

# 华北平原冬小麦麦田覆盖对土壤温度和生育进程的影响

高丽娜<sup>1,2</sup>, 陈素英<sup>1</sup>, 张喜英<sup>1</sup>, 孙宏勇<sup>1</sup>, 王彦梅<sup>1</sup>, 邵立威<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 河北 石家庄 050021; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要:** 通过秸秆和薄膜覆盖田间试验, 研究了不同覆盖材料对冬小麦田土壤温度(5 cm)以及冬小麦生长发育、穗分化、干物质积累和分配、营养生长期间的 N 转移、产量和水分利用效率的影响。结果表明, 秸秆覆盖平缓了冬小麦整个生育期土壤温度的变化, 使冬季土壤温度提高 0.63℃, 越冬后降低 0.35℃; 春季降温效应延长了冬小麦穗分化的时间, 平均缩短了灌浆持续时间 2 d; 低温增加了冬小麦穗期干物质和 N 含量向收获期非籽粒转移的效率, 最终造成产量和水分利用效率降低了 1.98% 和 0.14 kg/m<sup>3</sup>。薄膜覆盖提高了冬小麦灌浆前土壤温度 0.44℃, 增温效应促进了作物生长, 整个生育期的生物量提高 116.0 kg/m<sup>2</sup>; 穗分化时期的增温效应使得该处理冬小麦不易形成大穗, 同时灌浆期的低温效应影响了籽粒的饱满度, 最终产量和水分利用效率分别降低了 3.24% 和 0.17 kg/m<sup>3</sup>。研究认为, 秸秆覆盖和薄膜覆盖具有保墒效应, 但其产生的温度效应对冬季作物生长发育造成不利影响, 使得最终产量和水分利用效率并没有提高。

**关键词:** 秸秆覆盖; 薄膜覆盖; 土壤温度; 小麦生育期; N 转移; 水分利用效率

**中图分类号:** S512.1<sup>1</sup>+1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0107-07

“优质、高产、高效”是现代农业发展的目标<sup>[1]</sup>, 冬小麦是华北农业高产区的主要农作物, 其灌溉主要来源于地下水, 由于近几年地下水大量开采, 地下水位急速下降, 这种情况使得华北地区的农业节水迫在眉睫<sup>[2]</sup>, 所以采取一定节水措施以减少灌溉水用量在该地区非常重要。覆盖被认为是一种有效的农艺节水措施, 采用地面覆盖(秸秆覆盖和地膜覆盖)可以减少棵间土壤无效蒸发, 保墒土壤, 降低水分亏缺程度, 总耗水量有所减少<sup>[3~9]</sup>。但是覆盖对作物产量的影响却不一定总是正效应, 因为作物的生长受到很多复杂因素的影响, 比如灌溉的频率、土壤蒸发潜力以及土壤温度<sup>[10]</sup>。在覆盖对土壤温度的影响研究中, 陈素英认为, 太行山前平原冬小麦的减产, 是由于覆盖造成小麦返青时温度较低, 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<sup>[11]</sup>。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<sup>[12]</sup>。但是秸秆覆盖对作物产量减小的原因, 很多人认为是对土壤温度的影响, 仍没有统一的定论。本文设计了两种覆盖材料(秸秆覆盖和薄膜

覆盖)大田试验, 通过对比两种覆盖材料与不覆盖间的差异, 从覆盖的温度效应出发, 从穗分化时间、生物量和氮转化效率等分析得出覆盖处理下冬小麦减产的原因, 为覆盖措施的推广提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验于 2006~2007 年在中科院栾城生态系统试验站(37°50'N, 114°40'E)进行。该站位于华北太行山前平原。供试土壤类型为壤质褐土, 0~200 cm 土层的平均容重为 1.53 g/cm<sup>3</sup>, 田间持水量平均为 23.5%, 饱和含水量为 28.9%, 有效含水量为 450 mm。

