

# 寒旱灌区冻融期冬小麦不同覆盖条件土壤温度变化

白巴特尔<sup>1</sup>, 郑和祥<sup>1</sup>, 任杰<sup>1</sup>, 张建成<sup>2</sup>, 赵春芝<sup>2</sup>, 张培智<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院 牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010020;

2. 巴彦淖尔市农牧业科学研究院, 内蒙古 巴彦淖尔 015400)

**摘要:**为揭示冻融期冬小麦不同覆盖条件土壤温度变化规律,基于河套灌区冬小麦地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆盖3个试验区的实测土壤温度数据,分析了不同覆盖条件对土壤温度的影响及不同土层的土壤温度变化过程。结果表明:地膜覆盖对冻融期的土壤温度具有较好的增温效果,秸秆覆盖效果稍差;地膜覆盖和秸秆覆盖对土壤表土层增温效果较好,随着深度的增加,增温效果逐渐降低;地膜覆盖和秸秆覆盖在冻结期对土壤的增温效果最好,融解期的增温效果稍差,冻结稳定期增温效果很小;土壤温度变化过程在冻结期和融解期呈现不同特点,冻结期土壤温度随着土壤深度的增加而升高,融解期随着土壤深度的增加而降低,同时土壤融解速度远大于冻结速度。该研究结果可为寒旱灌区冻融期土壤水热运移提供参考,对冬小麦种植管理具有现实意义。

**关键词:**土壤温度;覆膜;冬小麦;冻融;寒旱灌区

**中图分类号:**S512.1<sup>+</sup>1;S152.8

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2015)06-0134-04

## Soil Temperature Changes in Winter Wheat Fileds Under Different Mulch Conditions During Freezing and Thawing Periods in Cold and Dry Irrigation District

BAI Bateer<sup>1</sup>, ZHENG Hexiang<sup>1</sup>, REN Jie<sup>1</sup>, ZHANG Jiancheng<sup>2</sup>, ZHAO Chunzhi<sup>2</sup>, ZHANG Peizhi<sup>2</sup>

(1. *Institute of Water Resources for Pastoral Area, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Huhhot 010020, China*; 2. *Bayannaoer Academy of Agricultural and Animal Sciences, Bayannaoer, Inner Mongolia 015400, China*)

**Abstract:** In order to reveal variation of soil temperature of the field during freezing and thawing periods, based on soil temperature data monitored in winter wheat fields with mulch plastic film, straw mulch and no cover mulch in three testing sites in the Hetao Irrigation District, the effects of different mulching types on soil temperature and soil temperature change process in different soil layers were discussed. The results showed that plastic film mulch could enhance soil temperature but straw mulch had less effectiveness on rise of soil temperature in freezing and thawing periods; the effect of soil temperature enhancement was significant in surface soil and it became less and less with the increase of soil depth under plastic film mulch and straw mulch; the effect of soil temperature enhancement was significant in freezing period and it was not effective in thawing period under plastic film mulch and straw mulch, but the effect of soil temperature enhancement was very slight in stable freezing period; the change process of soil temperature presented the different characteristics during freezing and thawing periods, soil temperature rose with the increase of soil depth in freezing period, it decreased with increase of the soil depth in thawing period and the melting process was faster than the freezing process. The result was of great significance for the planting management of winter wheat and to establish a foundation for the study of the coupled transport of water and heat during freezing and thawing periods in cold and dry irrigation district.

**Keywords:** soil temperature; mulching; winter wheat; freezing and thawing; cold and dry irrigation district

收稿日期:2015-04-07

修回日期:2015-05-04

资助项目:国家青年自然科学基金项目(51109144);“十二五”国家科技支撑计划重点项目(2011BAD29B03);中国水利水电科学研究院科研专项(mks1204)

第一作者:白巴特尔(1969—),男(蒙古族),内蒙古呼和浩特市人,高级工程师,从事节水灌溉新技术研究。E-mail:baibte@163.com

通信作者:郑和祥(1980—),男,山东菏泽人,博士,高级工程师,从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail:zhenghexiang.29@163.com

