

不同耕作措施对苕子养分吸收及土壤理化性状的影响

张祥明¹, 左庆², 郭熙盛¹, 武际¹, 李胜群²

(1. 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽合肥 230031; 2. 安徽省凤台县水稻原种场, 安徽凤台 246100)

摘要 [目的] 针对砂姜黑土区绿肥恢复和发展存在的问题, 研究免耕和翻耕不同耕作方式对苕子生长、养分吸收特性和土壤理化性状的影响, 旨在为苕子简化栽培技术提供科学依据。[方法] 通过2年定位试验, 研究砂姜黑土水旱轮作不同耕作措施对苕子产量、养分吸收量及土壤理化性状的影响。[结果] 翻耕利于苕子的生长, 促进氮磷钾养分的累积。翻耕处理返青期、现蕾期和开花结荚期2年平均鲜草产量分别较免耕处理增产3.89%、5.34%和4.23%, 差异不显著; 免耕和翻耕对不同时期苕子养分含量差异较小, 但各期对氮、磷、钾的累积吸收量有一定的差异, 开花结荚期翻耕处理比免耕处理分别提高10.17%~11.90%、10.84%~16.60%和3.99%~14.05%。翻耕处理的土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾含量均高于免耕处理, 且存在一定的年际间差异, 但不同年份不同处理差异都较小。[结论] 在砂姜黑土利用冬闲田免耕栽培苕子是适合大力推广的模式。

关键词 不同耕作方式; 苕子; 鲜草产量; 养分吸收; 土壤肥力

中图分类号 S344.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)32-244-04

Influence of Different Tillage Measures on Vetch Nutrient Uptake and Soil Physicochemical Properties

ZHANG Xiang-ming¹, Zuo Qing², GUO Xi-sheng¹ et al (1. Soil and Fertilizer Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031; 2. Fengtai County Rice Seed Farm, Fengtai, Anhui 246100)

Abstract [Objective] Aiming at problems existed in green manure recovery and development in Shajiang black soil region, the effects of different tillage measures of no tillage and tillage on vetch growth, nutrient uptake characteristics and physical and chemical properties were studied to provide scientific basis for vetch simplified cultivation techniques. [Method] Through 2 years positioning test, the effects of different tillage measures of Shajiang black soil and paddy upland rotation on vetch yield, nutrient absorption and soil physical and chemical properties were studied. [Result] Turn tillage could promote the growth of vetch and the nitrogen, phosphorus and potassium nutrient accumulation. In reviving stage, squaring stage and flowering and fruiting period, 2 years average yield of fresh grass of turn tillage increased by 3.89%, 5.34% and 4.23% compared with no tillage treatment, and the difference wasn't significant. Differences of no tillage and tillage in different periods on nutrient content were smaller, but nitrogen, phosphorus and potassium uptake and accumulation amount was different among the periods. In flowering and fruiting period, they were increased by 10.17%–11.90%, 10.84%–16.60% and 3.99%–14.05% compared with no tillage treatments. Total nitrogen, alkaline hydrolysis nitrogen, available phosphorus and available potassium content of processing treatments were higher than those in no tillage treatment, and there were some interannual differences, but the differences were small. [Conclusion] Shajiang black soil in the winter fallow field No tillage cultivation of vetch is the suitable mode which should be vigorously promoted in rice fallow fields of Shajiang black soil.

Key words Tillage; Common vetch; Forage yield; Nnutrient uptake; Soil fertility

绿肥在我国有着悠久的历史, 其栽培面积、分布区域都堪称世界之最, 曾对我国农业做出巨大贡献^[1]。然而, 在过去较长的一段时间内, 绿肥研究大大萎缩, 绿肥播种面积迅速滑坡。许多研究表明, 绿肥能够改善土壤团粒结构和土壤通透性, 有效降低土壤容重, 增加土壤渗透系数和总孔隙率, 增加土壤中各项养分含量^[2-5]。但是, 发展绿肥存在着与粮食争地、直接经济效益低、费工费时等一系列问题而直接影响绿肥恢复和发展^[6-7]。苕子为豆科(Laguminosae)野豌豆属(*Vicia*)一年生或越年生蔓生草本, 是一种重要的绿肥和饲草作物^[1]。由于化肥的大量使用以及人们对有机肥料的忽视, 近年来人们重新恢复了对绿肥的种植。苕子作为沿淮地区重要的优良绿肥也引起人们的关注。砂姜黑土区水旱轮作区冬季有一定量的冬闲田^[8]。冬闲田免耕栽培绿肥, 既可充分利用农田资源, 提高单位面积的复种指数, 又可减少劳力和物力的投入, 提高经济效益。这是恢复和发展绿肥的重要措施。目前, 不同氮磷钾用量、不同品种等对绿肥养分吸收规律有大量的研究^[9-11], 但是对绿肥不同耕作措施差异性的研究较少。针对在淮北砂姜黑土区绿肥恢复和发展中存