### 1.2 试验处理

试验设置 3 个处理: 对照(不覆盖), 薄膜覆盖(6 mm 厚白色塑料在播种之后覆盖), 秸秆覆盖(60 g/m<sup>2</sup>)。每个小区面积为 4×7 m<sup>2</sup>, 随机排列, 3 次重复。供试冬小麦品种为 7221, 人工播种, 播种量为 150 kg/hm<sup>2</sup>, 行距 30 cm。秸秆还田, 播前浇底墒水。整个生育期降水 157 mm, 在拔节期结合追肥进行灌溉, 覆盖处理灌水 69 mm, 对照灌水 55 mm。

### 1.3 观测内容与方法

地温: 采用 Optic 自动测定仪, 安装在地表下 5

cm 处,数据采集为每小时 1 次。从冬小麦播种开始观测,一直到收获结束。

生物量:每个生育期每个处理小区随机取 10~20 株植株进行观测,高温杀青,80℃烘干分别测茎、叶、穗的干物重。

冬小麦生育期:根据农业气象学冬小麦生育期的观测标准,记录小区内约有 50%的麦苗达到标准生理指标的时间为某个生育期出现的时期。

冬小麦穗分化和穗的形成:显微镜下人工观测,对照作物栽培学<sup>[13]</sup>、小麦形态和解剖结构图谱<sup>[14]</sup>中的标准确定穗分化时期。

产量和考种:冬小麦成熟时随机取 60~80 株进行考种,统计穗粒数、千粒重、株高等,各小区单独收获,脱粒晒干并计算经济产量。

$$ET = P + I + \Delta W$$

式中:  $P$  为降水量;  $I$  为灌溉水量;  $\Delta W$  为土壤耗水量。

$$WUE = Y / ET$$

式中:  $Y$  为经济产量。

地上部分生物量含 N 量的测定通过凯氏定 N 法测定。

抽穗后的干物质和 N 的积累是指生理成熟期地上部分干物质质量和含 N 量减去抽穗期地上部分干物质质量和含 N 量。灌浆期干物质转化量 ( $DWR$ ) 和 N 转化量 ( $NR$ ) 用以下公式进行计算:

$DWR$  = 穗期地上部分生物量 - 收获期除去籽粒的地上部分生物量

$NR$  = 穗期地上部分含 N 量 - 收获期除去籽粒的地上部分含 N 量

干物质和 N 的转化效率为:

$$DWRE = DWR / \text{抽穗期地上部分生物量}$$

$$NRE = NR / \text{抽穗期地上部分含 N 量}^{[13]}$$

1.4 数据处理

数据通过 SPSS Ver. 13.0 分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖材料对麦田土壤温度的影响

图 1 是不同处理下冬小麦生长期土壤日平均温度与对照的差值变化图。可以看出从冬小麦播种到三叶期到越冬期之间,秸秆覆盖的地温基本都低于对照,从 11 月份到次年的 2 月份,秸秆覆盖的地温高于对照,说明冬季秸秆覆盖有保温作用,从 2 月份到 4 月份,秸秆覆盖的地温低于对照,且随着冬小麦叶面积增大和后期生长的封垄封行,裸地面积减少,覆盖的低温效应减小,到 5 月下旬,秸秆覆盖的地温与对照的温度差值在 -0.8~0.5℃ 之间波动,说明在该期间覆盖的作用已不明显。而地膜覆盖从播种到 4 月上旬,其温度一直高于对照,仅在 3 月初小麦拔节期略有降低,说明地膜覆盖在冬季有保温作用,但其保温效果低于秸秆覆盖,到春季(2~4 月份)薄膜覆盖没有表现出降温作用。随着小麦的生长,叶面积的逐渐增大,到冬小麦的孕穗期,薄膜覆盖类似于秸秆覆盖,土壤温度表现出了明显的降温,平均降低 0.3℃。冬季秸秆与地膜覆盖的地温分别要比对

