

免耕秸秆覆盖对旱作麦田土壤温度的影响

黄高宝¹, 李玲玲¹, 张仁陟², 蔡立群², Guangdi Li³, Kwong Yin CHAN⁴

(1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 3. NSW Department of Primary Industry, Wagga, NSW 2650, Australia; 4. NSW Department of Primary Industry, Richmond, NSW 2753, Australia)

摘要: 通过2001~2004年的大田试验研究了免耕秸秆覆盖对黄土高原西部旱地麦田土壤温度的影响。结果表明, 土壤温度与气温关系密切; 雨季土壤贮水多会导致土壤比热增大而来年早春地温回升慢; 免耕秸秆覆盖与传统耕作的地温差不受天气状况的影响。与传统耕作相比, 免耕秸秆覆盖可以稳定土壤温度, 白天升温较慢, 下午至夜间降温更慢。免耕秸秆覆盖降低春小麦全生育期的平均温度 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 1.6^{\circ}\text{C}$, 拔节至成熟期降低得更多, 但对休闲期土壤温度影响不大。免耕秸秆覆盖春小麦经济产量可提高 $8.8\% \sim 28.8\%$, 但产量与耕层平均地温无明显相关性。

关键词: 春小麦; 免耕秸秆覆盖; 土壤温度; 作物产量

中图分类号: S157.4⁺2; S152.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2006)05-0001-05

近年来, 随着人们对水土资源退化及作物生产力水平低下等问题认识的广泛深入^[1~3], 机械化免耕秸秆覆盖技术及其增产机理研究成为国内外研究的热门课题^[4~9]。土壤温度与土壤生物、化学特性及小麦的生长发育密切相关^[10~12], 免耕秸秆覆盖对土壤温度的影响在国外有一定的研究^[4, 9], 但国内在这方面的系统研究较少。尤其对黄土高原旱作麦田土壤温度的周年变化动态及规律还缺乏较深入的研究。研究免耕秸秆覆盖对麦田土壤温度变化, 是合理促进小麦生长发育、制定适宜保护性栽培措施的重要前提。为此, 本文通过多年田间试验, 研究了免耕秸秆覆盖对旱作麦田土壤温度的影响及土壤温度变化与气象因子和小麦产量之间的关系, 以期为黄土高原地区小麦免耕秸秆覆盖技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验于2001~2005年在甘肃农业大学定西旱农综合试验站实施。该区年日照时数2 476.6 h, 年均温 6.4°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温2 239.1 $^{\circ}\text{C}$, 年降雨量390.9 mm, 年蒸发量1 531 mm, 为黄土高原西部典型的半干旱旱作农业区, 一年一熟, 春小麦为第一大粮食作物。试区土壤为典型的黄绵土, 主要理化特性如表1所示。

表1 试区土壤主要理化性质(2001-08-20)

Table 1 Basic soil chemical and physical properties

层次 Depth (cm)	容重 Bulk density (g/cm ³)	田间持 水量 Field capacity (cm ³ /cm ³)	有机质 Organic matter (g/kg)	速效氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)
0~5	1.29	0.27	13.15	29.25	13.31
5~10	1.23	0.27	12.86	26.54	11.47
10~30	1.32	0.27	11.95	33.61	4.89
30~50	1.20	0.27	11.43	30.79	1.84

1.2 试验设计

试验共设2个处理, 传统耕作(T), 即作物收获后至冻结前三耕两耧; 免耕秸秆覆盖(NTS), 即全年不耕作, 播种时用免耕播种机一次性完成施肥和播种, 收获后2, 4-D和草甘磷除草, 脱粒后将全部前作秸秆覆盖在原小区。2001年8月开始布置试验, 免耕覆盖秸秆处理覆盖小麦秸秆4 500 kg/hm², 以后每年收获后所有秸秆归还还原小区。本文是小麦豌豆年间轮作试验的一部分, 因此除2002年小麦前茬作物为胡麻外, 以后每年前茬均为豌豆。