在的问题, 通过田间试验, 笔者研究了免耕和翻耕不同耕作方式对苕子生长、养分吸收特性和土壤理化性状的影响, 旨在为苕子简化栽培技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区基本概况 试验在安徽省凤台县小麦原种场试验地进行。该区域位于N 32°47'21", E 116°34'51", 地处淮河中游、淮北平原南缘, 地势平坦, 属北亚热带季风气候, 年均降雨量800~1 000 mm, 无霜期216 d, 年平均气温15.1℃, 温、光、热资源丰富, 适宜大多数农作物的生长。小麦-水稻轮作为该区的主要轮作制。

1.2 供试材料 供试土壤为普通砂姜黑土, 成土母质为黄土性古河流沉积物, 其基本理化性质为: pH 6.84, 有机质含量26.83 g/kg, 全氮含量1.963 g/kg, 速效磷含量19.10 mg/kg, 速效钾含量168.3 mg/kg。供试毛叶苕子品种为75-121, 种子由甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所提供。

1.3 试验设计 采用田间定位试验的方法, 在2012~2014年连续2个轮作周期进行试验, 采用苕子-水稻轮作种植方式。该试验设2个处理: 处理①免耕(VRNT), 在苕子水稻轮作周期中, 苕子和水稻均为免耕, 苕子在开花结荚期割刈作绿肥, 灌水浸泡, 板田移栽水稻; 处理②翻耕(VRCT), 在肥稻轮作周期中, 苕子和水稻均为翻耕, 苕子在开花结荚期割刈

基金项目 国家科技支撑计划(2012BAD04B09-2, 2011BAD16B06-3, 2013BAD07B08); 安徽省农科院学科建设项目(15A1021)。

作者简介 张祥明(1964-), 男, 安徽歙县人, 副研究员, 从事作物栽培和持续农业等方面的研究。

收稿日期 2015-10-12

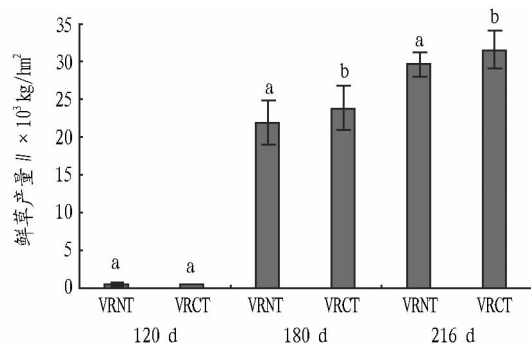
翻耕压青作绿肥,耕深约 15 cm,灌水沤田、耙田且平整后移栽水稻。水稻季肥料用量为纯 N 210 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²,其中氮肥分别作基肥、分蘖肥和穗肥 3 次施用,施用比例为 4:3:3;全部磷钾肥作基肥施用。苕子不施肥。肥料种类有尿素、过磷酸钙、氯化钾。小区面积 20 m²,重复 4 次,随机区组排列。苕子播量均为 37.5 g/hm²,其中第 1 个轮作周期为在 2012 年 10 月 21 日播种,2013 年 5 月 25 日盛花期割刈;第 2 个轮作周期为在 2013 年 10 月 25 日播种,在 2014 年 5 月 29 日盛花期割刈。