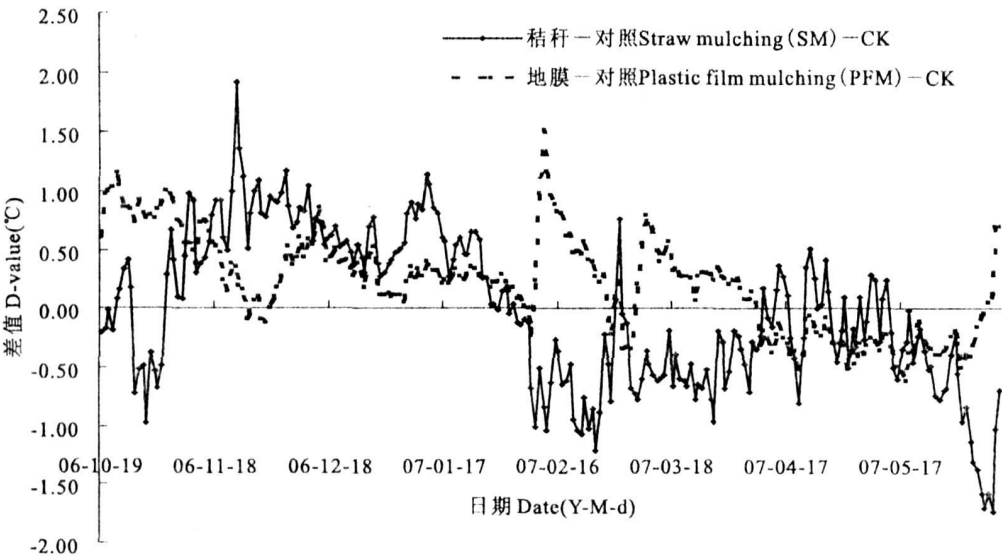


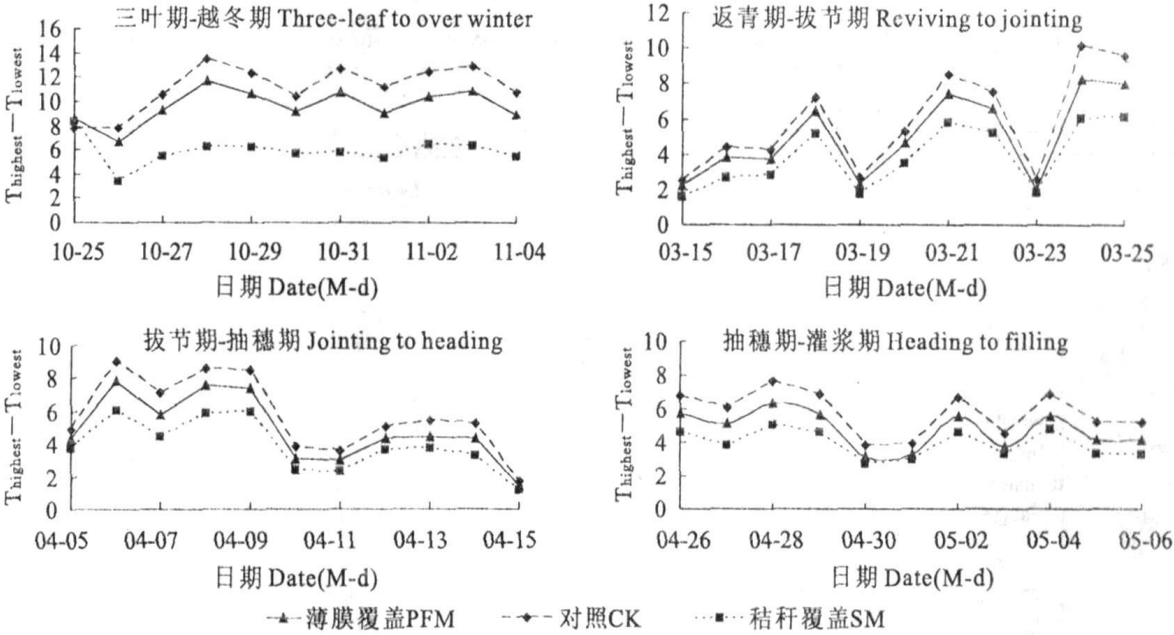
图 1 不同覆盖条件下冬小麦田土壤的平均日温与对照的差值

Fig.1 The average daily soil temperature difference with the control during the growth period of winter wheat for plastic film and straw mulching

