

旱地冬小麦返青前秸秆覆盖的土壤温度效应

刘 炜, 高亚军, 杨君林, 杨学云, 李生秀

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 设置田间试验, 研究旱地麦田秸秆覆盖的土壤温度效应, 采用微型温度记录仪连续 24 h 观测, 获得了小麦返青前 10 cm 和 20 cm 深度土壤温度的系统数据。结果表明: 秸秆覆盖使麦田冬前(11月21日~12月20日)和越冬前期(12月21日~1月20日)的昼夜平均温度显著升高; 冬前和越冬前期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在 13:00~17:00 之间低于无覆盖, 其余时间高于无覆盖土壤, 越冬后期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在 12:00~23:00 之间低于无覆盖, 其余时间则高于无覆盖; 覆盖土壤 20 cm 温度在 24 h 内则始终高于无覆盖土壤(冬前和越冬前期); 8:00~10:00 覆盖与无覆盖温差最大。土壤 20 cm 昼夜平均温度均显著高于 10 cm 土壤; 秸秆覆盖条件下 20 cm 与 10 cm 温差昼夜平均值在冬前显著低于无覆盖, 在越冬期则稍高于无覆盖; 秸秆覆盖显著降低土壤温度的变幅, 土壤的升温速率和降温速率也显著低于无覆盖土壤。

关键词: 旱地; 冬小麦; 秸秆覆盖; 土壤温度

中图分类号: S512.1⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)04-0197-05

有研究报道, 秸秆覆盖条件下会出现不增产或减产现象, 很多人往往把这与秸秆覆盖产生的温度效应联系起来。比如, 王甲辰认为, 与传统淹水方法和秸秆覆盖加施锰肥相比, 单纯秸秆覆盖会造成旱作水稻显著减产, 是由于秸秆覆盖的降温作用造成水稻根系活力下降, 对养分吸收能力尤其是对锰吸收能力降低, 因而在分蘖初期表现出缺锰症^[1]。陈素英认为, 太行山前平原的冬小麦田少覆盖增产, 多覆盖减产, 是由于覆盖过多造成小麦返青时温度过低, 推迟和阻碍了冬小麦的正常生长; 覆盖的保墒效应又使小麦后期贪青徒长, 最后影响产量^[2]。马忠明认为, 甘肃河西绿洲灌区的玉米田, 不同时期秸秆覆盖可有效抑制棵间蒸发, 但早期秸秆覆盖降低了土壤温度, 影响玉米出苗和生长, 导致玉米减产和水分生产效率降低^[3]。还有许多研究者提到了覆盖降低冬春季节土壤温度从而影响作物生长^[4~6]。但同时, 另一些研究者提出了“秸秆覆盖在低温时有增温效应, 高温时有降温效应”的观点, 并认为这有利于作物生长^[7~10]。同样是冬小麦, 有研究者报道秸秆覆盖使耕层土壤积温降低, 因此, 覆盖麦田小麦返青一般推迟 3~5d^[4]; 还有研究者则认为, 盖秸麦田比不盖秸麦田冬季可提高耕层土壤温度 0.5~2.5℃, 使小麦提早 3~6d 返青^[11]。春玉米从出苗到拔节期秸秆覆盖的 10~15cm 土层平均温度显著

低于裸地, 覆盖处理玉米出苗至拔节期都比裸地延迟 3d, 然而, 最终产量覆盖仍然比裸地高^[5]。由此可见, 减产现象一般都认为和温度有关, 但结果不一的原因未明, 条件也未肯定。

要明确这一问题, 首先应该了解秸秆覆盖后土壤温度的变化情况。但到目前为止, 几乎未看到覆盖后土壤温度变化的完整、系统测定数据。绝大多数研究只是测定了覆盖农田作物某一生长阶段的温度, 提供的数据往往是平均值, 难以看出作物不同生育阶段和不同深度土壤温度的变化^[6, 12~15]。已有的资料显示, 同一作物的不同生育阶段, 同一天不同时刻, 同一时刻不同深度的地温都会显著不同。即使同天、同时、同土层, 地温的高低仍受秸秆覆盖量、覆盖时间、覆盖物性质等影响^[2, 9, 14, 16, 17]。秸秆覆盖田夜间和早晚土壤温度较高, 白天则较低^[10, 18]。“覆盖增温”的说法可能主要以早晚的地温结果作为依据, 而“覆盖降温”的说法则往往以白天的结果为基础。由此可见, 深入系统地测定土壤温度是研究这一问题的重要基础。

