

河西绿洲区保护性耕作 对土壤微生物量 C 和有机质的影响

张凤云^{1,2}, 成雪峰¹, 张恩和²

(1. 菏泽学院资源与环境系, 山东 菏泽 274000; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 试验设 20 cm 留茬压倒(NPS20)、40 cm 留茬压倒(NPS40)、40 cm 立秆(NS40)、20 cm 立秆(NS20)、6 750 kg/hm² 覆盖(NSB40)和 3 750 kg/hm² 覆盖(NSB20)和传统耕作(CT)7 个处理, 研究了不同秸秆覆盖量、留茬高度和秸秆处理对土壤有机质、土壤微生物量 C 和作物产量的影响。结果表明: 土壤微生物量 C 含量随季节变化表现为播种前最高, 收获后最低; 不同时期土壤操作措施对土壤微生物量 C 的影响不同。从播种期开始, 保护性耕作土壤有机质含量大于传统耕作, 且保护性耕作各处理土壤有机质随土层深度的增加而递减, 而传统耕作各层次之间无差异; 保护性耕作提高了春小麦的产量: NPS20、NPS40、NS40、NS20、NSB40 和 NSB20 较 CT 分别增产 53.08%、46.59%、40.81%、19.93%、17.33% 和 4.34%。

关键词: 免耕; 秸秆覆盖; 土壤微生物; 土壤有机质; 产量
中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)04-0172-04

土壤有机质含量和土壤微生物量是反映土壤肥力高低的两个重要指标^[1~3]。土壤有机质不仅是土壤中各种营养元素的重要来源, 而且还能刺激植物的生长, 改善土壤的理化性质^[1]。土壤微生物量 C 虽然只占土壤总 C 量的 1%~4%^[4], 但它却是活的土壤有机质部分, 它是评价微生物量的活性参数指标。微生物量 C 对不同土壤培肥措施非常敏感, 这是微生物量 C 用作土壤生物学评价指标的一大优势^[5]。因此, 对土壤微生物量 C 的研究已经成为当今土壤学科的一个热点^[6]。目前, 土壤有机质和土壤微生物量 C 作为土壤肥力的指标在红壤、红黄壤、紫色土等土壤上进行了较多的研究, 但有关这方面的研究在漠土上却鲜有报道。本文通过研究河西绿洲灌区保护性耕作几种主要的秸秆处理方式对土壤有机质、土壤微生物量 C 的动态特征的影响, 探讨保护性耕作措施对春小麦产量的影响, 以期为河西地区保护性耕作的发展和漠土土壤肥力的维持与培育提供一定的理论支持。

1 试验设计与方法

1.1 基本情况

试验设在甘肃河西走廊中段的张掖市二十里铺乡 7 号村。该试区属大陆性干旱气候地带, 年均温 7.3℃, 年降雨量 160 mm, 不足蒸发量的十分之一。

全年日照时数 2 800~3 300 h, ≥10℃ 的积温为 3 000~3 200℃, 昼夜温差 12~16℃, 无霜期 165 d。试验地土壤为灌漠土, 0~20 cm 土壤养分状况为: 有机质 17.98 g/kg, 全氮 0.77 g/kg, 碱解 N 49.2 mg/kg, 全磷 0.14%, 速效磷 9.11 mg/kg, 速效钾 93.95 mg/kg, 阳离子代换量为 8.02 me/100 g 土, pH 值为 8.83。

1.2 试验材料

试验以当地早熟春小麦品种张春 20 为供试作物。采用随机区组设计, 共 7 个处理(表 1), 小区面积 192 m² (24 m×8 m), 3 次重复, 栽培管理同大田。春小麦于 3 月中旬播种, 试验过程中不施用农家肥, 肥料都用作底肥: 纯 N 213.3 kg/hm², P₂O₅ 90 kg/hm²。化肥 2003 年在播种前随翻耕施入田中, 2004 年免耕处理随播种一起用免耕播种机施入。

1.3 试验方法

1.3.1 采样方法 在 2003 年休闲期、2004 年播种前和收获后分 3 次取样。在各小区用土钻以蛇形取样法分 0~5, 5~10, 10~20 cm 三层采集混合土样。土样分 0~5, 5~10, 10~20 cm 三层多点随机采集, 无菌塑料袋包装, 在袋内充分混合, 置于 4℃ 冰箱中保存以备分析。

