

追施不同量尿素下麦后复种油菜对耕层土壤 有机碳及微生物量碳氮的影响

杨文元¹, 董博^{2,3}, 赵记军⁴, 郭天文²,
刘晓伟², 张平良², 谭雪莲², 曾骏³

(1. 古浪县农业技术推广中心/甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 武威 733100;

2. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所/甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070;

3. 甘肃省智慧农业工程技术研究中心, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃省农业生态环境保护管理站, 甘肃 兰州 730000)

摘要: [目的] 研究不同追施尿素量对麦后复种油菜生物产量和耕层土壤有机碳、土壤微生物量碳氮及碳库管理指数的影响, 为麦后复种油菜尿素施用量提供依据。[方法] 在古浪县进行小区试验, 设置 5 个试验水平: 追施尿素 0, 90, 120, 150, 180 kg/hm²。[结果] 追肥可提高麦后复种油菜的生物产量; 土壤有机碳、微生物量碳、微生物氮以及碳库管理指数均随追肥量的增加呈抛物线型变化的趋势; 碳库指数和碳库管理指数的变化趋势同有机碳的变化趋势; 有机碳、微生物量碳与碳库管理指数显著相关, 有机碳与碳库管理指数极显著相关, 微生物量碳与有机碳含量虽呈现正相关关系, 但未达到显著相关性。[结论] 综合油菜生物产量和土壤微生物量等指标, 古浪县麦后复种油菜的施肥量以追施尿素 120~150 kg/hm² 为宜。

关键词: 麦后复种油菜; 土壤有机碳; 土壤微生物量碳; 土壤微生物量氮

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)03-0059-04

中图分类号: S151.9⁺4

文献参数: 杨文元, 董博, 赵记军, 等. 追施不同量尿素下麦后复种油菜对耕层土壤有机碳及微生物量碳氮的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 59-62. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.20170526.001; Yang Wenyuan, Dong Bo, Zhao Jijun, et al. Effects of different amount of topdressing urea on soil organic carbon and soil microbial biomass carbon and nitrogen of multi-cropping rape after wheat planted[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 59-62. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.20170526.001

Effects of Different Amount of Topdressing Urea on Soil Organic Carbon and Soil Microbial Biomass Carbon and Nitrogen of Multi-cropping Rape After Wheat Planted

YANG Wenyuan¹, DONG Bo^{2,3}, ZHAO Jijun⁴, GUO Tianwen²,
LIU Xiaowei², ZHANG Pingliang², TAN Xuelian², ZENG Jun³

(1. Dryland Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Gulang Agricultural Technology Experimental Centre, Wuwei, Gansu 733100, China; 2. Key Laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region, Dryland Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. Gansu Engineering Research Center for Smart Agriculture (GERCSA), Lanzhou, Gansu 730070, China; 4. Gansu Agriculture Environment Protection Station, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: [Objective] The changes of soil organic carbon(SOC), soil microbial biomass carbon(SMBC), soil microbial biomass nitrogen(SMBN) and carbon pool management index(CPMI) under different amount of topdressing urea in multi-cropping rape after wheat planted were explored to provide scientific basis for urea fertilization. [Methods] Plot test was conducted in Gulang County, with five treatment levels of topdressing urea 0, 90, 120, 150, 180 kg/hm². [Results] The urea fertilizer was observed that all levels increased biological production of multi-cropping rape after wheat planted. With the increases of urea, SOC, SMBC,

收稿日期: 2016-05-21

修回日期: 2016-07-20

资助项目: 国家科技支撑计划项目“西部水土流失和瘠薄干旱中低产田改良技术集成示范”(2012BAD05B03); 农业部行业专项计划“西北旱作区合理轮作制及土壤培肥技术模式研究”(201503120)

第一作者: 杨文元(1966—), 男(汉族), 甘肃省古浪县人, 本科, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。E-mail: hdnnyjs@163.com。

通讯作者: 董博(1981—), 男(汉族), 山东省东阿县人, 博士, 助理研究员, 主要从事农田水肥调控理论研究。E-mail: ppleyuan@163.com。

SMBN and CPMI all decreased firstly and increased later. CPI and CPMI changed similarly. SOC and SMBC had significant correlations with CPMI; SOC and CPMI correlated extreme significantly; SMBC and SOC correlated positively but insignificantly. [Conclusion] If biological yield of rapeseed and soil microbial biomass were both considered, the best fertilizer rate for multi-cropping rape after wheat planted is 120~150 kg/hm² in Gulang County.