照高 $0.63^{\circ}\text{C}$ 和 $0.44^{\circ}\text{C}$ 。春季秸秆覆盖的地温小于对照,平均日地温比对照低 $0.35^{\circ}\text{C}$ ,而春季地膜覆盖的日地温平均比对照高 $0.35^{\circ}\text{C}$ 。

不同覆盖材料处理下冬小麦不同生育期的日温差见图 2,分别取了越冬前、返青、拔节、孕穗期各 11 d 做代表。从图中可以看出,在冬小麦的整个生育期,秸秆覆盖处理的日温差最小,对照最大,说明整个生育期内秸秆覆盖有减少日温差的作用,薄膜覆盖处理较秸秆覆盖的减缓作用小。而且随着生育期的推进,秸秆覆盖对温度的平缓作用也逐渐减小,三叶期~越冬期,对照的昼夜温差最大,秸秆覆盖处理的冬小麦田地温的日温差平均比对照平均低 $5.27^{\circ}\text{C}$ ,薄膜覆盖比对照低 $1.56^{\circ}\text{C}$ 。返青期~拔节期,对照的平均昼夜温差为 $5.87^{\circ}\text{C}$ ,秸秆覆盖的日温差变化平均比对照低 $2.0^{\circ}\text{C}$ ,薄膜覆盖比对照低 $0.8^{\circ}\text{C}$ ;拔节期~抽穗期对照的平均日温差为

$5.74^{\circ}\text{C}$ ,秸秆覆盖比对照低 $1.86^{\circ}\text{C}$ ,薄膜覆盖比对照低 $0.86^{\circ}\text{C}$ ;抽穗期~灌浆期对照的平均日温差为 $5.77^{\circ}\text{C}$ ,秸秆覆盖比对照低 $1.87^{\circ}\text{C}$ ,薄膜覆盖比对照低 $1.01^{\circ}\text{C}$ 。从统计分析上看,不同处理在各生育期的日温差在三叶期达到了显著水平。已有研究表明,在三叶期昼夜温差大的条件下小麦的净光合速率、光系统 II 的光化学效率和呼吸效率均比昼夜温差小的高<sup>[15]</sup>,所以在该时期,秸秆覆盖处理不利于冬小麦的生长,薄膜覆盖的昼夜温差小于对照,且日温度和夜温度均高于对照,所以该处理有利于冬小麦的生长。同时有研究表明,夜间温度低有利于光合产物的积累,提高叶片的叶源量,提高产量<sup>[16]</sup>。所以秸秆覆盖造成的麦田昼夜温差的减小不利于光合产物的累积,而薄膜覆盖的夜间温度虽高,但是其日温高有利于光合作用的进行,所以对作物的生长的负作用不明显。



注:  $T_{\text{highest}}$  为当天的最高土壤温度,  $T_{\text{lowest}}$  为当天的最低土壤温度  
Note:  $T_{\text{highest}}$  means the highest temperature of the day, while  $T_{\text{lowest}}$  means the lowest temperature of the day.

图 2 不同覆盖材料下冬小麦田在不同生育期的日温差变化

Fig. 2 The typical daily temperature (difference of highest and lowest soil temperature)

during different growing stages of winter wheat in plastic film mulching, straw mulching and control

2.2 不同覆盖处理对冬小麦生育进程的影响

不同材料覆盖下冬小麦生育进程见表 1。从表中可以看出,返青后由于薄膜覆盖的增温作用,冬小麦比对照、秸秆覆盖处理提前 3 d 进入拔节期。拔节到抽穗期,由于薄膜覆盖处理的地温一直维持比其他两个处理高的水平,比对照提前 2 d 进入抽穗期,同时期,秸秆覆盖处理的地温低于薄膜覆盖和对