1.4 样品采集及测定方法 所有处理在返青期和现蕾期取样面积为 900 cm² (30 cm × 30 cm),每个小区取 2 个样点。在开花期全部割刈,分别计小区鲜草重。各期分别取样后称鲜草量,在 105 ℃ 烘箱内杀青 30 min,并且在 60 ℃ 条件下烘干,称重,粉碎过 0.5 mm 筛,保存。植物样品采用 H₂SO₄-HClO₄ 法消化,并且利用半微量开氏法测定植物中全氮含量,采用钼锑抗比色法测定全磷含量,采用火焰光度法测定全钾含量。

1.5 数据分析 试验数据用 Excel 软件处理作图,用 DPS 软件进行差异性分析 ($P < 0.05$)。

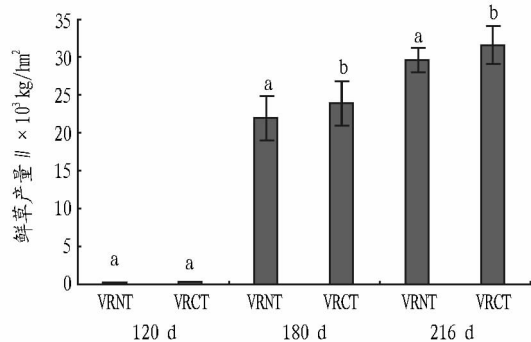
2 结果与分析

2.1 不同耕作方式下苕子鲜草产量动态变化 由图 1、2 可知,苕子地上部生长在返青期前极为缓慢,到返青期干物质才迅速积累,且均有地上部生物量随生长进程呈现迅速增加的趋势。2012 ~ 2013 年,在播种后 120 d (返青期),免耕和翻耕处理苕子鲜草产量分别为 427 和 439 kg/hm²,翻耕处理比免耕处理增加 2.99%;2013 ~ 2014 年,免耕和翻耕处理鲜草产量分别为 388 和 407 kg/hm²,翻耕处理比免耕处理增加 4.89%。在播种后 180 d (现蕾期)、216 d (花期、结荚期)干物质迅速积累,其中 2012 ~ 2013 年翻耕处理地上部干物质积累量与免耕处理间差异达到 0.05 显著水平,翻耕处理比免耕处理鲜草产量分别增加 8.58% 和 6.14%,而 2013 ~ 2014 年鲜草产量间差异不显著,翻耕处理鲜草产量分别比免耕处理增加 3.27% 和 2.86%。翻耕处理返青期、现蕾期和开花结荚期 2 年平均鲜草产量分别比免耕处理增产 3.89%、5.34% 和 4.23%,差异不显著。



注:不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

图 1 不同耕作方式对 2012 ~ 2013 年苕子主要生育期鲜草产量的影响



注:不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

图 2 不同耕作方式对 2013 ~ 2014 年苕子主要生育期鲜草产量的影响

2.2 不同耕作方式下苕子地上部养分含量动态变化

2.2.1 不同耕作方式下苕子地上部全氮含量动态变化。砂姜黑土不同耕作方式对苕子全氮含量有一定的影响。苕子返青期后翻耕和免耕处理全氮含量在不同年份有不同的表现。从表 1 可以看出,不同耕作方式苕子地上部全氮含量返青期后随生长进程变化呈下降的趋势,不同年份不同处理全氮含量有一定的影响,但差异不显著。除 2013 ~ 2014 年返青期、现蕾期免耕比翻耕高外,其余的翻耕处理都比免耕高。2012 ~ 2013 年全氮含量为 23.9 ~ 35.5 mg/kg,平均为 29.7 mg/kg;2013 ~ 2014 年全氮含量为 22.29 ~ 31.82 mg/kg,平均为 26.8 mg/kg,与 2012 ~ 2013 年相比有所降低。这与不同年份降雨量、气温有一定的相关性。2012 ~ 2013 年返青期、现蕾期、开花结荚期翻耕分别比免耕处理提高 0.57%、2.33% 和 1.33%;2013 ~ 2014 年返青期和现蕾期却有所降低,翻耕处理分别比免耕处理提高 0.85% 和 1.10%,开花结荚期提高 3.59%。