本研究通过对冬小麦生育前期秸秆覆盖条件下的土壤温度进行昼夜 24 h 连续观测和纪录, 研究旱地麦田秸秆覆盖的土壤温度效应, 以为揭示秸秆覆盖增产机理和减产原因提供线索, 为丰富和完善旱地农业的理论提供依据。

收稿日期: 2006-01-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“旱地秸秆覆盖条件下小麦减产的原因及作用机制”(40471069); 重点项目“西北旱地优质高产高效栽培的生理生态研究”(30230230)

作者简介: 刘 炜(1981—), 女, 陕西眉县人, 硕士生, 主要研究方向为植物营养生理生态。E-mail: vera-0908@126.com.

通讯作者: 高亚军, E-mail: yajungao2001@yahoo.ca; gaoyajun@263.net.

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验始于 2005 年 10 月至 2006 年 3 月,在西北农林科技大学农作一站试验田进行。该地位于陕西省杨凌头道塬上,海拔 524.7 m,年平均气温 13℃左右,年平均降雨量 550~600 mm。土壤类型为褐土类,暗棕土亚类,红油土属,黄土母质。土壤基本性状见表 1。

表 1 试验地土壤基本性状

Table 1 Soil properties of experimental plot

土层深度 Soil depth (cm)	有机质 Organic matter (mg/kg)	有效磷 Available P (mg/kg)	铵态氮 NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)	硝态氮 NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)
0~20	13.79	4.93	2.41	5.43
20~40	11.43	3.10	2.32	6.12
40~60	8.00	2.21	1.95	1.34
60~80	7.36	1.89	2.65	8.65
80~100	6.69	2.01	2.57	8.65

研究包括 2 个处理:常规栽培(即传统的裸地无覆盖耕作)和秸秆覆盖(小麦出苗后~11 月中旬,用麦秆覆盖行间,4500 kg/hm²)。

供试作物为冬小麦,供试品种为小偃 22-3,种植方式为冬小麦一休闲一冬小麦。每年 10 月上旬播种,次年 6 月上旬收获。

1.2 温度测定和数据处理

微型温度记录仪,摩洛哥 Onset Computer Corporation 公司制造;型号:32K Stow Away TidbiT;温度测量范围:-5℃~37℃;温度分辨率:0.16℃

(21℃下标定);精度:±0.2℃(21℃下标定)。在小麦苗期秸秆覆盖后埋设于小麦行间 10 cm 和 20 cm 深度,记录时间间隔设置为 1 h。本次测定始于 2005 年 11 月 21 日(小麦出苗并覆盖秸秆后),结束于 2006 年 2 月 23 日。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖条件下土壤昼夜平均温度的动态变化

冬小麦田秸秆覆盖后的前 3 个月,根据土壤昼夜平均温度和昼夜平均气温的变化特点可以分为 3 个时期(图 1)。

前期(11 月 21 日~12 月 20 日,基本上属于冬前生长阶段):日平均气温总体呈下降趋势,土壤温度逐渐下降,覆盖与无覆盖土壤昼夜平均温度差异显著(秸秆覆盖 10 cm 土壤昼夜平均温度为 4.42℃,比无覆盖高 1.19℃;20 cm 平均温度为 5.36℃,比无覆盖高 0.64℃)。中期(12 月 21 日~1 月 20 日,小麦越冬前期):日平均气温和土壤温度处于整个生育期的最低状态,而且土壤温度变化不大,覆盖土壤温度仍然显著高于无覆盖处理(覆盖 10 cm 平均温度为 0.45℃,比无覆盖高 0.32℃;20 cm 平均温度为 1.46℃,比无覆盖高 0.44℃)。后期(1 月 21 日~2 月 20 日,小麦越冬后期):日平均气温和土壤温度开始上升,覆盖与无覆盖土壤的昼夜平均温度差异已不甚明显(覆盖 10 cm 平均温度为 2.77℃,无覆盖为 2.87℃;20 cm 平均温度为 3.10℃,无覆盖为 3.12℃)。即秸秆覆盖使冬麦田冬前和越冬前期的昼夜平均温度显著升高。