1.3.2 分析方法 土壤微生物量 C 采用氯仿熏蒸直接提取法^[7], 用 0.5 mol/L 的 K₂SO₄ 提取(土: 水

收稿日期: 2006-12-19
基金项目: 国家高科技发展计划(863 计划)节水专项“北方内陆河灌区(甘肃张掖)节水农业技术体系集成与示范”(2002AA2Z4191)
作者简介: 张凤云(1979—), 女, 甘肃武威人, 硕士研究生, 主要从事作物生理生态研究。

=1:2), 提取液中 C 的测定用重铬酸钾-硫酸消 钾外加热法测定^[9]。
煮, 硫酸亚铁滴定法^[8]; 土壤有机质含量用重铬酸

表 1 试验因素与试验设计
Table 1 Experimental factors and design

试验处理 Treatment	因 素 Experiment factor		
	覆盖量 Mulched stubble quantity	耕作措施 Cultivation systems	覆盖方式 Straw treating style
NS20	20 cm 留茬 20 cm stubble	免耕 No-tillage	立秆 Stubble standing
NPS20	20 cm 留茬 20 cm stubble	免耕 No-tillage	收后压倒 Press after harvest
NS40	40 cm 留茬 40 cm stubble	免耕 No-tillage	立秆 Stubble standing
NPS40	40 cm 留茬 40 cm stubble	免耕 No-tillage	收后压倒 Press after harvest
NSB20	3750 kg/hm ² 覆盖 3750 kg/hm ² straw covered	免耕 No-tillage	覆盖后覆薄土 Covering soil on straw
NSB40	6750 kg/hm ² 覆盖 6750 kg/hm ² straw covered	免耕 No-tillage	覆盖后覆薄土 Covering soil on straw
CT	传 统 耕 作 Conventional tillage		

注:传统耕作作为小麦生长期耕作 2 次(包括除草), 小麦收获后休闲。11 月灌冬水, 春季翻耕(深度 15 cm), 不覆盖任何材料。
Note: Conventional tillage refers to the cultivation system in which tills are conducted twice (including weeding) during the wheat growing period, land is left fallow after harvest, irrigation is made during Nov., tills are done in the next spring (till layer is 15 cm) and there is no covering.

2 结果与分析

2.1 不同留茬覆盖免耕保护性耕作条件下土壤微生物量 C 的变化

由表 2 可知, 测定时期和土壤耕作方式对土壤微生物量 C 有很大的影响。综合不同时期测定结果看, 保护性耕作处理的土壤微生物量 C 均高于传统耕作; 在整个测定过程中, 不同处理土壤微生物量

C 随季节变化的表现为: 播种前土壤微生物量 C 最高, 收获后最低。这是由于河西地区春季的气候、土壤条件有利于土壤微生物量 C 的积累, 而夏季气温过高、土壤含水量过小的土壤状况则严重制约了土壤微生物量 C 的活性, 其中土壤水分是主要的限制因素。这与 Gestel^[10]的研究结果相同, 而与 Singh 等^[11~13]的研究结果不同。

表 2 短期免耕对土壤微生物量 C 的影响(mg/kg)
Table 2 Effects of short-term no-tillage on soil microbial biomass C

测定时期 Measurement period	层次(cm) Soil layers	处 理 Treatments						
		CT	NPS20	NS40	NPS40	NS20	NSB40	NSB20
休闲期 Fallow stage	0~5	132.24 _{ab}	54.47 _b	155.23 _{ab}	201.11 _a	90.04 _{ab}	155.22 _{ab}	102.15 _{ab}
	5~10	131.11 _{bcB}	74.55 _{cB}	145.51 _{abAB}	359.97 _{aA}	73.88 _{cB}	239.76 _{bcB}	92.31 _{cB}
	10~20	35.04 _b	92.57 _{ab}	79.64 _{ab}	181.32 _a	45.1 _b	158.46 _a	127.99 _{ab}
	平均 Mean	99.46	73.86	126.79	247.47	69.67	184.48	107.48
播种期 Sowing stage	0~5	290.99	258.38	414.34	357.45	222.97	351.14	286.83
	5~10	194.32 _{cB}	432.77 _{aA}	252.66 _{bcAB}	288.07 _{abcAB}	366.45 _{abAB}	256.15 _{bcAB}	298.63 _{abcAB}
	10~20	218.08	245.76	298.37	278.66	203.24	259.15	212.98
	平均 Mean	234.46	312.30	321.79	308.06	264.22	288.81	266.15
收获后 Harvesting	0~5	50.85	61.75	62.2	73.6	72.71	76.34	64.58
	5~10	75.56 _{aA}	65.81 _{aAB}	74.75 _{aA}	60.19 _{abAB}	43.01 _{bB}	76.02 _{aA}	75.28 _{aA}
	10~20	50.79 _{bcAB}	75.01 _{aA}	63.55 _{abAB}	40.88 _{cB}	67.65 _{abAB}	64.72 _{abAB}	58.91 _{abcAB}
	平均 Mean	59.07	67.52	66.83	58.22	61.12	72.36	66.26