2.2.2 不同耕作方式下苕子地上部全磷含量动态变化。从表 1 可以看出,不同耕作方式对苕子全磷含量有一定影响。苕子返青期后翻耕和免耕处理全磷含量在不同年份表现出的趋势基本相同。2012 ~ 2013 年苕子地上部全磷含量为 2.10 ~ 2.83 mg/kg,平均为 2.67 mg/kg;2013 ~ 2014 年全磷含量为 2.34 ~ 3.2 mg/kg,平均为 2.36 mg/kg,与 2012 ~ 2013 年相比有所降低。2012 ~ 2013 年返青期、现蕾期、开花结荚期翻耕处理分别比免耕处理提高 3.12%、6.24% 和 5.11%,而 2013 ~ 2014 年分别为 1.80%、7.92% 和 3.82%。全磷含量呈由低到高再降低的过程,以现蕾期含量达到最高,2 年分别为 3.01 ~ 3.20 和 2.62 ~ 2.83 mg/kg,在进入生殖生长期后全磷含量下降。

2.2.3 不同耕作方式下苕子全钾含量动态变化。从表 1 可以看出,不同耕作方式对苕子全钾含量与全磷含量的影响相似。砂姜黑土苕子返青期后翻耕和免耕处理全钾含量在不同年份表现出的趋势基本相同,都在播种后 180 d 呈迅速上升趋势,并且在播种后 180 d (现蕾期)达到最大,进入生殖生长期后地上部全钾含量下降,2 年分别为 12.5 ~ 15.8 和 11.07 ~ 14.08 mg/kg。相对于免耕,翻耕处理不同生育期全钾含量均有所提高,2012 ~ 2013 年返青期、现蕾期、开花结荚

期翻耕处理分别比免耕处理提高 3.12%、6.24% 和 5.11%，而 2013~2014 年分别为 1.80%、7.92% 和 3.82%。这是由地上部迅速生长所致。

表 1 苕子地上部养分含量动态变化 mg/kg

生育期	处理	2012~2013 年			2013~2014 年		
		N	P	K	N	P	K
返青期(120 d)	VRNT	35.3±1.03a	2.45±0.24a	14.6±0.63a	31.82±0.93a	2.18±0.09a	13.31±0.77a
	VRCT	35.5±0.69a	2.53±0.18a	14.3±0.42a	31.55±0.92a	2.22±0.06a	12.95±0.38a
现蕾期(180 d)	VRNT	29.1±0.85a	3.01±0.21a	16.1±0.26a	26.30±0.77a	2.62±0.09 a	14.08±0.41a
	VRCT	29.8±0.73a	3.20±0.29a	15.8±0.56a	26.01±0.76 a	2.83±0.08 a	13.68±0.4 a
开花结荚期(216 d)	VRNT	23.9±0.70a	2.34±0.17a	13.2±0.75a	22.29±1.09 a	2.10±0.14 a	11.28±0.33a
	VRCT	24.2±0.92a	2.46±0.29a	12.7±0.53a	23.09±1.79a	2.18±0.14 a	11.07±0.16a

注:同列不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

2.3 不同耕作方式下苕子地上部养分积累量动态变化

2.3.1 不同耕作方式下苕子地上部氮养分积累量动态变化
砂姜黑土不同耕作方式对苕子氮养分积累量有一定影响。从表 2 可以看出,苕子对氮养分的积累与鲜草产量呈相似的规律,在返青期前氮积累量少,到返青期迅速积累。各处理积累量均有随生长进程呈迅速增加的趋势,返青期后翻耕和免耕处理氮积累量在不同年份呈现相似的趋势。苕子返青期翻耕处理氮的积累量比免耕处理略有增加,2 年分别增加累积 0.3 和 0.4 kg/hm²,差异不显著;现蕾期翻耕处理氮累积比免耕处理明显提高,2 年分别增加 11.1 和 13.7 kg/hm²,2013~2014 年氮积累量间差异达到 0.05 显著水平。收割时(开花结荚期)虽地上部氮养分含量与现蕾期有所降低,但是由于在整个生长进程中鲜草产量达到量大值,所以苕子在开花结荚期对氮养分的积累量处于最大时期,翻耕处理氮累积比免耕处理在 0.05 水平显著提高,2 年分别为 22.1 和 20.6 kg/hm²。