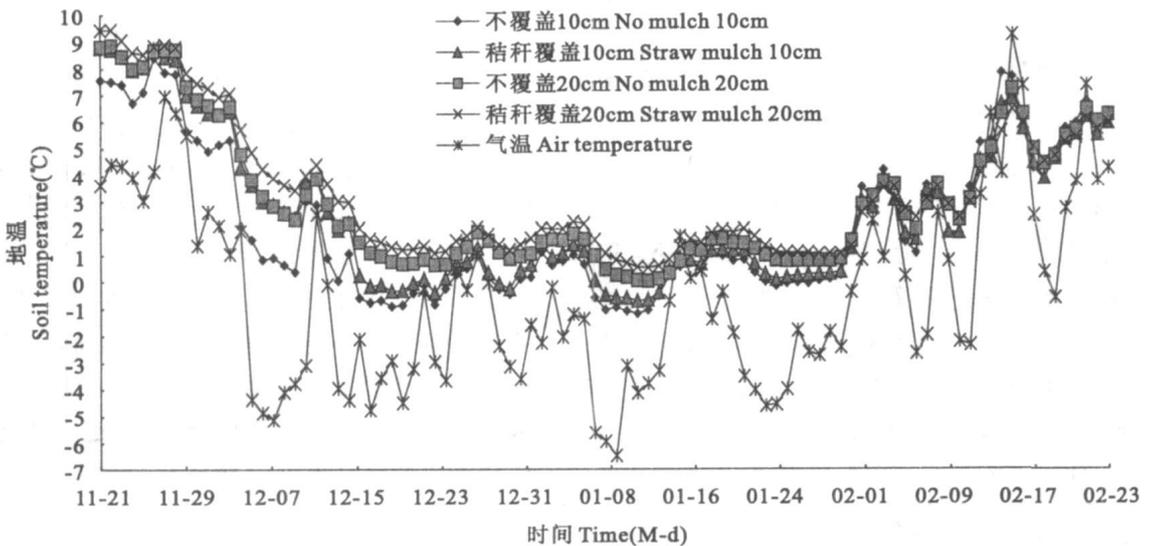


图 1 冬小麦返青以前秸秆覆盖的土壤昼夜平均温度

Fig. 1 Average soil temperature of 24 hours in a day under straw mulching before turning green stage of wheat

2.2 秸秆覆盖条件下土壤温度的昼夜变化

土壤温度的昼夜变化如图 2。冬前和越冬前期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在 13:00~17:00 之间

低于无覆盖, 其余时间高于无覆盖土壤; 越冬后期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在 12:00~23:00 之间低于无覆盖, 其余时间则高于无覆盖土壤。