注:小写字母表示在 0.05 水平差异, 大写字母表示在 0.01 水平差异。
Note: Different capital letter stands for significance at 0.01 level; Different lowercase letter stands for significance at 0.05 level.

在休闲期和春播前, NS40、NSB40 和 NPS40 各层次土壤为微生物量 C 含量均高于传统耕作, 且上层土壤微生物量 C 含量均高于耕层平均水平, 下层则低于平均水平, 表现出上肥下瘦的特点, 与前人报道的结果相似^[14, 15], NS20、NSB20 和 NPS20 则相反。产生这种差异的原因可能是: 在前几个处理中,

由于地表有较大的秸秆为土壤微生物的生长与繁殖创造了较为适宜的土壤环境,而后者地表少量的秸秆所创造的土壤环境对微生物量 C 的积累没有积极意义。在收获后,由于过低的土壤水分严重制约了土壤微生物的生长繁殖,而对表层 0~5 cm 的影响大于下层,除保护性耕作由于其较好的保墒效果使表土层土壤微生物量 C 含量较传统耕作略高外,各处理土壤微生物量之间无差异。整个土层土壤微生物量 C 的分布随土层深度的增加表现出先增大后减小的趋势,以土壤水分相对较好、根茬相对较多的 5~10 cm 为最高。

不同时期耕作方式对土壤微生物量 C 的影响存在较大的差异。从表 2 可以看出,在休闲期土壤微生物量碳以 NPS40 最高,播种期以 NS40 最高,收获后则以覆盖量最大、保水效果最好的 NSB40 最高。

2.2 不同留茬覆盖免耕保护性耕作条件下土壤有机质的变化

土壤有机质是土壤肥力的主要指标之一。从表 3 可以看出,不同测定时期的土壤有机质之间差异较大。与休闲期相比,播种期土壤有机质下降幅度较大,其中以 NSB20 在整个耕层中的平均含量下降幅度较大(37.28%),其次是 NS20,下降 31.33%;到收获期土壤有机质含量又有所回升。造成这一现象的主要原因在于:实施保护性耕作后,虽然地表积聚了大量的有机物料,但由于试验期间不施农家肥,土壤有机质失去了一个重要来源;而且在西北地区气候条件下,秸秆处理初期,土壤有机质的矿化速率大于地表秸秆分解补给速率,随着处理时间的推移,表层作物秸秆逐渐分解,收获期表层作物秸秆的分解速度大于土壤有机质的矿化速度,土壤有机质又开始正向积累。

表 3 免耕留茬和秸秆覆盖对土壤有机质的影响
Table 3 The effects of no-tillage and straw mulch on soil organic content (%)

测定时期 Measurement period	层次(cm) Soil layers	处 理 Treatments						
		CT	NPS20	NS40	NPS40	NS20	NSB40	NSB20
休闲期 Fallow stage	0~5	1.905	1.828	2.097	1.798	1.783	1.871	1.918
	5~10	1.941	1.838	1.973	1.778	1.697	1.931	1.823
	10~20	1.842	1.806	1.827	1.719	1.635	1.824	1.800
	平均 Mean	1.896	1.824	1.966	1.765	1.705	1.875	1.847
播种期 Sowing stage	0~5	1.343	1.820	1.693	1.429	1.246	1.878	1.242
	5~10	1.393	1.567	1.574	1.470	1.198	1.797	1.147
	10~20	1.421	1.519	1.616	1.284	1.097	1.766	1.109
	平均 Mean	1.386	1.635	1.628	1.394	1.180	1.814	1.166
收获后 Harvesting	0~5	1.731cB	1.922abAB	1.893abcAB	1.903abcAB	1.948abAB	2.039aA	1.799bcAB
	5~10	1.745b	2.015a	1.762b	1.658b	1.805ab	1.831ab	1.721b
	10~20	1.681ab	1.800ab	1.851a	1.572b	1.798ab	1.724ab	1.585b
	平均 Mean	1.719	1.912	1.835	1.711	1.850	1.865	1.702

注:小写字母表示在 0.05 水平差异,大写字母表示在 0.01 水平差异。
Note: Different capital letter stands for significance at 0.01 level; Different lowercase letter stands for significance at 0.05 level.