土壤温度是影响作物生长发育的重要因素之一<sup>[1-2]</sup>,而覆盖直接影响土壤温度,其可减少土壤水分损失,提高土壤水分利用率,同时也能改善作物生长状态<sup>[2-4]</sup>。国内外众多学者围绕覆盖对土壤温度和作物生长影响进行了大量相关研究,取得了许多重要的成果。Flerchinger等<sup>[5]</sup>研究了地表有不同覆盖物和植被时对土壤温度以及土壤含水率的变化分析;Ji等<sup>[6]</sup>研究分析了不同覆盖物和不同覆盖量对土壤温度的影响;邓力群等<sup>[7]</sup>开展了地面覆盖对盐渍土水热盐运动及作物生长的影响研究,得出秸秆覆盖的隔热性及其对土壤热容量的提高,缓和了土壤温度的日变化;于晓蕾等<sup>[8]</sup>研究了不同秸秆覆盖量对冬小麦生理及土壤温湿状况的影响,得出在小麦全生育期内秸秆覆盖可有效地保持土壤水分,在小麦返青后保持了较高的土壤温度,有利于小麦的拔节,该试验仅从秸秆覆盖量单一因子角度进行了研究,还可进行综合因素分析;伊德里萨等<sup>[9]</sup>研究了不同水分条件下秸秆覆盖对冬小麦生长的影响,得出秸秆覆盖不但可以提高土壤的保墒作用,而且在各种水分条件下秸秆覆盖对于作物产量都有着显著影响,该试验是在温室大棚内完成的,各项参数测定均受温室大棚条件限制,其研究成果还有待大田试验进一步验证;谭凯敏等<sup>[10]</sup>研究了秸秆还田后覆膜镇压对旱地冬小麦土壤温度和产量的影响,得出覆盖隔断了土壤与外界的水分交换,抑制了潜热交换,减弱外界影响,使夜间温度下降减缓,小麦秸秆还田的增温效果要大于玉米秸秆还田,该试验主要从镇压角度分析了覆盖对水热交换的阻隔作用,未全面进行土壤水热运移分析。

上述研究多是分析覆盖对非冻期土壤温度的变化规律及对作物产量的影响,而对冻融期不同地表覆盖条件下的土壤温度影响过程研究较少,特别是北方寒旱灌区覆盖对冬小麦大田冻融期土壤温度影响尚无研究成果。因此,本文在前述研究的基础上,以实测田间数据为基础,研究寒旱灌区冻融期不同覆盖条件冬小麦土壤温度变化过程。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验条件

田间测试于2012年9月—2013年7月在巴彦淖尔市农牧业科学研究院园子渠试验站进行,该试验区位于内蒙古河套灌区中部,试验区的土壤、气候和作物种植等状况在河套灌区均具有较好的代表性。

试验区属于温带大陆性干旱气候,冬季长而寒,夏季短而热;降水少,年平均降水量135.9 mm;蒸发大,年平均蒸发量1 984.3 mm;年平均日照时数

3 181 h,年平均气温7.5℃,无霜期126 d;每年的10月下旬至翌年5月上旬为土壤冻融期,最大冻土层深度1.2 m。试验区1.0 m深土壤类型均分为2层,上层0—40 cm为粉壤土,土壤容重1.42 g/cm<sup>3</sup>,田间持水率37.50%;下层40—100 cm为粉土,土壤容重1.40 g/cm<sup>3</sup>,田间持水率38.75%。

### 1.2 试验设计和测定方法

试验在冬小麦试验田中开展,试验材料为“宁冬11号”耐寒冬小麦品种<sup>[11-12]</sup>,设无覆盖处理CK、地膜覆盖处理DM和秸秆覆盖处理JG共3个处理;每个处理试验小区的长度均为10 m,宽度均为6 m,面积为60 m<sup>2</sup>;每个小区之间设隔离带,隔离带宽度2.0 m;各处理每次测定各测点5,15,25,40 cm土层的土壤温度;每天测2次,分别在8:00,18:00进行,取其平均值作为日均温度值进行分析,常规测定为每7 d一次<sup>[13-16]</sup>;各测点土层的土壤温度采用曲管地温计测定,量程-20°~50°,并采用插针式地温传感器对其中2个测点的土壤温度进行了验证,误差均在10.0%以内。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖条件土壤温度影响分析

根据2012—2013年度田间实测土壤温度数据进行不同覆盖条件各土层土壤温度的影响分析。图1为地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆盖3种处理下冬小麦整个生育期内5 cm土层的土壤温度过程线。从图中可看出冬小麦在整个生育期,地膜覆盖条件能使5 cm土层产生明显的增温,在2012年12月9日土壤进入快速冻结期时,与无覆盖相比,5 cm土层增温最高达6.2℃;当冬小麦进入返青期后,气温开始回升,覆膜处理增温效果也十分显著,在土壤融解期的2013年4月12日5 cm土层增温最高达4.3℃;直到拔节期和乳熟期地膜覆盖的增温效果不明显,这可能是由于在该生育期各处理的生物量指标较大,植株的遮荫率较高,尤其叶面积指数的提高使地膜覆盖处理冠层截获的能量大于无覆盖处理,直射到地表的能量减少,从而增温效果大大降低。