参试春小麦品种为定西35号, 试验地前茬即2001年作物为胡麻。春小麦每年3月中旬用免耕播种机播种, 播量187.5 kg/hm², 行距20 cm。每公顷施纯N 105 kg(尿素, 46%N), 纯P₂O₅ 105 kg(过磷酸钙, 14%P₂O₅)。

收稿日期: 2006-03-20

基金项目: 中澳合作项目SMCN(LWR2/1999/094); 甘肃省农牧厅项目(034048); 中国农村技术开发中心项目(0390993)

作者简介: 黄高宝(1965-), 男, 甘肃天水人, 博士生导师, 教授, 从事多熟种植、保护性农业、节水农业等的教学与研究。E-mail: huanggh@gsau.edu.cn.

1.3 土壤温度测定

2002 年采用地温计于 8:00、14:00 及 19:00 分别测定了小麦生长期间地表(0 cm)及距离地表 5、10、15、20、25 cm 处的土壤温度;从 2003 年小麦出苗后(4 月 7 日)到 2005 年播种前(2 月 28 日)每天下午 14:00 测定各处理不同层次的土壤温度,0~25 cm 土壤温度为各层次温度的平均值。

1.4 气象数据的测定

试验期间用澳大利亚 Hastings Data Loggers (HDL)公司生产的 Millivolt Input Data Logger 每小时测定 1 次试验站距地面 1 m 处的大气温度。降水量用雨量筒测定。

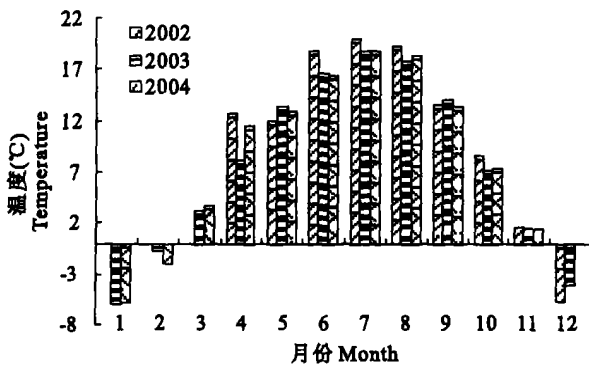


图 1 2002~2004 年各月平均气温

Fig. 1 Monthly average air temperature

2.2 免耕秸秆覆盖在不同天气状况不同时段对麦田土壤温度的影响

不同天气状况下免耕秸秆覆盖与传统耕作麦田的土壤温度如图 3。2002 年 5 月 14 日(阴)和 5 月 16 日(晴)8:00、14:00 及 19:00 的气温分别是 2.8℃、19.5℃、17.1℃ 和 8.5℃、23.1℃、20.8℃。不论晴天还是阴天,8:00 的地温最低,14:00 的地温最高。8:00 土壤 0~25 cm 各层次的温度都高于气温;14:00 的土壤表面 0~10 cm 温度高于气温,而 10~25 cm 处的地温比气温略低;19:00 的气温与地温差不多。土壤不同层次之间进行比较,一般 8:00 土壤温度随土层深度的增加呈先降后升的(“”)形,5~15 cm 处的温度最低;到 14:00 气温达到日最高值,土壤温度不断升高,且土壤表层温度增加比深层快,因此此时土温随土层深度的增加呈下降趋势;到 19:00,地表温度随气温的回落而降低,但由于表层土壤吸收热量还在继续向下传递,下层土温继续升高,最高点在 5~10 cm 之间,因此随土层深度的增加土壤温度呈先升后降的(“”)形。