照,冬小麦进入抽穗期的时间比对照晚 2 d,延长了冬小麦的拔节时间。随着冬小麦的生长,冠层覆盖度变大,小麦封垄,薄膜覆盖的增温作用减小,从抽穗到开花,薄膜覆盖处理的开花时间比对照提前 1 d,秸秆覆盖比对照推迟 2 d。三种处理同时收获,表 1 可以看出,秸秆覆盖缩短了冬小麦的灌浆时间,而薄膜处理较对照相对延长了冬小麦的灌浆时间。

表 1 不同覆盖材料冬小麦的生育进程

Table 1 The crop development time of winter wheat in different mulching materials

| 处理 Treatments | 日期 Date(Y-M-d) |             |            |              |               |
|---------------|----------------|-------------|------------|--------------|---------------|
|               | 返青 Reviving    | 拔节 Jointing | 抽穗 Heading | 开花 Flowering | 收获 Harvesting |
| 对照 CK         | 07-02-24       | 07-04-03    | 07-04-28   | 07-05-04     | 07-06-10      |
| 秸秆覆盖 SM       | 07-02-24       | 07-04-04    | 07-04-30   | 07-05-06     | 07-06-10      |
| 薄膜覆盖 PFM      | 07-02-24       | 07-03-31    | 07-04-26   | 07-05-03     | 07-06-10      |

不同覆盖材料下小麦穗形成日期见表 2, 可以看出 3 月 13 日薄膜覆盖处理的冬小麦已经进入二棱期的末期, 而秸秆覆盖处理的冬小麦仅进入二棱期初期, 对照冬小麦进入二棱期中期。3 月 26 日, 对照与薄膜覆盖处理小麦均形成小花原基, 秸秆覆盖小麦形成护颖原基。到 4 月 3 日, 对照形成了雌雄蕊原基, 进入药隔分化期, 同时段薄膜覆盖形成了雌雄蕊原基, 完成了药隔分化, 进入了四分体形成期, 而秸秆覆盖处理仅进入雌雄蕊形成期, 薄膜覆盖极大地加快了冬小麦穗的形成, 秸秆覆盖处理却延

缓了穗的形成。对照与薄膜覆盖进入穗形成后期的时候, 秸秆覆盖处理只表现出雌雄蕊突起(4 月 10 日), 4 月 13 日对照与薄膜覆盖处理的冬小麦芒已突出, 秸秆覆盖处理的冬小麦芒未突出。从整个冬小麦穗形成分析来看, 秸秆覆盖缩短了小麦穗分化的时间, 薄膜覆盖延长了冬小麦穗分化时间; 而薄膜覆盖延长了冬小麦穗分化时间。薄膜覆盖导致的高温增强了光照阶段通过, 有利于形成较多的小穗和小花, 而秸秆覆盖对冬小麦地温的降低作用可以延长光照阶段的通过, 有利于形成大穗。

表 2 不同覆盖材料对冬小麦穗分化的影响

Table 2 The impact of different mulching materials on spike differentiation of winter wheat

| 处理 Treatments | 日期 Date(Y-M-d)                                  |                                                 |                                         |                                                                                       |                                                                 |                                   |
|---------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|               | 07-03-13                                        | 07-03-19                                        | 07-03-26                                | 07-04-03                                                                              | 07-04-10                                                        | 07-04-13                          |
| 对照(CK)        | 二棱期一中<br>The middle stage of double ridge stage | 二棱期一末<br>Telophase of double ridge stage        | 小花原基形成期<br>Floret differentiation stage | 药隔分化期<br>The stage between the glume differentiation and floret differentiation stage | 穗形成后期<br>Telophase of form the spike stage                      | 穗形成后期(芒已突出)<br>Spike formed stage |
| 秸秆覆盖(SM)      | 二棱期一初<br>Initial of double ridge stage          | 二棱期一中<br>The middle stage of double ridge stage | 护颖原基形成期<br>Glume differentiation stage  | 雌雄蕊原基形成期<br>Initial of pistil and stamen differentiation stage                        | 雌雄蕊突起阶段<br>Telophase of pistil and stamen differentiation stage | 穗形成后期(芒已突出)<br>Spike formed stage |
| 薄膜覆盖(PFM)     | 二棱期一末<br>Telophase of double ridge stage        | 二棱期一末<br>Telophase of double ridge stage        | 小花原基形成期<br>Floret differentiation stage | 四分体形成期<br>Tetrad differentiation stage                                                | 穗形成后期<br>Telophase of spike stage                               | 穗形成后期(芒已突出)<br>Spike formed stage |