从图1A中还可看出冬小麦在整个生育期秸秆覆盖的土壤温度一直低于地膜覆盖处理而高于无覆盖处理,特别是在土壤冻结过程和融解过程2种覆盖增温效果显著;在土壤进入冻结期的2012年10月15日至翌年1月5日,5 cm土层的增温均在1.5~3.5℃;在土壤冻结期的2012年11月29日5 cm土层增温最高达3.4℃;比地膜覆盖增温最高时间偏早11 d,且最大增温值偏小2.8℃;同样在土壤融解期,秸秆覆盖的增温效果比地膜覆盖偏低。

图 1B—D 分别为 15 cm、25 cm 和 40 cm 土壤深度 3 种处理的温度过程线,由图 1 中可知:地膜覆盖和秸秆覆盖处理的土壤温度始终比无覆盖处理的土壤温度高,地膜覆盖的增温效果最好,秸秆覆盖处理增温效果次之;随着土层深度的增大,地膜覆盖和秸秆覆盖处理的增温效果均逐渐降低,40 cm 土层增温效果最差,与无覆盖处理相比 40 cm 土层地膜覆盖和秸秆覆盖处理的增温最大值分别为 3.1℃和 1.8℃,远小于 5 cm 土层的增温效果。对比分析各土层土壤

温度变化过程线可以看出:与无覆盖处理相比,地膜覆盖和秸秆覆盖处理在融解期的增温效果均比冻结期稍差,在冻结稳定期(2012 年 12 月下旬至 2013 年 2 月下旬)两种覆盖处理对各土层增温效果很小。

上述分析结果表明:地膜覆盖和秸秆覆盖对土壤增温影响主要在土壤表土层,随着深度的增加,增温效果逐渐降低,40 cm 的增温作用较小;地膜覆盖和秸秆覆盖在冻结期对土壤的增温效果较好,在融解期对土壤的增温效果稍差,在冻结稳定期增温效果很小。