测定结果表明(表 3):试验之初的休闲期,传统耕作各层次土壤有机质含量均高于保护性耕作处理,但保护性耕作各处理之间无差异。主要是传统耕作的翻耕将地表极为有限的残茬均匀地翻入土中,有利于秸秆的分解。而在保护性耕作的处理中,虽然有大量作物秸秆置于地表,但在降雨稀少的北方,秸秆腐解率较低,地表作物残茬在短期内不能成为补给有机质的有效 C 源。随着处理时间的推进,在播种前和收获后,保护性耕作各处理的土壤有机质含量均大于传统耕作。保护性耕作各处理土壤有机质随着土层深度的增加而递减,而传统耕作则由

于前茬作物的残茬以及根系分泌物均匀地分布在整个耕层,在各层次之间无差异。

2.3 不同留茬覆盖免耕保护性耕作条件对春小麦产量的影响

留茬覆盖免耕保护性耕作提高了春小麦的产量。从表 4 可以看出,保护性耕作处理与传统耕作之间产量差异显著:NPS20 和 NPS40 增产效果最好,较传统耕作分别增产 53.08%和 46.59%,与传统耕作之间差异达到极显著水平;NS40 处理增产 40.81%,差异达显著水平;NS20,NSB40 和 NSB20 覆盖处理较传统耕作分别增产 19.93%,17.33%,

4.34%, 差异不显著。

表 4 保护性耕作对春小麦产量的影响
Table 4 Effects of conservation tillage on the yield of spring wheat

项目 Item	CT	NPS20	NPS40	NS40	NS20	NSB40	NSB20
产量 Yield (kg/hm ²)	4015.4cC	6146.9aA	5886.1abAB	5654.0abABC	4815.7bcABC	4711.2bcABC	4189.7cBC

注:小写字母表示在 0.05 水平差异,大写字母表示在 0.01 水平差异。
Note:Different capital letter stands for significance at 0.01 level; Different lowercase letter stands for significance at 0.05 level.

3 结 论

1) 由于其特殊的气候影响,河西绿洲区土壤微生物量 C 随季节变化明显:播种前土壤微生物量 C 最高,收获后最低。

2) 保护性耕作对不同时期土壤微生物量 C 的影响不同。在休闲期土壤微生物量 C 以 NPS40 最高,播种期以 NS40 最高,收获后则以覆盖量最大、保水效果最好的 NSB40 最高。

3) 河西地区气候干旱少雨,土壤表层的作物残茬在短时期内不能迅速腐解为土壤有机质的来源,在没有有机肥施入的条件下,所有处理土壤有机质下降幅度较大。但随着试验进程的推进,土壤有机质又有所回升,保护性耕作各处理的土壤有机质含量均大于传统耕作。保护性耕作各处理土壤有机质随着土层深度的增加而递减,而传统耕作则由于前茬作物的残茬以及根系分泌物均匀地分布在整个耕层,在各层次之间无差异。

参 考 文 献:

[1] Elerbrock R H, Hohn A, Rogasik J. Functional analysis of soil organic matter as affected by long-term manorial treatment [J]. *Eur J Soil Sci*, 1999, 50: 65—71.

[2] 张海燕,肖延华,张旭东,等. 土壤微生物量作为土壤肥力指标的探讨[J]. *土壤学报*, 1999, 36(3): 387—394.

[3] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评估中的意义[J]. *土壤*, 1997, 29(2): 61—69.

[4] Lawson N D, Elliot L F, Papendick R I. The decomposition of ¹⁴C-labelled wheat straw and ¹⁵N-labeled microbial material[J].

Soil Biol Biochem, 1989, 21: 417—422.

[5] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. *Soil Biol Biochem*, 1985, 17: 937—842.

[6] 继红,刘景双,于君宝,等. 氮磷肥对黑土玉米农田生态系统土壤微生物量碳、氮的影响[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(1): 35—38.

[7] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon [J]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19: 703—707.

[8] 林启美,吴玉光,刘焕龙. 熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J]. *生态学杂志*, 1999, 18(2): 63—66.

[9] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版)[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 33—36.

