ($P < 0.05$)、6.0%、11.6%, 处理 A、B 显著高于 C。

各种植绿肥处理冬小麦水分利用效率的变化规律与冬小麦经济产量一致, 处理 A、B、C、D 的水分利用效率分别高于对照 15.73%、20.23%、3.25%、6.53%, 处理 A、B 显著高于处理 C 和对照 ($P < 0.05$), 处理 D、C 与对照差异不显著。

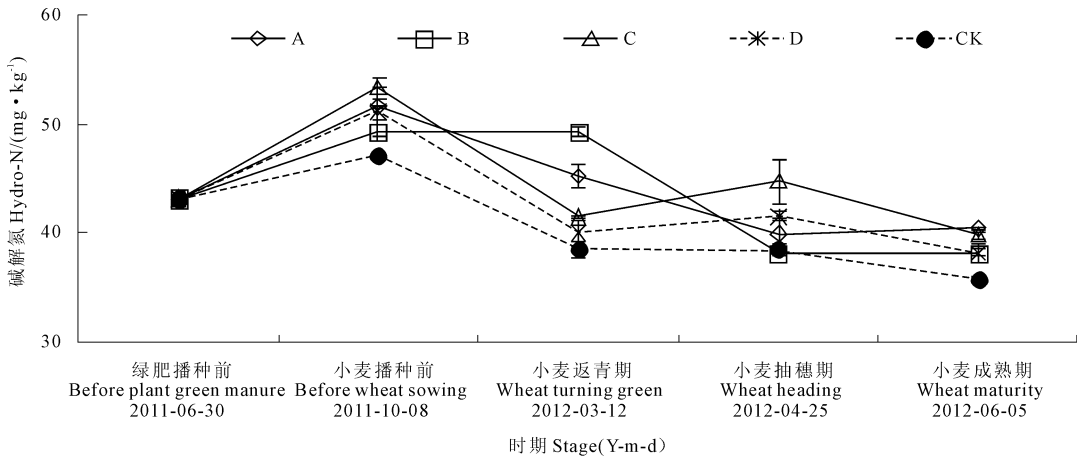


图 3 不同时期 0~60 cm 土层土壤碱解氮含量

Fig.3 The hydro - N in 0~60 cm soil layer at different growth stages

表 3 不同绿肥处理对冬小麦产量的影响

Table 3 The influence of different green manure on yield of winter wheat

处理 Treatment	穗数 Ear number ($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数 Kernel (No. $\cdot \text{spike}^{-1}$)	千粒重 1000-kernl Weight/g	生物产量 Biomass /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	经济产量 Grain yield /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	水分利用效率 Water use efficiency /($\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)
A	440.3a	35.6a	44.28a	11750.6ab	5513.6ab	13.86ab
B	479.1a	35.7a	44.55a	12390.6a	5660.3a	14.40a
C	411.6a	35.6a	41.68b	9890.5bc	4826.9c	12.37c
D	420.0a	33.2a	43.78a	10580.5abc	5080.3bc	12.76bc
CK	315.4b	26.0b	40.16c	9483.8c	4553.6c	11.98c

注:同列不同字母表示不同处理差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different letters of different treatment in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论与结论

3.1 不同绿肥对土壤肥力的影响

绿肥作物翻压施入土壤后,能直接增加土壤养分。由于绿肥品种、栽培条件和取样时间不同,绿肥体内的氮磷钾含量变化幅度很大^[29],因此对土壤肥力的影响也截然不同。已有研究表明,绿肥对土壤肥力的影响与绿肥翻压的生物量有关,一般翻压入土的生物量越大,培肥效果越好^[30-31]。罗贞宝研究指出,若绿肥翻压的生物量较小,则起不到改良土壤及为后茬作物提供养分的作用^[32]。刘国顺等的研究表明^[9],种植黑麦、大麦、黑麦草和油菜翻压后土壤的有机质增加了 0.08%~0.1%,并且其含量随着绿肥翻压量的增加而增加,其中油菜翻压时生

物量干重为 2 400 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,翻压后土壤有机质含量增加了 0.02%;翻压时生物量干重为 4 280 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,有机质含量增加了 0.16%。因此在干旱地区选用绿肥首先应考虑耗水较少且生物量较大的种类和品种。
张硕等(2010)的研究显示^[33],翻耕紫云英后土壤有机质和碱解氮含量较对照和种植前有极显著增加,有效磷含量也显著增加,但速效钾含量差异不显著。已有学者研究了绿肥作物还田后后茬作物主要生育期土壤养分的动态变化^[34-35],不同的研究中土壤养分的变化规律不同。
本研究中,不同绿肥在翻压时和冬小麦生长的不同时期对土壤养分的影响不同,这主要取决于绿肥品种和生物量的差别,还可能与不同绿肥翻入土

壤后的腐解规律有关。整体来看,本试验选用的四种绿肥,光叶苕子对土壤的速效养分以及有机质、全氮、全磷都有较大的提高;毛叶苕子可以明显增加的土壤速钾、碱解氮和有机质的含量;紫云英对土壤速磷和碱解氮的含量影响较大;草木樨能够明显地提高土壤氮含量。随着小麦的生长,与其他几种绿肥相比,紫云英对土壤养分的影响逐渐减弱。分析原因主要是光叶苕子、毛叶苕子和草木樨生物量都较大,翻入土壤后的腐解时间和转化周期长,在小麦生长的后期仍可为其提供所需养分;而紫云英生物量较小,在土壤中转化较快,前期对小麦的生长影响较明显,随后逐渐减弱。因此,可以通过分析土壤的肥力状况以及后茬作物所需养分的差异,选用适合的绿肥品种。