Keywords: multi-cropping rape after wheat planted; soil organic carbon; soil microbial biomass carbon; soil microbial biomass nitrogen

河西走廊地区光、热资源丰富,8,9,10月降雨较多,但该区域种植制度一季有余两季不足,春小麦收获后多数土地休闲,未充分利用光、热资源,土地利用效率不高。充分利用麦收到冬前2~3个月的农田空闲,种植可收获鲜草的专用饲料油菜,以提高资源利用率,已成为发展畜牧业提供鲜饲草的一项新技术。较麦后复种苜蓿、箭舌豌豆等饲料作物,复种专用饲料油菜可以节约种子成本300~450元/hm²,饲料产量高出其近1倍,而且饲用油菜的牲畜适口性较好,营养价值较高^[1-3]。复种饲料油菜既能充分利用麦收后的光、热、水、土资源,又能保护耕地与生态环境,提高土壤肥力,解决冬春饲料不足,促进农业种植结构调整和农民增收,具有良好的经济、社会和生态效益,是河西走廊地区农业生产可持续发展的有效措施之一,具有良好的发展前景。目前,对复种饲料油菜的研究多集中在不同播期^[4]、播种量^[5-6]以及油菜饲料营养价值^[7]方面,关于复种饲料油菜对土壤理化性质、土壤微生态效应及土壤培肥效应等方面的研究报道较少,针对麦后复种油菜对土壤有机碳及土壤微生物量碳氮含量的变化未见报道。

复种对土壤有机质数量影响的差异主要由于土壤中残留的根茬和植株花叶的脱落,研究表明:油菜根茬在土地中的残留量可达525 kg/hm²。土壤有机质是反映土壤质量最重要的指标。土壤有机质含量对土壤肥力具有重要作用,不稳定组分(如土壤微生物量碳、土壤微生物量氮等)对农业结构调整初期的反应更为敏感^[8-12]。研究麦后复种饲料油菜对土壤有机碳、土壤微生物量碳和土壤微生物量氮的影响,可以探明麦后复种饲料油菜对提高土壤肥力的作用、丰富麦后复种饲料油菜种植的理论与实践。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验设在甘肃省古浪县海子滩镇李家窝铺村,海拔1744 m,年均降水量300 mm左右,8—10月降水量占全年降水量的50%,年均气温6.6℃,≥0℃积温3250℃,年日照时数约为2850 h,无霜期160 d左右,地势平坦,土质为沙壤土,地力均匀。灌溉水源

以黄河水提灌为主,配以机井水作为补充灌溉水源。作物种植制度为一年一熟制,种植的主要作物为春小麦、玉米、马铃薯、啤酒大麦、葵花等,饲养的主要家畜为羊和猪。

试验处理设:不追肥(CK),追施尿素90 kg/hm²(T₁),追施尿素120 kg/hm²(T₂),追施尿素150 kg/hm²(T₃),追施尿素180 kg/hm²(T₄),随机区组排列,3次重复,小区面积54 m²(18 m×3 m),小区单排式排列,区间用小埂隔开,分区灌水。前茬作物为春小麦。

表 1 甘肃省古浪县海子滩镇李家窝铺村供试土壤基本性状

pH值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
8.2	15.6	0.8	80.1	16.5	146

供试油菜为饲油1号,由甘肃省农业技术推广总站选育。于2011年7月24日机收后旋耕,8月1日播种油菜,播时施磷酸二铵底肥,施肥量为210 kg/hm²,8月2日第1次灌水,8月19日第2次灌水,并按处理要求,撒施尿素,作为追肥,11月1日刈割,其他管理与大田相同。