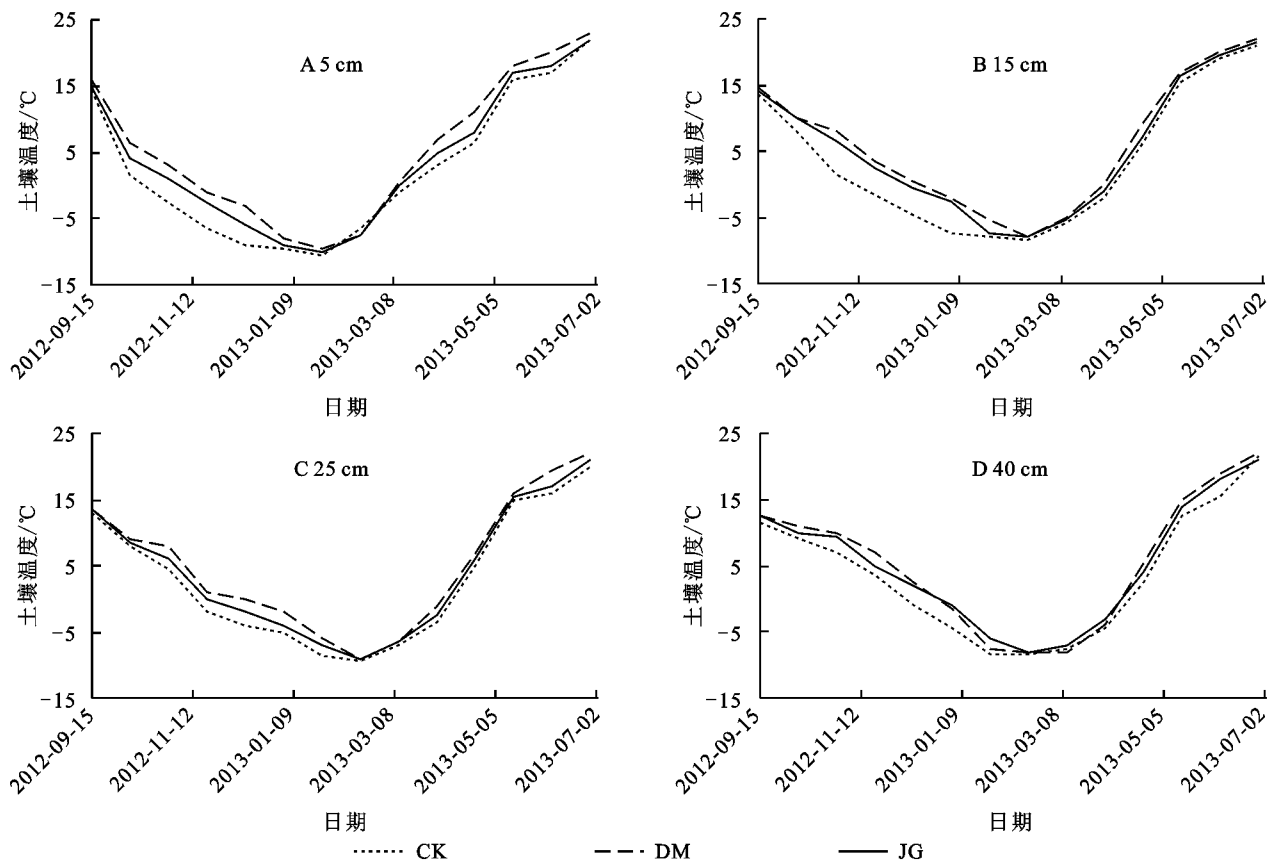


图 1 不同土层土壤温度过程线

## 2.2 不同土层土壤温度影响分析

图 2 分别为冬小麦无覆盖、地膜覆盖和秸秆覆盖处理各土层的土壤温度过程线;从图 2A 可看出对于无覆盖处理冬小麦在整个生育期土壤温度总的变化趋势是:在土壤冻结前,5 cm 土层的土壤温度比其他土层稍微偏高,40 cm 土层的土壤温度最低;进入冻结期,随着气温的降低,5 cm 土层的土壤温度显著降低,而 40 cm 土层的土壤温度下降最慢;直到进入冻结稳定期,各土层的土壤温度逐渐接近,约在 2013 年 1 月 28 日,各土层的土壤温度均降低至约 -9.5℃;随后进入融解期,随着气温的不断升高,表层土开始融解,5 cm 土层的土壤温度不断升高,而 40 cm 土层的土壤温度升高最慢,直到 2013 年 4 月 15 日,各层土的土壤温度均升高至 0℃以上;之后气温快速升高,各层土壤温度在 20 d 左右均达到 10℃以上。

上述分析结果表明:在冬小麦全生育期,随着气温的变化,各土层土壤温度总的变化趋势是先逐渐降低,其中表层土降温最快;然后随着气温的不断升高,5 cm 土层最先融解,并且融解速度较快,40 cm 土层融解速度最慢。

图 2B 和图 2C 中地膜覆盖和秸秆覆盖处理各土层的土壤温度总的变化趋势与无覆盖处理基本一致;不同的是地膜覆盖各土层比无覆盖处理各土层进入冻结期的时间晚 10~15 d,土壤融解时间早 8~12 d;秸秆覆盖各土层比无覆盖处理各土层进入冻结期的时间晚 5~10 d,土壤融解时间早 3~8 d。

上述分析结果表明:地膜覆盖无论在冻结前、冻结前期、融解后期对各土层均具有较好的增温效果,秸秆覆盖效果稍差;而在冻结稳定期和融解前期无论是地膜覆盖还是秸秆覆盖,基本无增温作用。