2.3.2 不同耕作方式下苕子地上部磷钾养分积累量动态变

化。从表 2 可以看出,苕子对磷素养分的积累与氮养分的积累量呈相似的规律。苕子返青期免耕处理与翻耕处理磷的积累量间差异较小。不同生育期磷的积累量翻耕处理比免耕处理均有增加,返青期翻耕处理比免耕处理 2 年均增加累积 0.1 kg/hm²,差异不显著;现蕾期翻耕处理磷累积比免耕处理明显提高,2 年分别增加为 2.4 和 3.1 kg/hm²,2013~2014 年氮累积量间差异达到 0.05 显著水平。在开花结荚期对氮养分的积累量处于最大时期,翻耕处理氮累积比免耕处理在 0.05 水平显著提高,2 年分别为 3.0 和 2.1 kg/hm²。

砂姜黑土不同耕作方式对苕子钾素养分积累量与氮磷的累积不同。翻耕处理苕子不同生育期钾的积累量比免耕处理虽有所增加,但各期翻耕处理与免耕处理氮的积累量间差异不显著,返青期翻耕处理比免耕处理 2 年均增加累积 0.2 kg/hm²;现蕾期翻耕处理比免耕处理氮累积明显提高,2 年分别增加 10.5 和 5.7 kg/hm²;开花结荚期对氮养分的积累量处于最大时期,翻耕处理比免耕处理氮累积显著提高,2 年分别为 13.7 和 4.2 kg/hm²。

表 2 苕子地上部养分积累量动态变化 kg/hm²

生育期	处理	2012~2013 年			2013~2014 年		
		N	P	K	N	P	K
返青期(120 d)	VRNT	3.9±1.3a	0.2a	1.5±0.5a	2.7±0.6a	0.1a	1.0±0.2a
	VRCT	4.3±0.7a	0.3a	1.7±0.3a	2.9±0.4a	0.2a	1.2±0.1a
现蕾期(180 d)	VRNT	142.8±43.2a	13.7±4.7a	71.1±23.1a	156.0±36.4 a	15.4±3.2 b	83.5±19.5 a
	VRCT	153.9±28.5a	16.4±3.3a	81.7±14.9a	169.7±45.1a	18.5±5.3 a	89.2±23.7 a
开花结荚期(216 d)	VRNT	186.0±45.8 b	18.1±4.1b	97.4±24.0a	202.3±34.4a	19.1±3.6 b	102.8±20.6a
	VRCT	208.1±50.1a	21.1±5.4a	111.1±34.4a	222.9±32.3a	21.2±4.0 a	107.0±14.0a

注:同列不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

2.4 不同耕作方式下种植苕子对土壤理化性状的影响
从表 3 可以看出,栽培苕子压青与免耕相比,2013 年和 2014 年收获(割刈)后翻耕后耕作层土壤 pH 分别提高了 0.12~0.23 和 0.19~0.26 个单位,可知耕作方式和苕子对土壤 pH 的影响不显著。这可能与试验年限较短有关。

栽培苕子压青翻耕后砂姜黑土有机质含量和全氮含量均有不同程度的提高,其中全氮含量提高较大,2012~2013 和 2013~2014 年有机质翻耕处理比免耕处理分别提高 0.15% 和 1.28%,全氮含量分别提高 7.85% 和 10.39%,其中

2013~2014 年全氮含量间差异达 0.05 显著水平。同样,翻耕土壤有效磷和速效钾都有明显的提高,与 2012~2013 年有效磷、速效钾含量间差异则较小,2012~2013 年土壤有效磷和速效钾翻耕处理分别比免耕提高 4.77% 和 2.02%,而 2013~2014 年苕子作绿肥水稻翻耕处理全氮含量达到 0.05 显著水平,翻耕处理分别比免耕处理提高 5.48% 和 9.17%。

与免耕相比,翻耕处理土壤容重表现出下降趋势,而免耕处理土壤容重表现出上升趋势,但各处理间不存在差异。苕子收割后翻耕比免耕处理 2012~2013 年和 2013~2014 年