1.2 样品采集

待油菜收获后,采取各小区的耕层土壤(0—20 cm)。在每个小区内按“S”形采集样品,混匀后,用“四分法”取约2.5 kg土壤带回室内,风干,磨细后过筛、备用。

1.3 测定项目与方法

土壤有机碳(SOC):外加热重铬酸钾氧化法^[13];土壤无机碳测定方法:气量法^[14];

微生物量碳(SMBC):采用氯仿熏蒸-0.5 MK₂SO₄浸提法测定,熏蒸提取采用Vance等^[15]的步骤;土壤活性有机碳的测定方法:袁可能法^[16]。碳库管理指数的计算:

碳库指数(I_{CP})=样品总有机碳含量/参照土壤总有机碳含量;

土壤碳的不稳定性,即碳库活度(L)等于土壤中的活性有机质(CL)与非活性有机质(CNL)之比;

L = 样本中的活性有机碳(CL)/样本中的非活性有机碳(CNL);

碳损失及其对稳定性的影响可用活度指数 I_L 表示: I_L = 样本的不稳定性(L)/对照的不稳定性(L_0)。基于以上指标可以求得碳库管理指数(I_{CMP}):

$$I_{CMP} = I_{CP} \times I_L \times 100$$

所有的土壤均以复种油菜前土壤为参考土壤。

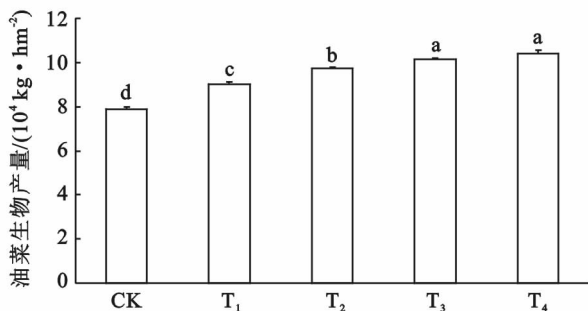
数据采用 SPSS 17.0 统计分析软件对数据进行统计分析。

在刈割油菜时,每小区按对角线 3 点取样,每个样点取 1 m^2 鲜草刈割后称重计产,并折算小区产量和公顷产量。

2 结果与分析

2.1 追肥量对油菜生物产量的影响

由图 1 可知,随着追肥量的增大,油菜生物产量呈现增长趋势,且 T_3 、 T_4 处理生物产量显著高于对照 CK, T_1 和 T_2 处理,追肥处理显著高于不追肥处理 CK,其中以 T_4 追肥 180 kg/hm^2 ,油菜生物产量最高,较对照 CK 处理增产达 32.16%。追肥 150 kg/hm^2 的 T_3 处理与 T_4 处理未达到显著差异。



注:CK, T_1 , T_2 , T_3 , T_4 分别表示不追肥,追肥尿素 90, 120, 180 kg/hm^2 ; 不同小写字母表示不同处理间差异达 5% 显著水平。下同。

图 1 追肥量对麦后复种饲用油菜生物产量的影响

2.2 追肥量对耕层土壤有机碳含量的影响

如图 2 所示,麦后复种油菜土壤有机碳含量变化趋势与生物产量变化趋势基本相同。随着追肥量的增大,耕层土壤有机碳含量呈现增长趋势,且 T_3 、 T_4 处理有机碳含量显著高于对照 CK, T_1 和 T_2 处理,追肥处理有机碳含量显著高于不追肥处理 CK,其中以 T_3 追肥 150 kg/hm^2 ,土壤有机碳含量最高,为 11.19 g/kg ,较对照 CK 处理高 18.41%。继续增加追肥量,土壤有机碳含量有下降趋势,但 T_4 处理与 T_3 处理未达到显著差异。主要是由于复种油菜后,随着追肥量的增加,油菜地下部根系的重量也随之增加,根系分泌物和土壤酶等对土壤中有机物料进行分