注: 07-03-13~07-04-03 穗的形成过程、分类根据为《作物栽培学》(北方本)上册<sup>[13]</sup>; 07-04-10 以后按照小麦形态和解剖结构图谱<sup>[14]</sup>。  
Note: spike differentiation of winter wheat form 07-03-13 to 07-04-03 is based on the 《Crop Cultivation》<sup>[13]</sup>; after 07-04-10 is based on the picture of winter wheat 's configuration<sup>[14]</sup>.

2.3 不同覆盖材料对冬小麦干物质积累、转移和含 N 量转移的影响

不同处理下冬小麦干物质随时间的积累如图 3 所示, 从小麦越冬前到收获整个生育过程中, 虽然只有返青一拔节期(2007 年 3 月 30 日)的干物质总量在不同处理下有明显差异 ( $P=0.05$ ), 但是整个生育期薄膜覆盖处理的冬小麦干物质总量大于秸秆覆盖处理和对照。冬小麦拔节~抽穗期前干物质的排列是薄膜>对照>秸秆, 之后的干物质排列为薄膜

>秸秆>对照, 由于薄膜覆盖处理对地温的高温效应, 促使冬小麦的生长, 使得其总生物量积累一直高于对照和秸秆覆盖, 而秸秆覆盖在拔节~抽穗期之前对冬小麦地温的低温效应阻碍了冬小麦的正常生长而使其干物质积累量小于对照, 同时秸秆覆盖的降温作用也阻碍了冬小麦绿叶的生长; 随着冬小麦的生长, 秸秆覆盖处理的冠层面积小于对照, 到拔节~抽穗期之后, 秸秆覆盖处理有利于冠层对太阳光的吸收, 促进了该时期冬小麦干物质的积累, 所以该时