免耕秸秆覆盖对地温的影响在不同天气状况下

2 结果与分析

2.1 各试验年度月平均气温及各月降水量

2002~2004 年月平均气温和月降水量及过去 35 a(1970~2004)月平均降水量如图 1 和图 2 所示。2002 年小麦生长期的各月平均气温相对较高,而 12 月份气温相对较低;2003 年小麦苗期(4 月份)气温较低,2002 和 2004 年其余各月平均气温差异不明显。图 2 还表明,3 a 试验期间,2002 年和 2004 年偏旱,但 2002 年作物生长期降水分布比较均匀,2003 年降水相对比较丰富,达到该区历史最高水平。

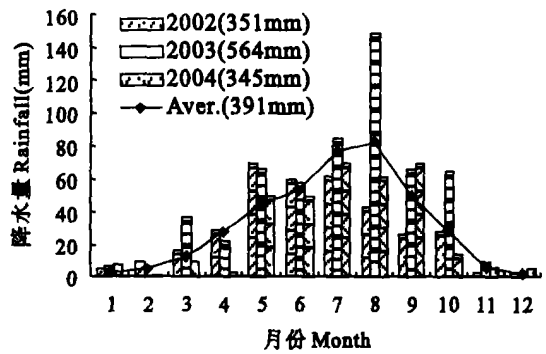


图 2 2002~2004 年及 1970~2004 年月平均降水量

Fig. 2 Monthly average rainfall in 2002~2004 compare to long-term average

相似。免耕秸秆覆盖处理各层次平均地温在 8:00 比传统耕作高 0.5℃~0.6℃,而在 14:00 和 19:00 比传统耕作低 1.3℃~3.2℃。传统耕作处理在白天随气温的升高,土壤温度提升快,14:00 以后表层 0~10 cm 土壤温度回落也快;而免耕秸秆覆盖 8:00~14:00 土壤温度提升慢,14:00 以后表层 0~10 cm 土壤温度回落也慢。总之,覆盖免耕秸秆可以稳定土壤温度,白天升温较慢,下午至夜间降温更慢。所以早上 8:00 的地温比传统耕作还要稍高一点。

2.3 对小麦生长期土壤温度变化动态的影响

2002~2004 年小麦出苗至收获期间每周 0~25 cm 土壤温度的平均值如图 4 所示。结果表明,土壤温度与气温关系密切,2002 年作物生长盛期(6 月)气温较高,土壤温度也高。免耕秸秆覆盖对小麦生长前期的土壤温度影响较小,出苗 7 周(拔节期)后土壤温度处理间出现明显差异,免耕秸秆覆盖降低麦田 14:00 的地温。2002 年、2003 年和 2004 年免耕秸秆覆盖麦田全生育期 0~25 cm 土层平均温度分别比传统耕作降低 1.1℃、0.5℃和 1.6℃。