土壤容重分别下降 0.024 和 0.017 g/cm³, 分别降低 1.80% 和 1.27%。

表 3 不同耕作方式种植苕子对土壤理化性状的影响

年份	处理	pH	有机质	全氮	有效磷	速效钾	容重
			g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/cm ³
2012 ~ 2013	VRNT	6.79 a	27.17a	1.924a	19.29a	168.4a	1.335 a
	VRCT	6.91 a	27.21a	2.075a	20.21a	171.8a	1.311 a
2013 ~ 2014	VRNT	6.78 a	27.33 a	1.983 b	19.36 b	176.6 b	1.336 a
	VRCT	6.97a	27.68 a	2.189 a	20.42 a	192.8 a	1.319a

注: 同列不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

3 结论与讨论

3.1 不同耕作方式对苕子鲜草产量和养分吸收量的影响 多数研究表明,不同耕作方式免耕和翻耕对作物产量影响的研究结果不尽一致,有增产的^[12-13],也有减产的^[12,14-15]。研究还表明,在免耕措施下改变土壤通气、透水性能,调控土壤物理、化学和生物性状,延迟或缩短作物生长期,促进或抑制作物对养分的吸收,进而影响作物产量^[13]。虽然以苕子鲜草压青为绿肥,但其苕子的生长和干物质累积的过程有相似之处。该研究表明,在砂姜黑土水旱轮作的冬闲田免耕种植苕子能获得较高的鲜草。与翻耕相比,其生长特性、养分积累规律基本相似,免耕对苕子的鲜草产量略有减产,但各时期差异不显著,开花结荚期仅比翻耕减产 4.23%。这与毛苕子对土壤要求不严以及砂姜黑土特性有关^[1]。与翻耕相比,苕子鲜草产量和氮、磷、钾吸收量明显下降,而且随着耕作年限的延长,这种下降趋势有越来越明显的趋势。免耕对鲜草产量、养分累积吸收量虽有一定的影响,但可减少一定的劳力投入,对绿肥的推广与应用起到积极的推动作用。

3.2 不同耕作方式栽培苕子对土壤理化性状的影响 绿肥翻压试验结果表明,绿肥翻压后土壤有机质和全氮、有效磷和速效钾含量提高^[16]。研究中,第 1 个轮作周期处理有效磷、速效钾含量间差异较小,而第 2 个轮作周期苕子作绿肥水稻翻耕土壤全氮含量显著提高。可见,栽培苕子及苕子免耕作绿肥能有效提高土壤肥力。以往报道指出,土壤有机质含量与全氮含量在土壤中的消长常常是一致的,两者间存在显著正相关^[17]。苕子是营养比较齐全的有机肥料,含有丰富的有机物质,对提高土壤养分含量具有重要作用^[1]。长期施用绿肥且配合施用适量化肥是提高土壤养分的重要措施。研究中,翻耕结合绿肥施用处理中土壤养分含量要高于小麦-水稻轮作处理,对提高免翻耕处理土壤养分的效果较明显。因此,研究中对土壤理化性状的影响存在一定的年际间差异。苕子在开花结荚期翻耕作绿肥,第 2 个轮作周期土壤有机质和全氮、有效磷和速效钾含量均有明显提高,翻耕土壤耕层有机质、全氮、有效磷、速效钾等含量均较免耕高,翻耕处理对提高土壤养分的效果较明显。

豆科作物在提高土壤养分含量的同时,使土壤容重下降,孔隙度和水稳性结构体增加,土壤肥力提高,还能减少土壤侵蚀,保持土壤质量。这对退化土地的改良具有很好的效果。大量研究表明,种植绿肥作物后,土壤变得疏松,土壤通

透性和有效水含量增加,土壤物理性状得到有效改良^[1,4]。研究表明,连年翻耕能够降低 0 ~ 20 cm 耕层土壤容重。绿肥施用也能显著增加土壤孔隙,提高大孔隙占总孔隙的比例,改善作物根际透气性,降低容重^[4,11]。研究中,土壤容重各处理间及不同年份间差异均较小,未达显著差异;深翻、水稻压青作绿肥施用 2013 ~ 2014 年苕子割刈后有一定的降低容重效果,但差异不显著。这与试验年限较短有关,有待今后进一步的试验。