期之后一直到冬小麦收获各处理的干物质积累为薄膜覆盖>秸秆覆盖>对照。收获时薄膜覆盖处理的

冬小麦干物质比秸秆覆盖处理的高1.7%，比对照高3.3%，秸秆覆盖处理的干物质含量比对照高1.5%。

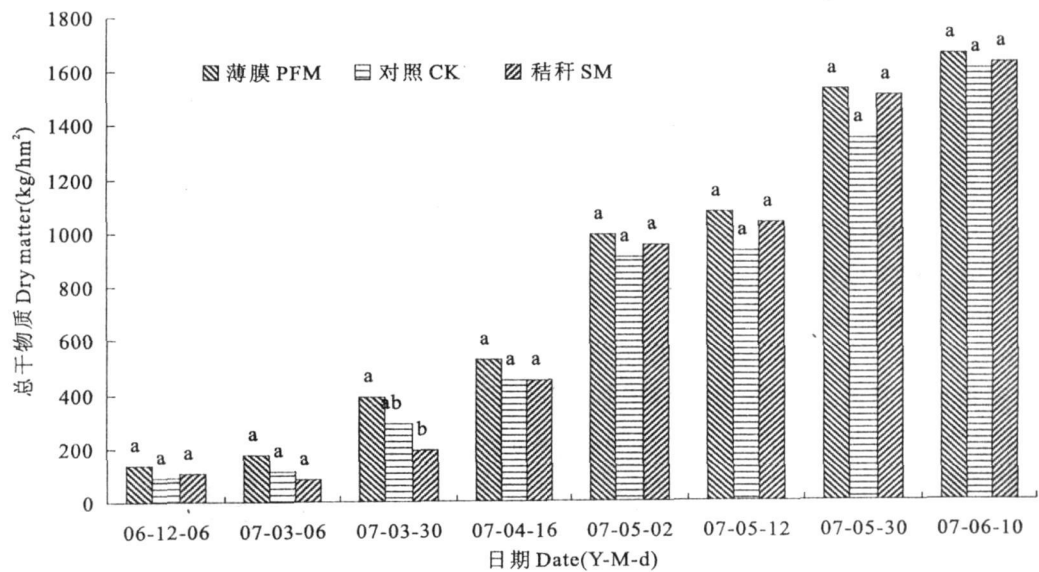


图 3 不同覆盖对冬小麦总干物质的影响

Fig.3 The impact of different mulching materials on the dry matter of winter wheat

表 3 是不同覆盖材料处理下抽穗期干物质和作物含 N 量向收获时非籽粒干物质和作物含 N 量的转移率。从表中可以看出，薄膜处理的干物质转移率最高，秸秆覆盖处理的干物质转移率最小，但是薄膜处理 N 转移却最低，秸秆覆盖处理 N 转移最高。由于干物质和 N 转移是以收获时除去籽粒的干物质和含 N 量为基准计算，所以薄膜覆盖处理的冬小麦穗期干物质大部分转移至非籽粒的部分，影响冬小麦的经济产量。秸秆覆盖处理在整个生育期对麦田地温的影响阻碍了作物的生长，即使抽穗期的干物质向籽粒转移最高，但其最终的经济产量依然低于对照。对不同覆盖材料处理的冬小麦穗期含 N 量向籽粒的转移(表 3)的分析得出，薄膜覆盖处理的冬小麦穗期含 N 量向非籽粒部分的转移最低，秸秆覆盖处理最高。有研究表明，籽粒中含 N 量 60%多来源于抽穗期地上部分的转移，剩余的 30%多来源于土壤<sup>[17]</sup>，说明冬小麦抽穗期的含 N 量到收获期基本上没有流失，所以转移的其他部分应该为籽粒，以上分析可以得出，薄膜覆盖有利于籽粒 N 的吸收，而秸秆覆盖较对照阻碍了籽粒 N 的吸收。

2.4 不同覆盖材料对冬小麦产量及水分利用效率的影响

不同覆盖材料对冬小麦产量及其组成的影响如表 4 所示，可以看出薄膜覆盖处理的冬小麦株高和平均有效小穗数都高于对照和秸秆覆盖处理，但是千粒重和最终产量却低于对照和秸秆覆盖处理，薄

表 3 不同覆盖处理下冬小麦抽穗期干物质向非籽粒的转移率(DMRE)和地上部分含 N 量向非籽粒的转移率(NRE)(%)

Table 3 The remobilization efficiency for dry matter and N from post-heading to grain in different treatments

| 项目<br>Items | 薄膜覆盖<br>PFM | 秸秆覆盖<br>SM | 对照<br>CK |
|-------------|-------------|------------|----------|
| DMRE        | 1.46        | 0.11       | 0.43     |
| NRE         | 93.37       | 97.32      | 94.10    |

注：抽穗期干物质取抽穗后第 6 天的生物量进行测量计算。  
Note: The dry matter is measured with the biomass 6 days after picking the ears in heading stage.