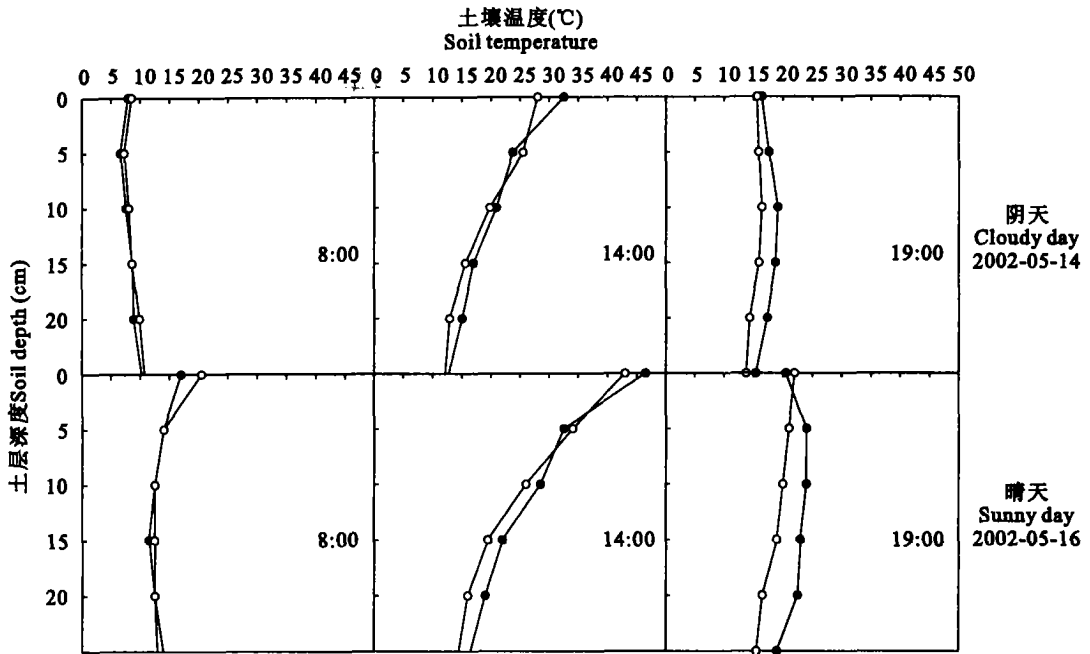


图3 阴天和晴天 8:00、14:00 及 19:00 免耕秸秆覆盖与传统耕作麦田的土壤温度(● T; ○ NTS)

Fig.3 Soil temperature at different time in cloudy day and sunny day under different treatments

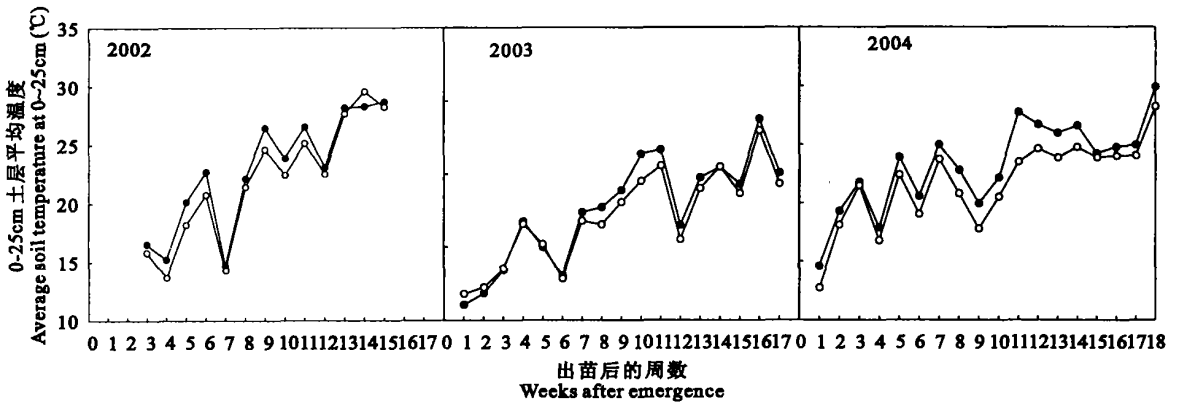


图4 小麦生长期免耕秸秆覆盖与传统耕作 0~25 cm 土层平均温度的变化动态(14:00) (● T; ○ NTS)

Fig.4 Average soil temperature at the profile of 0~25 cm during crop growing season in 2002~2004 (14:00)

2.4 地膜覆盖与免耕对休闲期土壤温度的影响

表2为2003~2004年休闲期和2004~2005年休闲期各月不同处理0~25 cm土壤14:00温度的平均值。处理间温度差异一直都很小。2003~2004

年休闲期和2004~2005年休闲期免耕秸秆覆盖0~25 cm土层14:00的平均温度分别为7.7℃和9.5℃,传统耕作的分别为7.8℃和9.4℃。因此,免耕秸秆覆盖对休闲期土壤温度无明显影响。

表2 休闲期免耕秸秆覆盖与传统耕作14:00 0~25 cm 土层月平均地温(°C)

Table 2 Monthly average soil temperature at 0~25 cm during fallow stage (14:00)