3.2 不同绿肥对冬小麦产量的影响

研究表明,种植绿肥可以提高后茬作物产量^[36-37]。王晓军(2011)的研究表明,种植毛苕子、豌豆和荷兰豆翻压后,小麦产量构成因素明显改善;与对照相比,小麦有效穗数增加 21 ~ 33 万穗·hm⁻²,穗粒数增加 4.8 ~ 8.3 粒·穗⁻¹,千粒重提高 3.2 ~ 5.5 g,各种植绿肥处理小麦产量明显提高^[38]。朱军(2008)的研究显示,免耕小麦不同生育时期套种草木樨后小麦产量构成因子明显增加,与 CK 相比,小麦有效穗数增加 2.4 ~ 5.2 万穗·hm⁻²,穗粒数增加 3 ~ 8 粒·穗⁻¹,小麦千粒重提高 2.1 ~ 6.1 g,增产 11.1% ~ 24.7%^[39]。

本研究结果显示,夏闲期种植四种绿肥均可显著提高冬小麦的穗数、穗粒数和千粒重,较对照分别增加为 30.5% ~ 51.9%(96.1 ~ 163.6 万穗·hm⁻²)、27.6% ~ 37.4%(7.2 ~ 9.7 粒·穗⁻¹)、3.8% ~ 10.9%(1.5 ~ 4.4 g);冬小麦产量也有不同程度的提高,其中光叶苕子和毛叶苕子增产较明显,而紫云英和草木樨与对照相比差异不大。综合考虑四种绿肥对土壤养分及冬小麦产量的影响,光叶苕子处理对土壤不同养分含量的影响优于其他品种,毛叶苕子处理冬小麦产量最高。因此,在本试验区域,夏闲期种植绿肥以光叶苕子和毛叶苕子的培肥地力和冬小麦增产效果最优,草木樨次之。

参 考 文 献:

[1] 王福杰,舒彩霞,黄海东.绿肥机械化翻青技术研究现状与趋势[J].农机化研究,2010,32(6):229-232.
[2] 窦 菲,刘忠宽,秦文利,等.绿肥在现代农业中的作用分析[J].河北农业科学,2009,13(8):37-38,51.
[3] Cherr C M, Scholbery J M S, McSorley R. Green manure approaches

to crop production: A Synthesis[J]. Agronomy Journal, 2006,98(2): 302-319.
[4] 王秀芝.绿肥对土壤的培肥改土作用和合理利用技术[J].安徽农学通报,2005,11(6):92,89.
[5] 高菊生,曹卫东,李冬初,等.长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响[J].生态学报,2011,31(16):4542-4548.
[6] 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.
[7] 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.
[8] 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.
[9] 卢 萍,单玉华,杨林章,等.绿肥轮作还田对稻田土壤溶液氮素变化及水稻产量的影响[J].土壤,2006,38(3):270-275.
[10] 崔爱萍,王年锁.紫苜蓿[J].中国水土保持,1994,(5):26-27.
[11] 俞益武,徐秋芳.天然林改为经济林后土壤微生物量的变化[J].水土保持学报,2003,17(5):110-113.
[12] 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.
[13] 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.
[14] 包兴国,邱进怀,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.
[15] 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.
[16] 刘爱琴,马祥庆,何智英.炼山后间种绿肥对杉木林退化地的改良效果[J].浙江林学院学报,1999,16(4):369-374.
[17] 焦 彬.论我国绿肥的历史演变及其应用[J].中国农史,1984,(1):54-57.
[18] 赖 力,黄贤金,王 辉,等.中国化肥施用的环境成本估算[J].土壤学报,2009,46(1):63-69.
[19] 孙 颖,赵晓会,和文祥,等.绿肥对土壤酶活性的影响[J].西北农业学报,2011,20(3):115-119.
[20] 赵 娜,赵护兵,曹卫东,等.陕西省绿肥生产的发展前景初探[J].陕西农业科学,2011,(1):100-102,129.
[21] 曹卫东,黄鸿翔.关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J].中国土壤与肥料,2009,(4):1-3.
[22] 李 军,王立祥,蒋 骏.西北黄土高原夏闲期农业气候资源状况及其评价[J].干旱地区农业研究,1992:9-14.
[23] 李 军,王立祥.西北黄土高原夏闲地开发可行性决策咨询系统[J].干旱地区农业研究,1994,12(2):56-62.
[24] Zhao X Z, Li F M, Mo F, et al. Integrated conservation solutions for the endangered loess plateau of northwest China[J]. Pakistan Journal Botany, 2012,44(5):77-83.
[25] Zhu X Z, Stewart B A, Fu X J. Double cropping wheat and corn in a sub-humid region of China[J]. Field Crops Research, 1994,36:175-183.
[26] 宋孝玉,刘贤赵,沈 冰,等.陕西渭北旱塬种植业结构调整的水资源问题及对策[J].干旱区地理,2004,27(2):199-201.