绿肥是一种优质的有机肥料。绿肥与化肥配施有利于水稻生长、产量增加,并且在减少 30% 化肥用量的条件下,直播早稻 15 000 kg/hm² 紫云英鲜草时产量最高,比单施化肥提高 4.4%^[18]。由此可知,绿肥的压青量并不是越多越好,砂姜黑土免耕栽培苕子的鲜草产量能够满足绿肥与化肥配施的要求。随着农业生产的发展,利用粮田种植绿肥压青还田来实现有机无机相结合的路子已不太现实,因此,在砂姜黑土水旱轮作区,利用冬闲田免耕种植苕子,既可提高耕地的利用效率,减少劳力的投入,又可实行养地和用地,实现农牧结合。免耕栽培苕子模式适合砂姜黑土稻区冬闲田,值得大力推广。

参考文献

[1] 焦彬,顾荣申,张学上. 中国绿肥[M]. 北京:农业出版社,1986.
[2] 黄鹏,张恩和,柴强. 施氮对新灌区不同间套作种植模式产量及茬口养分特性的影响[J]. 草业学报,2001,10(1):86-91.
[3] 张恩和,李玲玲,黄高宝,等. 肥肥对小麦间作蚕豆群体产量及根系的调空[J]. 应用生态学报,2002,13(8):939-942.
[4] 张久东,包兴国,曹卫东,等. 间作绿肥作物对玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(4):43-47.
[5] 李子双,康晓娟,王薇,等. 我国绿肥的研究进展[J]. 草业科学,2013,30(7):1135-1140.
[6] 张祥明,何文进,王允青,等. 大力发展和综合开发利用我省紫云英等绿肥[J]. 安徽农业科学,2001,37(6):771-773.
[7] 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.
[8] 翟孟源,徐新良,姜小三. 我国长江中下游农业区冬闲田的遥感监测分析[J]. 地球信息科学学报,2012,14(3):389-397.
[9] 寇玲玲,耿明建,向炳清,等. 不同氮磷钾用量对苕子养分吸收和累积的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(17):3522-3525.
[10] 刘威,鲁剑巍,苏伟,等. 氮磷钾肥对紫云英产量及养分积累的影响[J]. 中国土壤与肥料,2009(5):49-52.
[11] 潘福霞,李小坤,鲁剑巍,等. 不同品种紫云英在湖北省不同生态区的生长及物质养分积累比较[J]. 中国土壤与肥料,2011(6):64-67.
[12] 庄恒扬,刘世平,沈新平,等. 长期少免耕对稻麦产量及土壤有机质与体积质量的影响[J]. 中国农业科学,1999,32(4):39-44.
[13] 王昌全,魏成明,李廷强,等. 不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J]. 四川农业大学学报,2001,19(2):152-155.
[14] 李华兴,卢维盛,刘远金,等. 不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(4):553-556.
[15] 梁淑敏,谢瑞芝,汤永禄,等. 成都平原不同耕作模式的农田效应研究 I. 对土壤性状及作物产量的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(19):3988-3996.

处理①增加磷钾肥使用,穗粒数增加明显,分别比处理②、④增加 4.3、6.9 粒,表明增施磷钾肥可以壮秆增粒;由于处理④基肥用量少,穗数、穗粒数相对较少,产量不高。

表 3 2015 年 5 月 4 日产量						
处理	株高	穗长	有效穗数	穗粒数	千粒重	理论产量
	cm	cm	万/hm ²	粒	g	kg/hm ²
①	81.2	9.9	426.0	55.6	35	8 290.5
②	78.5	8.8	468.0	51.3	35	8 395.5
③	82.1	9.5	480.0	52.9	35	8 887.5
④	79.0	9.5	436.5	48.7	35	7 440.0
⑤	67.3	7.7	210.0	38.8	35	2 851.5

2.3 实产分析 2015 年 5 月 21 日收获,小区单打、单收,称实产,见表 4。肥料效果试验随机区组的产量结果方差分析表见表 5。

表 4 各小区实产				
处理	小区产量//kg/区			折合产量//kg/hm ²
	I	II	III	
①	14.3	13.6	14.7	7 104.0
②	14.0	13.2	14.8	7 003.5
③	15.4	15.8	14.5	7 603.5
④	13.4	12.9	12.1	6 403.5
⑤	4.6	5.2	4.9	2 451.0