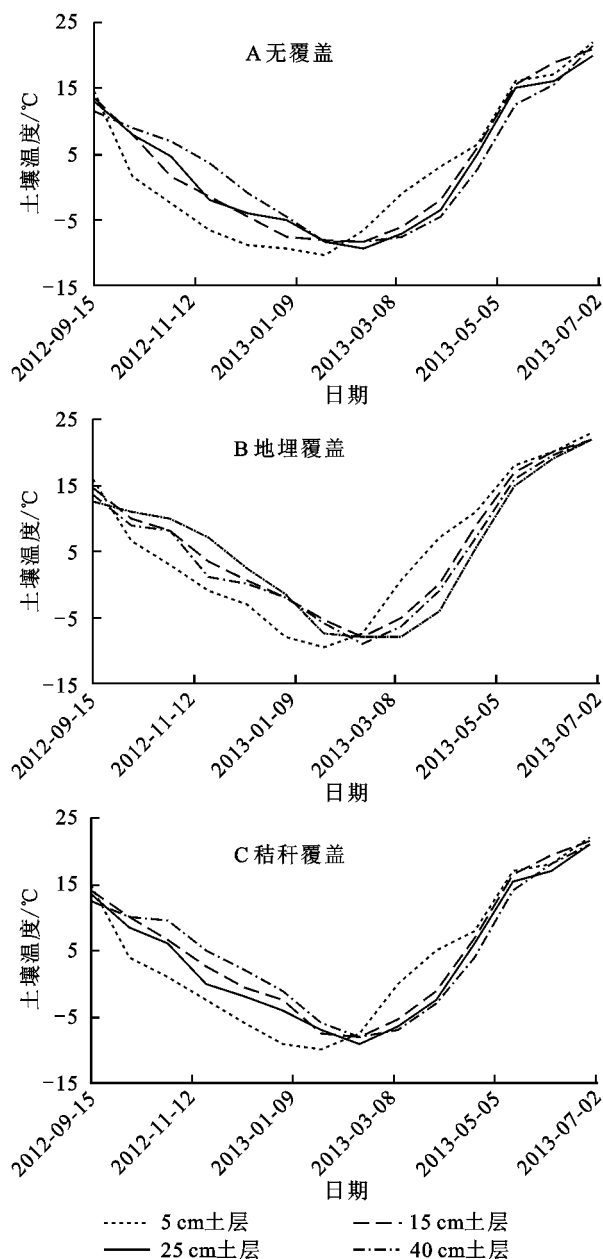


图2 不同覆盖处理各土层土壤温度过程线

### 3 结论

(1) 地膜覆盖对冻融期的土壤温度具有较好的增温效果, 秸秆覆盖效果稍差; 地膜覆盖和秸秆覆盖对土壤增温影响主要在土壤表土层, 随着深度的增加, 增温效果逐渐降低, 40 cm 土层的增温作用较小; 地膜覆盖和秸秆覆盖在冻结期对土壤的增温效果较好, 在融解期对土壤的增温效果稍差, 在冻结稳定期增温效果很小。

(2) 在冬小麦全生育期各土层土壤温度总的变化趋势是先降低再逐渐升高, 其中在冻结期表层土降温速度最快; 在融解期随着气温的不断升高 5 cm 土层最先消融, 并且融解速度较快, 40 cm 土层融解速度最慢。

(3) 土壤温度变化过程在冻结期和融解期呈现

不同特点, 土壤冻结时间长而消融时间短, 土壤消融速度远大于冻结速度; 冻结期土壤温度随着土壤深度的增加而升高, 融解期随着土壤深度的增加而降低。

#### 参考文献:

- [1] 王燕培, 柴守玺, 陈玉章, 等. 不同秸秆还田处理对旱地冬小麦土壤水分的影响[J]. 水土保持研究, 2014, 21(6): 164-170.
- [2] 郑和祥, 郭克贞, 郝万龙. 作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 58-63.
- [3] 张小红, 张绪成. 半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 29-33.
- [4] 宋淑亚, 刘文兆, 王俊, 等. 覆盖方式对玉米农田土壤水分作物产量及水分利用效率的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 210-212.
- [5] Flerchinger G N, Pierson F B. Modeling plant canopy effects on variability of soil temperature and water; Model calibration and validation[J]. Arid Environ., 1997, 35(4): 641-653.
- [6] Ji S, Unger P W. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(2): 442-448.
- [7] 邓力群, 陈铭达, 刘兆普, 等. 地面覆盖对盐渍土水热盐运动及作物生长的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(2): 93-97.
- [8] 于晓蕾, 吴普特, 汪有科, 等. 不同秸秆覆盖量对冬小麦生理及土壤温、湿状况的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 27(4): 55-58.
- [9] 伊德里萨, 张展羽, 郭相平, 等. 不同水分条件下秸秆覆盖对冬小麦生长的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 28(1): 125-127.
- [10] 谭凯敏, 杨长刚, 柴守玺, 等. 秸秆还田后覆膜镇压对旱地冬小麦土壤温度和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(1): 159-164.
- [11] 常晓慧, 孔德刚, 井上光弘, 等. 秸秆还田方式对春播期土壤温度的影响[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(5): 117-120.
- [12] 曹晋军, 刘永忠, 李万星, 等. 不同覆盖方式对土壤水热状况和玉米水分利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 29(33): 107-111.
- [13] 郑和祥, 李和平, 郭克贞, 等. 河套灌区冬小麦冻结期土壤入渗特性分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 70-78.
- [14] 马海鸽, 蒋齐, 王占军, 等. 温度和光照对不同预处理野生甘草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 水土保持研究, 2014, 21(5): 225-235.
- [15] 姚宝林, 施炯林. 秸秆覆盖免耕条件下土壤温度动态变化研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1128-1129.
- [16] 苏伟, 鲁剑巍, 周广生, 等. 稻草还田对油菜生长、土壤温度及湿度的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 366-373.