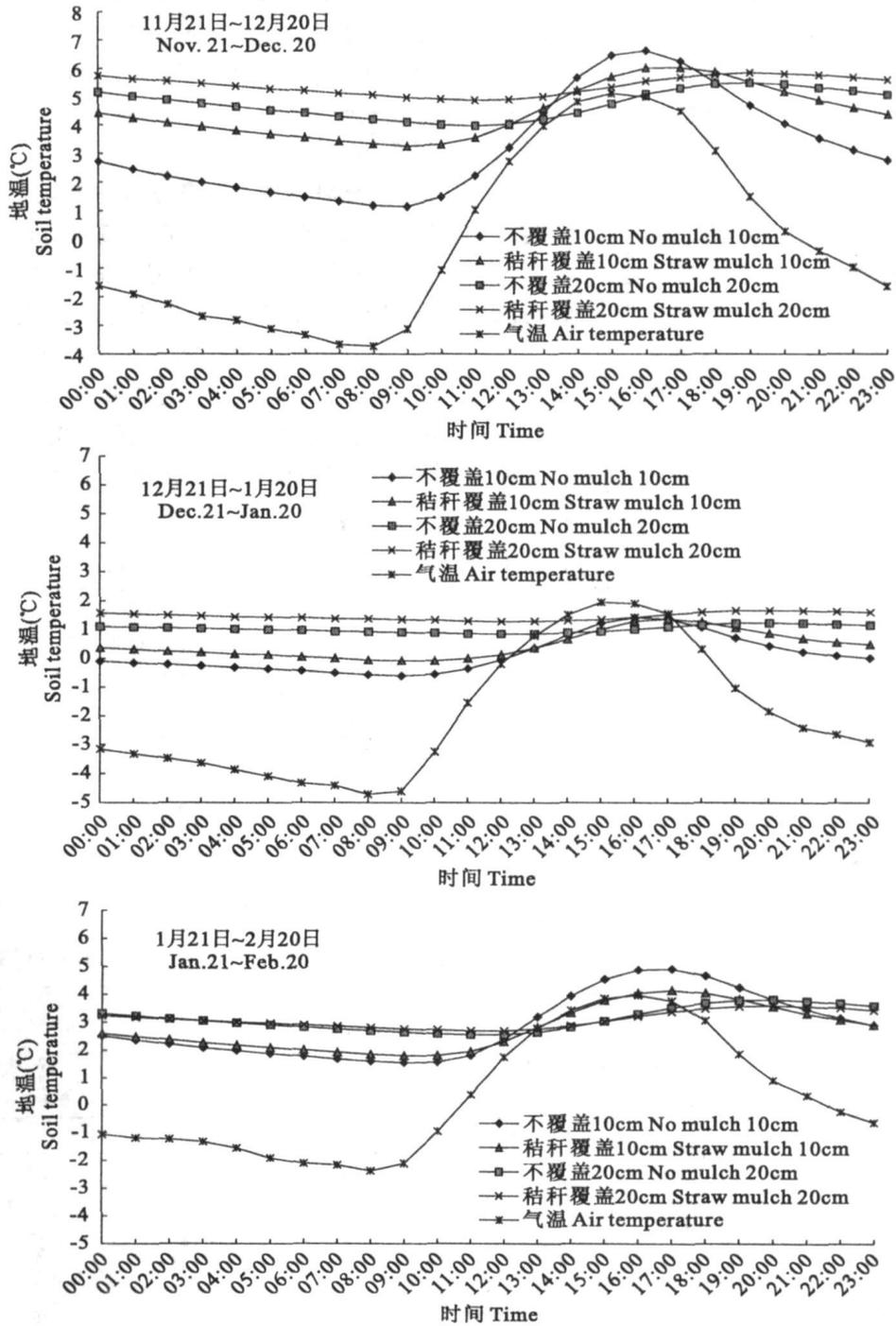


图 2 秸秆覆盖条件下的土壤昼夜温度

Fig. 2 Soil temperature day-night fluctuations in straw mulched soils

覆盖土壤 20 cm 温度在 24 h 内则始终高于无覆盖土壤(冬前和越冬前期), 且两者的差异变动不大。冬前两者的差异较大, 越冬期差异较小; 冬前, 覆盖土壤 10 cm 温度高出无覆盖最大可至 2.16°C, 20 cm 土壤温度高出无覆盖最大可至 0.90°C; 越冬前期, 覆盖

土壤 10 cm 温度高出无覆盖最大可至 0.53°C, 20 cm 土壤温度高出无覆盖最大可至 0.47°C; 越冬后期, 覆盖土壤 10 cm 温度高出无覆盖最大只有 0.26°C, 20 cm 土壤温度高出无覆盖最大只有 0.15°C。在 8:00~10:00 覆盖与无覆盖温差最大。

无覆盖土壤 10 cm 温度在 16:00~17:00 时最高, 秸秆覆盖滞后约 1 h(冬前和越冬前期); 无覆盖土壤温度在 9:00~10:00 时最低, 秸秆覆盖在越冬前期滞后 1 h。土壤 20 cm 温度在 19:00~20:00 时最高, 比 10 cm 温度最高时滞后 3~4 h, 冬前 20 cm 土壤最高温度出现的时间比越冬期早 1 h; 20 cm 最低温出现在 11:00~13:00 时, 比 10 cm 温度最低滞后 2~4 h。土壤温度从最低上升到最高大约需要 7~8 h, 覆盖与无覆盖差异不大。

小麦返青以前, 11:00~18:00 气温与土壤温度差异不大, 其余时间均显著低于土壤温度, 差异最大出现在气温最低的时, 即 7:00~9:00。气温最高值出现的时间比无覆盖土壤 10 cm 温度提前约 1 h。