表 5 店埠镇群力村产量方差分析						
变异来源	自由度	平方和	方差	F 值	F _{0.05}	F _{0.01}
处理间	4	210.3	52.60	109.6	3.84	7.01
重复间	2	0.1	0.05			
误差	8	3.8	0.48			
总计	14	214.2				

从 F 测验中已得知参试处理的产量在 0.01 水平显著,故应进行 t 测验。根据误差自由度,从 t 值表中查出 $t_{0.05} = 2.306$ 、 $t_{0.01} = 3.355$,采用最小显著差数法表示。

$$5\%LSD = S \sqrt{x_1 - x_2} \times t_{0.05} = \sqrt{2 * 0.48/3} * 2.306 = 1.30 \text{ kg}$$

$$1\%LSD = S \sqrt{x_1 - x_2} \times t_{0.01} = \sqrt{2 * 0.48/2} * 3.355 = 2.32 \text{ kg}$$

根据 5 个肥料处理在表 6 中的产量位次,由大到小排列。处理③与处理②产量间差异在 0.05 水平显著,与处理④间差异在 0.01 水平显著,处理③、①、②、④与处理⑤达 0.01 水平显著差异。

2.4 经济效益分析 由表 7 可知,处理③产量、纯收入最高,产量分别比处理②、④增加 600、1 200 kg/hm²,增产率分别为 8.6% 和 18.7%,纯收入分别增加 1 245 和 2 385 元/hm²;处理①分别比处理②、④增产 100.5 和 700.5 kg/hm²,增产率分别为 1.4% 和 10.9%,纯收入分别增加 250.5 和 1 390.5 元/hm²;就纯收入而言,处理③最高,为 15 243.0 元/hm²;就产投比而言,处理④最高,为 10.5:1.0。

表 6 店埠镇赵岗村随机区组排列中各参试处理小区平均产量相互间对比结果

处理	小区产量 平均值	相比处理产量差异			
		与处理 ③相比	与处理 ①相比	与处理 ②相比	与处理 ④相比
③	15.3				
①	14.2	1.1			
②	14.0	1.3 *	0.2		
④	12.8	2.5 **	1.4	1.2	
⑤	4.9	10.4 **	9.3 **	9.1 **	7.9 **

注: *、*、* 分别表示差异在 0.05、0.01 水平显著。

表 7 店埠镇群力村投入与产出分析

处理	股料投入	产量	产值	纯收益	产投比	纯收益 位次
	元/hm ²	kg/hm ²	元/hm ²	元/hm ²		
③	1 485.0	7 603.5	13 382.4	15 243.0	10.3:1.0	1
①	1 500.0	7 104.0	15 748.5	14 284.5	9.4:1.0	2
②	1 410.0	7 003.5	15 408.5	13 998.0	9.6:1.0	3
④	1 230.0	6 403.5	14 088.0	12 858.5	10.5:1.0	4
⑤	—	2 451.0	5 392.5	5 392.5	—	5

3 结论与讨论

通过苗期调查和测产分析,发现锌肥可以促进小麦生长,贯穿小麦一生,尤其是促进早分蘖,提高分蘖成穗率,增加有效穗,对产量提高有决定意义;增施磷钾肥促进苗期生长的效果有限,主要是增加光合产物及其运输,促进穗分化,增加穗粒数,提高产量。因此,建议生产中在保证氮肥量的同时,适当增加磷钾肥施用,基肥中增施锌肥 15 kg/hm²,从而增穗增粒,大幅度提高小麦产量。

参考文献

[1] 蒿宝珍,姜丽娜,李春喜. 小麦锌营养效率的研究进展[J]. 安徽农业科学,2007,35(25):7756-7758.
[2] 代勇,张文凯. 蒙城县小麦高产攻关测土配方施肥的措施与成效[J]. 农技服务,2007,24(12):61.

(上接第 247 页)

[16] 徐昌旭,谢志坚,曹卫东,等. 翻压绿肥后不同施肥方法对水稻养分吸收及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2011(3):35-39.
[17] 李继明,黄庆海,袁天佑,等. 长期施用绿肥对红壤稻田水稻产量和土

壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(3):563-570.
[18] 王允青,曹卫东,郭熙盛,等. 紫云英与化肥配合施用对直播和移栽早稻产量的影响[J]. 安徽农业通报,2009(3):84-87.