[10] Van Gestel M, Ladd J N, Amato M. Microbial biomass responses to seasonal change and imposed drying regimes at increasing depths of undisturbed topsoil profiles [J]. *Soil Biol Biochem*, 1992, 24: 103—111.

[11] Singh J S, Raghubanshi A S, Singh R S, et al. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna[J]. *Nature*, 1989, 338: 499—500.

[12] Kaiser E A, Martens R, Heinemeyer O. Temporal changes in soil microbial carbon in arable soil; consequence for soil sampling [J]. *Plant and Soil*, 1995, 170: 287—295.

[13] Garciaf O, Rice C W. Microbial biomass dynamics in tallgrass prairie[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1994, 58: 816—823.

[14] Kandeler E, Palli S, Stemmer M, et al. Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fraction of a Haplic cherozem[J]. *Soil Biol Biochem*, 1993, 31: 1253—1264.

[15] Gao Yajun, Huang Dongmai, et al. Long-term impacts of soil management on microbial biomass C. N. P. in rice-based cropping system[J]. *Pedosphere*, 2001, 11(4): 349—357.

(英文摘要下转第 182 页)

参 考 文 献:

[1] Mandal B K, Dagupta S, Ray P K. Yield of wheat, mustard and chickpea grown as sole crop and intercrop with 4 moisture regimes [J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 1986, 56(3): 187—193.

[2] 胡恒觉, 黄高宝. 新型多熟种植研究[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1999. 18—204.

[3] 李 隆. 间作作物种间促进与竞争作用的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1999.

[4] 刘昌明, 王会肖. 土壤—作物—大气界面水分过程与节水调控[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 1—37.

[5] 赵聚宝, 徐祝龄, 种兆站, 等. 中国北方旱地农田水分平衡[M]. 北京: 农业出版社, 2000. 81—87.

[6] Morris R A, Garrity D P. Resource capture and utilization in intercropping: water[J]. Field Crop Research, 1993, 34: 303—317.

Effect of wheat/maize intercropping and nitrogen fertilizer on water use

YE You-liang^{1,2}, LI Long¹, SUN Jian-hao³

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100094, China; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Effect of 6 varieties of wheat intercropped with maize at two nitrogen rate in Hexi corridor of Gansu province on water use were discussed, the results showed that soil water content of intercropped wheat were higher than that of solecropped, and soil water content of intercropped maize were lower than that of solecropped after wheat harvest, soil water content of intercropped maize were higher than that of solecropped after maize harvest, but soil depth were different with various wheat varieties. With no nitrogen application, water use (WU) by 6 varieties of wheat/maize intercrops relative to sole crops were decreased by 4.82%~8.79%. Water use efficiency (WUE) by wheat of 171 /maize intercrops relative to sole crops were increased by 9.25%, yet the other varieties of wheat/maize intercrops relative to sole crops were decreased by 2.30%~15.06%. At 300 kg/hm² nitrogen rate, WU by 6 varieties of wheat/maize intercrops relative to sole crops were decreased by 1.09%~6.96%, WUE by 6 varieties of wheat/maize intercrops relative to sole crops were increased by 10.76%~29.56%.

Key words: wheat/maize intercropping; N fertilizer; soil water content; water use

(上接第 175 页)

Effects of conservative tillage on soil microbial biomass and soil organic matter in Hexi Oasis

ZHANG Feng-yun^{1,2}, CHENG Xue-feng¹, ZHANG En-he²

(1. Department of Resources and Environmental Sciences, Heze College, Heze, Shandong 274015, China; 2. Agroecological Engineering Institute, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The influences of different quality of mulching straw, the height of standing straw and straw treating style to soil microbial biomass C (SMB-C), soil organic matter content (OM) and grain yield(Y) were studied with a filed experiment in Hexi corridor. The results showed; there was a clear tendency that SMB—C changed with the changes of seasons and that before sowing was the highest and after harvesting was the lowest. Soil operation in different period had different influences on SMB-C. OM in conservative tillage treatment was higher than that of conventional tillage from sowing stage and that in conservative tillage decreased with the increase of soil layer and that in conventional tillage had no difference. Grain yield were improved by the conservative tillage with straw cover or straw standing, and that of NPS20、NPS40、NS40、NS20、NSB40 and NSB20 were increased by 53.08%、46.59%、40.81%、19.93%、17.33% and 4.34% respectively compared with CT.

Key words: no-tillage; straw mulch; soil microbial biomass; soil organic matter; yield