2.3 秸秆覆盖条件下热量在土壤中的垂直传递

不论覆盖还是无覆盖, 冬前还是越冬期, 土壤 20 cm 昼夜平均温度均显著高于 10 cm 土壤。秸秆

覆盖土壤 20 cm 与 10 cm 温差昼夜平均值在冬前为 0.94℃, 显著低于无覆盖土壤(1.48℃); 在越冬期则稍高于无覆盖(越冬前期: 覆盖 1.01℃, 无覆盖 0.89℃; 越冬后期: 覆盖 0.33℃, 无覆盖 0.24℃)。温差最大出现在 8:00~10:00, 最小出现在 15:00~16:00。在 13:00~19:00 之间, 土壤 20 cm 温度低于 10 cm, 时间长短和温差大小因生育期和覆盖状况而不同。

2.4 秸秆覆盖条件下土壤的升温与降温速率

秸秆覆盖显著降低土壤温度的变幅: 冬前覆盖土壤 10 cm 温差(最高温-最低温)只为无覆盖的一半, 20 cm 温差只为无覆盖的近三分之二; 越冬期间, 覆盖土壤温差仍然小于无覆盖, 但两者的差异比冬前较小。由于土壤温度由最低上升到最高所用的时间没有显著差异, 因此, 秸秆覆盖土壤的升温速率和降温速率显著低于无覆盖土壤(表 2)。

表 2 秸秆覆盖条件下土壤温度的昼夜变化特征

Table 2 Characteristics of soil temperature day-night fluctuations in straw mulched soils

土壤温度昼夜变化特征 Characteristics of soil temperature day-night fluctuations	处理及土壤深度 Treatments and soil depth			
	无覆盖 10 cm No Mulch	无覆盖 20 cm No Mulch	秸秆覆盖 10 cm Straw Mulch	秸秆覆盖 20 cm Straw Mulch
11-21~12-20 (Nov. 21~Dec. 20)				
最高温-最低温 Max Temp. - Min Temp. (°C)	5.46	1.50	2.76	0.96
升温时间 Time for temperature increase from Min to Max (h)	7	8	8	8
升温速率 Velocity of Temp increase(°C/h)	0.78	0.19	0.34	0.12
降温时间 Time for temperature decrease from Max to Min (h)	17	16	16	16
降温速率 Velocity of Temp decrease(°C/h)	0.32	0.09	0.17	0.06
12-21~01-20 (Dec. 21~Jan. 20)				
最高温-最低温 Max Temp. - Min Temp. (°C)	2.04	0.38	1.46	0.38
升温时间 Time for temperature increase from Min to Max (h)	7	8	7	8
升温速率 Velocity of Temp increase(°C/h)	0.29	0.05	0.21	0.05
降温时间 Time for temperature decrease from Max to Min (h)	17	16	17	16
降温速率 Velocity of Temp decrease(°C/h)	0.12	0.02	0.09	0.02
01-21~02-21 (Jan. 21~Feb. 20)				
最高温-最低温 Max Temp. - Min Temp. (°C)	3.36	1.27	2.35	0.91
升温时间 Time for temperature increase from Min to Max (h)	8	9	8	8
升温速率 Velocity of Temp increase(°C/h)	0.42	0.14	0.29	0.11
降温时间 Time for temperature decrease from Max to Min (h)	16	15	16	16
降温速率 Velocity of Temp decrease(°C/h)	0.21	0.15	0.06	

3 结 论

1) 秸秆覆盖使冬麦田冬前和越冬前期的昼夜平均温度显著升高。

2) 冬前和越冬前期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在 13:00~17:00 之间低于无覆盖, 其余时间高于无覆盖土壤; 越冬后期, 秸秆覆盖土壤 10 cm 温度在

12:00~23:00 之间低于无覆盖, 其余时间则高于无覆盖土壤。覆盖土壤 20 cm 温度在 24 h 内则始终高于无覆盖土壤(冬前和越冬前期)。在 8:00~10:00 覆盖与无覆盖温差最大。

3) 土壤 20 cm 昼夜平均温度均显著高于 10 cm 土壤。秸秆覆盖条件下 20 cm 与 10 cm 温差昼夜平均值在冬前显著低于无覆盖, 在越冬期则稍高于无

覆盖。

4) 秸秆覆盖显著降低土壤温度的变幅,土壤的升温速率和降温速率也显著低于无覆盖土壤。

参考文献:

- [1] 王甲辰,刘学军,张福锁,等.不同覆盖物对旱作水稻生长与产量的影响[J].生态学报,2002,22(6):922-930.
- [2] 陈素英,张喜英,刘梦雨.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.
- [3] 马忠明,徐生明.甘肃河西绿洲灌区玉米秸秆覆盖效应的研究[J].甘肃农业科技,1998,(3):14-16.
- [4] 萧复兴,李海金,刘国定,等.旱地麦田二次秸秆覆盖增产模式及机理研究[J].水土保持研究,1996,3(3):70-76.
- [5] 李茂松,王一鸣,周凌希.不同覆盖材料对春玉米田间土壤水热状况和生长发育及产量的影响[J].水土保持研究,1995,2(1):18-22.
- [6] 韩 忠.地膜和秸秆二元覆盖技术的原理和实践[J].陕西农业大学学报,1997,17(3):245-249.
- [7] 赵长增,陆 璐,陈伯鸿.荒漠旱区梨园秸秆覆盖的节水效应及对梨树生长结果的影响[J].农业工程学报,2002,18(4):32-36.
- [8] 刘冬青,辛淑荣,张世贵.不同覆盖方式对旱地棉田土壤环境

及棉花产量的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(2):18-21.

- [9] 范丙全,李春勃.旱地棉田秸秆覆盖的增产效果及其机理的研究[J].土壤通报,1996,27(2):73-75.
- [10] 李富宽,姜惠新.秸秆覆盖的作用与机理[J].当代畜牧,2003,(6):38-40.
- [11] 周凌云.秸秆覆盖对农田土壤物理条件影响的研究[J].农业现代化研究,1997,18(5):311-314.
- [12] 班乃荣.秸秆覆盖对春小麦的影响[J].宁夏农业科学,1998,(4):11-13.
- [13] 郑元红,胡 娟,谢 温,等.毕节地区小麦秸秆覆盖还田技术试验研究初报[J].耕作与栽培,2002,(3):6-7.
- [14] 普凡生,李素玲,萧复兴,等.旱地玉米耗水特点及提高水分利用率途径[J].华北农学报,2000,15(1):76-80.
- [15] 杨安中,王 敏,张从宇.秸秆与地膜二元覆盖对小麦田间生态环境及产量影响[J].水土保持学报,2003,17(3):181-183.
- [16] 巩 杰,黄高宝,陈利项,等.旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):69-73.
- [17] 沈裕琥,黄相国,王海庆.秸秆覆盖的农田效应[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):45-50.
- [18] 逢焕成.秸秆覆盖对土壤环境及冬小麦产量状况的影响[J].土壤通报,1999,30(4):174-175.

Effect of straw mulching on soil temperature before the greening stage of winter wheat in dryland

LIU Wei, GAO Ya-jun, YANG Jun-lin, YANG Xue-yun, LI Sheng-xiu

(College of Resources and Environmental Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Field experiment was conducted to investigate the effect of straw mulching on soil temperature in Yangling. Mini temperature data loggers were used to record the temperature at the depth of 10 cm and 20 cm in straw mulched soil and no mulch soil every 1 hour before the turning green stage of wheat. The results showed that the average soil temperature of 24 hours in a day was significantly higher in the mulched soil than that in the soil without mulching before winter period (Nov. 21~Dec. 20) and during early winter period (Dec. 21~Jan. 20). The temperature at the depth of 10 cm in the straw mulched soil was a little bit lower than that in the soil without mulching at 13 pm to 17 pm before winter period and during early winter period. However, it was higher than that in the soil without mulching during the rest time of a day. During late winter period, the temperature at the depth of 10 cm in the straw mulched soil was a little bit lower than that in the soil without mulching at 12 pm to 23 pm, but it was higher than that in the soil without mulching during the rest time of a day. The temperature at the depth of 20 cm in the straw mulched soil was higher than that in the soil without mulching in 24 hours before winter period and the early winter period. The maximum difference of temperature between the straw mulched soil and the soil without mulching was found at 8 am to 10 am. The average temperature of 24 hours in a day was significantly higher at the soil depth of 20 cm than 10 cm for both of straw mulching treatment and no mulch treatment. The average soil temperature difference between 20 cm and 10 cm in a day was significantly lower in the straw mulched soil than in the soil without mulching before winter period, but it was slightly higher than in the latter during winter period of wheat. Straw mulching reduced remarkably the variation range of soil temperature, and also lowered the velocity of soil temperature increase from Minimum to Maximum and soil temperature decrease from Maximum to Minimum in a day.

Key words: dryland; winter wheat; straw mulching; soil temperature