解,引起土壤有机碳含量的差异,但随着施用无机氮过量增加会引起土壤 C/N 比降低,加速了土壤中原有有机碳的分解,导致土壤中积累的有机碳总量减少^[17]。

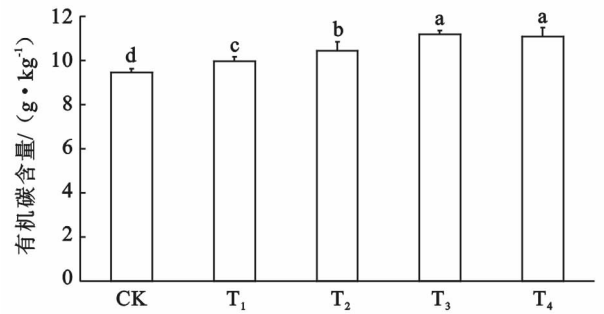


图 2 追肥量对土壤有机碳含量的影响

2.3 追肥量对耕层土壤微生物量碳、氮含量的影响

土壤微生物量可表征有机物质转化和养分循环所对应的微生物数量。表 2 可知,施肥处理较对照 CK 可显著提高耕层土壤微生物量碳、微生物量氮的含量,土壤微生物量碳含量表现为: $T_2 > T_1 > T_3 > T_4 > \text{CK}$, T_1 , T_2 , T_3 和 T_4 追肥处理较对照 CK 处理分别提高 18.39%, 22.47%, 13.78% 和 10.82%。土壤微生物量氮含量变化表现为: $T_3 > T_4 > T_2 > T_1 > \text{CK}$, T_1 , T_2 , T_3 和 T_4 追肥处理较对照 CK 处理分别提高 18.73%, 21.21%, 37.67%, 28.79%。主要由于施肥增加了生物产量和改善土壤环境,对土壤有机质降解和微生物量碳含量的增加起到了促进作用。

表 2 不同追肥处理对土壤(0—20 cm)微生物量碳、氮的影响

处理	微生物量碳/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	微生物量氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碳氮比 C/N
CK	227.22 ^d	29.84 ^c	7.61
T_1	269.01 ^{ab}	35.43 ^b	7.59
T_2	278.28 ^a	36.17 ^b	7.69
T_3	258.54 ^{bc}	41.08 ^a	6.29
T_4	251.81 ^c	38.43 ^{ab}	6.55

由表 2 还可看出,土壤微生物量碳、微生物量氮含量随着追肥量增加呈现抛物线状趋势,与 Mastro 研究结果相似^[18],但微生物量碳和微生物量氮出现峰值的施肥量不同,土壤微生物量碳含量最高值为 T_2 处理,而土壤微生物量氮含量峰值出现于 T_3 处理;土壤微生物量碳氮比值无明显规律,以处理 T_2 为最高。可能由于低追肥量条件下,作物生长加快,根系分泌物和脱落物增加,同时,追肥增加了土壤微生物生长所需氮源,促进了土壤微生物活动和繁殖,

提高了土壤微生物量,引起土壤微生物量碳氮含量的增加;随着追肥量增加,外源氮素的过量增多,土壤中 C/N 降低,土壤微生物的活性受到抑制,导致土壤微生物量碳氮的降低。

2.4 追肥量对土壤碳库指数的影响

各处理数值的计算以复种油菜试验开始前各小区土样混匀后的测定结果为参考土壤样品。麦后复种油菜不同追肥量处理碳库指数 CPI、碳库管理指数 CMPI 见表 3。

表 3 不同施肥条件下土壤碳库管理指数变化

处理	碳库指数	碳库管理指数
CK	1.04 ^b	107.90 ^c
T ₁	1.10 ^{ab}	109.56 ^{bc}
T ₂	1.15 ^{ab}	111.80 ^b
T ₃	1.24 ^a	116.23 ^a
T ₄	1.22 ^a	115.02 ^a