处理 Treatment	8月 Aug.	9月 Sept.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.	1月 Jan.	2月 Feb.
2003~2004 休闲期 Fallow stage in 2003~2004							
NTS	23.9	19.0	11.4	5.1	-0.2	-0.9	2.0
T	24.3	18.6	11.2	5.3	0.1	-0.6	2.2
2004~2005 休闲期 Fallow stage in 2004~2005							
NTS	25.0	19.6	12.6	6.9	1.8	-1.8	1.4
T	25.9	19.9	12.2	6.8	1.4	-2.2	1.1

2.5 免耕秸秆覆盖对小麦产量的影响

免耕秸秆覆盖与传统耕作 2002~2004 年的小麦产量比较如表 3 所示。年间比较, 2003 年产量最低, 而 2004 年产量最高。究其原因 2003 年降雨量虽多, 但分布不均匀, 尤其在开花前后比较干旱, 而大多降水发生在小麦生长的后期, 因此 2003 年较多的降水对当年小麦没多大增产作用, 但却增加了土壤贮水, 提高了后效; 致使 2004 年具有最高的产量。这说明黄土高原西部旱农区春小麦产量不仅与当季降水量有关, 而且与前一年土壤贮水密切相关。

与传统耕作相比, 免耕秸秆覆盖可以提高小麦产量, 2002~2004 年的提高幅度在 8.8% 至 28.9% 之间。经过统计分析发现各处理的产量与 0~5 cm 土壤平均温度无明显相关性。

表 3 免耕秸秆覆盖对春小麦经济产量的影响(kg/hm²)

Table 3 Effect of no-tillage on grain yield of spring wheat

年份 Year	T	NTS
2002	1816.05 _b	2150.67 _a
2003	1416.05 _b	1825.48 _a
2004	2188.94 _{ab}	2381.99 _a

注: 同一行的不同字母表示同年不同处理间 5% 水平上的显著差异。

Note: Different lowercases in the same row represents significant difference at $P \leq 0.05$ between the two treatments in same year (LSD)

3 结论与讨论

1) 土壤温度与气温关系密切。在一天中, 8:00 的地温最低, 14:00 的地温最高。8:00 土壤 0~25 cm 各层次的温度都高于气温; 14:00 的土壤表面 0~10 cm 温度高于气温, 而 10~25 cm 处的地温比气温略低; 19:00 的气温与地温差不多。一般 8:00 土壤温度随深度增加呈“(”形; 14:00 土壤温度随深度增加不断下降; 到 19:00, 随深度增加土壤温度呈“)”形。

2) 土壤温度与土壤贮水量有很大关系。2002~2004 年间, 2004 年春季小麦出苗后 1~2 周的地温最低。这可能与 2003 年雨季丰富的降水导致土壤贮水量多、比热较大有很大的关系。

3) 免耕秸秆覆盖与传统耕作的地温差基本不受天气状况的影响。免耕秸秆覆盖处理各层次平均

地温在 8:00 比传统耕作高 0.5℃~0.6℃, 而在 14:00 和 19:00 比传统耕作低 1.3℃~3.2℃。传统耕作处理在白天随气温的升高, 土壤温度提升快, 14:00 以后回落也快; 而免耕秸秆覆盖 8:00~14:00 土壤温度提升慢, 14:00 以后回落也慢。

4) 免耕秸秆覆盖在不同年份降低春小麦 0~25 cm 土层全生育期的平均温度 0.5℃~1.6℃, 特别是降低拔节至成熟期的土壤温度, 但对休闲期土壤温度影响不大。

5) 免耕秸秆覆盖有利于黄土高原西部旱农区春小麦经济产量的提高, 但产量与耕层平均地温无明显相关性。因此, 免耕秸秆覆盖的增产作用可能主要是通过蓄水保墒、提高水分利用效率实现的。

参考文献:

- [1] Basic F, Kisić I, Butorac A, et al. Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia [J]. Soil & Tillage Research, 2001, 62: 145-151.
- [2] Secretariat. Convention to combat desertification [M]. Geneva, Switzerland. 1995.
- [3] Tebrugge F, Düring R A. Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany [J]. Soil & Tillage Research, 1999, 53: 15-28.
- [4] Basic F, Kisić I, Mešić M, et al. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia [J]. Soil & Tillage Research, 2004, 78: 197-206.
- [5] Fowler Richard, Rockstrom Johan. Conservation tillage for sustainable agriculture, an agrarian revolution gathers momentum in Africa. Soil & Tillage Research. 2001, 61: 93-107.
- [6] 高焕文, 李问盈, 李洪文. 中国特色保护性耕作技术 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1-4.
- [7] Lal R. Tillage and agricultural sustainability [J]. Soil & Tillage Research. 1991, 20: 133-146.
- [8] 李洪文, 陈君达, 高焕文. 旱地玉米免耕覆盖播种技术及机具试验研究 [J]. 干旱地区农业研究, 1995, 12(3): 95-100.
- [9] Mark A Licht, Mahdi Al-Kaisi. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties [J]. Soil & Tillage Research. 2005, 80: 233-249.
- [10] 陈素英, 张喜英, 刘孟雨. 玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律 [J]. 中国农业气象, 2002, 23(4): 34-37.
- [11] XIAO Hui-lin, ZHENG Xi-jian. Effects of soil warming on some soil chemical properties [J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 316-321.
- [12] 谢军飞, 李玉娥. 土壤温度对北京旱地农田 N₂O 排放的影响 [J]. 中国农业气象, 2005, 26(1): 7-10.

(英文摘要下转第 19 页)

Evaluation of economic adaptability of conservation tillage in the semi-arid areas of Loess Plateau

SUN Li-jun¹, ZHANG Ren-zhi², CAI Li-qiong²

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Basing on the experiment of conservation tillage conducted in the semi-arid areas of Loess Plateau from 2001 to 2005, the economic adaptability of conventional tillage and 5 kinds of conservation tillage was evaluated by using the agro-economic evaluation method. The results showed that no-till with straw cover (NTS) was the best method among various treatments, and the economic efficiency and production level of NTS were the highest. The productivity of NTS was much stable and the resistant-ability of NTS to environmental disasters was much strong. Therefore, NTS is an effective way that can not only increase the crop yield but also improve the sustainable development of agriculture in the semi-arid areas of Loess Plateau in central Gansu Province.

Keywords: conservation tillage; economic adaptability; evaluation; Loess Plateau

(上接第 4 页)

Effects of no-tillage with stubble retention on soil temperature of rainfed spring wheat field

HUANG Gao-bao¹, LI Ling-ling¹, ZHANG Ren-zhi², CAI Li-qun², Guangdi LI³, Kwong Yin CHAN⁴

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 2. College

of Resource and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 3. NSW Department of Primary Industry, Wagga, NSW 2650, Australia; 4. NSW Department of Primary Industry, Richmond, NSW 2753, Australia)

Abstract: The field experiments were conducted from 2001 to 2005 in Dingxi on the western Loess Plateau to investigate the effects of no-tillage with stubble retention (NTS) on soil temperature in the farming system of rainfed spring wheat. The results showed that soil temperature was affected mainly by air temperature, and also by soil water storage. The more water stored in soil in the summer-autumn wet season, the lower the soil temperature was in the following early spring. The difference of soil temperature between NTS and conventional tillage (T) were consistent under different weather conditions. The soil temperature of NTS was more stable than that of T. The average soil temperature of NTS during the wheat growing season was 0.5°C~1.6°C lower than that of T, and the difference of soil temperature between these two treatments was the greatest in jointing and maturity stage, but there was no significant difference during fallow stage. The yield of spring wheat under NTS was 8.8%~28.8% higher than that under T; however, there was no significant relationship between average topsoil temperature and grain yield.

Keywords: spring wheat; no-tillage with stubble retention; soil temperature; grain yield