表 4 土壤有机碳、微生物量碳和碳库管理指数相关分析

指标	有机碳	微生物量碳	碳库管理指数
有机碳	1		
微生物量碳	0.381	1	
碳库管理指数	0.992 ^{**}	0.716 [*]	1

注: * 表示显著相关; ** 表示极显著相关。

由表 3—4 可知,各处理碳库指数和碳库管理指数变化趋势一致,均随追肥量的增加先增加后降低。追肥皆可提高土壤碳库管理指数和碳库指数;除 T₁ 处理外各追肥处理碳库管理指数显著高于对照处理,以 T₃ 处理为最高,显著高于 T₁, T₂ 2 个追肥处理, T₃, T₄ 以及 T₁, T₂ 处理之间碳库管理指数未达到显著差异;对于碳库指数, T₃, T₄ 处理处理显著高于对照处理,但各追肥处理间差异不显著。土壤有机碳、土壤微生物量碳含量均与碳库管理指数呈显著相关,且有机碳达到显著相关性,相关系数大于微生物量碳;有机碳与微生物量碳之间未达到显著相关。

3 结论

追肥可提高油菜的生物产量;土壤有机碳、微生物量碳、微生物量氮均随追肥量的增加呈抛物线型变化的趋势;追肥可提高土壤碳库管理指数,且有机碳、微生物量碳与碳库管理指数显著相关。甘肃省古浪县的麦后复种油菜的追肥量以 120~150 kg/hm² 为宜,复种油菜饲草产量可达 101 220 kg/hm²。

[参 考 文 献]

[1] 傅廷栋,涂金星,张毅等. 在我国西北部地区麦后复种饲料油菜的研究与利用[J]. 中国西部科技,2004,3(6):4-7.

- [2] 金光忠,周顺成. 麦后复种饲用油菜的种植利用及效益分析[J]. 畜牧与饲料科学,2008(6):65-66.
- [3] 华和春. 甘肃引黄灌区发展麦后复种饲用油菜的优势与建议[J]. 种子科技,2009,27(12):13-15.
- [4] 杨文元. 古浪县小麦收后复种饲用油菜播期试验初报[J]. 甘肃农业科技,2008(8):22-23.
- [5] 刘祎鸿. 甘肃省麦后复种饲用油菜密度试验初报[J]. 农业科技与信息,2006(6):9.
- [6] 杨瑞吉. 麦茬复种饲料油菜的播种量对其生长性状的影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(4):479-482.
- [7] 杨祁峰,滕怀远,牛菊兰,等. 饲用双低油菜华协 1 号营养成分含量及营养价值研究[J]. 草业学报,2003,12(2):87-92.
- [8] Janzen H H, Campbell C A, Brandt S A, et al. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations[J]. Soil Science Society of America Journal, 1992,56(6):1799-1806.
- [9] Xue Dong, Yao Huaiying, Huang Changyong. Microbial biomass, N mineralization and nitrification, enzyme activities, and microbial community diversity in tea orchard soils[J]. Plant and Soil, 2006,288(1/2):319-331.
- [10] Wendling B, Jucksch I, Mendonca E S, et al. Organic-matter pools of soil under pines and annual cultures[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2010,41(14):1707-1722.
- [11] Chan K Y, Heenan D P, Oates A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management[J]. Soil and Tillage Research, 2002,63(3):133-139.
- [12] 曾骏,董博,张东伟,等. 不同施肥方式对荒漠土土壤有机碳、无机碳和微生物量碳的影响[J]. 水土保持通报,2013,33(2):35-38.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [14] Lefroy R D B, Blair G J, Strong W M. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ¹³C natural isotope abundance[J]. Plant and Soil, 1993,155(1):399-402.
- [15] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1987,19(6):703-707.
- [16] 徐建民,袁可能. 我国地带性土壤中有机质氧化稳定性研究[J]. 土壤通报,1995,26(1):1-3.
- [17] 臧逸飞,郝明德,张丽琼,等. 26 a 长期施肥对土壤微生物量碳、氮及土壤呼吸的影响[J]. 生态学报,2015,35(5):1445-1451.
- [18] Masto R E, Chhonkar P K, Singh D, et al. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006,38(7):1577-1582.