膜覆盖处理的冬小麦株高比对照高 1.25%，平均有效小穗数比对照多 6.29%。薄膜覆盖处理的冬小麦千粒重比对照低 3.34%，产量比对照低1.21%。秸秆覆盖处理的冬小麦株高最低，比对照低6.25%，比薄膜覆盖处理低 7.41%。秸秆覆盖处理的冬小麦最终产量比对照低 1.99%。从表 4 可以得出，薄膜覆盖处理对冬小麦前期(灌浆期前)土壤的增温作用导致冬小麦的株高和平均有效小穗数高于对照和秸秆覆盖处理，但是其后期的降温效应影响了冬小麦的灌浆和籽粒的形成，最终导致产量的降低。秸秆覆盖在冬小麦整个生育期的降温效应使得其株高最低，影响作物的生长发育，但是后期的降温效应降低使其灌浆和籽粒的形成受到的影响减少，所以该处理的千粒重高于薄膜覆盖处理，但是最终的产量还是低于对照。

表 4 不同覆盖处理的冬小麦产量及产量组成

| 项目<br>Items | 千粒重(g)<br>Weight per 1000 grains | 株高(cm)<br>Plant height | 平均有效小穗数<br>Average number of effective ears | 产量<br>Yield (kg/hm <sup>2</sup> ) |
|-------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| 薄膜覆盖 PFM    | 34.7                             | 83.0 <sub>a</sub>      | 15.2                                        | 1229.1                            |
| 秸秆覆盖 SM     | 35.8                             | 75.0 <sub>b</sub>      | 14.4                                        | 1219.4                            |
| 对照 CK       | 35.9                             | 80.0 <sub>ab</sub>     | 14.3                                        | 1244.1                            |

表 5 为不同覆盖材料处理下冬小麦的水分处理及利用效率。因为覆盖处理的地面阻力增大,所以漫灌相同面积的小区,需水量大于对照,从表中可以看出,对不同覆盖材料处理的冬小麦,总蒸散量为秸秆覆盖>薄膜覆盖>对照,说明覆盖处理增加了作

物的总耗水量,同时由于覆盖对产量的负面影响,使得不同覆盖材料处理下冬小麦的水分利用效率为对照>薄膜覆盖>秸秆覆盖。秸秆覆盖处理的冬小麦土壤耗水量比对照高 2.52%,水分利用效率比对照低 6.67%。

表 5 不同覆盖处理的水分利用效率

| 项目<br>Items | 灌溉(mm)<br>Irrigation | 降水(mm)<br>Precipitation | 土壤水消耗(mm)<br>Water consumption | ET(mm) | WUE (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------|
| 薄膜覆盖 PFM    | 69                   | 157                     | 140.1                          | 366.1  | 2.04                     |
| 秸秆覆盖 SM     | 69                   | 157                     | 150.8                          | 376.8  | 1.96                     |
| 对照 CK       | 55                   | 157                     | 147.1                          | 359.1  | 2.10                     |

3 结论与讨论

农田覆盖是农业节水中一种重要的手段,农田覆盖有土壤保墒、调节地温、肥力培养等优点,同时覆盖也影响农田小气候,对作物生长可能产生负面效应<sup>[16~19]</sup>。本文通过不同覆盖材料对冬小麦麦田地温影响研究,得出不同覆盖材料对冬小麦的干物质积累及转移的影响,而最终影响冬小麦的经济产量、水分利用效率。分析得出:覆盖具有调节土壤温度的作用,冬季保温,春季降温,秸秆的作用大于地膜。覆盖通过影响作物的生育期进程以及冬小麦的干物质积累、穗期干物质和 N 含量向成熟麦粒的转移,使得两种覆盖处理下冬小麦的产量和水分利用效率都有不同程度的减小,但是改善了冬小麦籽粒的品质。

从以上分析中看出,覆盖既没有提高冬小麦的经济产量也没有提高冬小麦的水分利用效率,整个试验进行过程中,按时按量给予灌溉,所以水分不是冬小麦生长的制约因素,同时在试验地区没有发现 N 含量的缺失,所以引起冬小麦减产和水分利用效率降低的原因可能是由覆盖引起的麦田地温的变化而导致的<sup>[20~22]</sup>。秸秆覆盖对麦田地温冬天保温、春季降温的作用,导致冬小麦生育期延迟,影响作物的生长发育,秸秆覆盖处理的冬小麦干物质总量一直低于对照。薄膜覆盖处理在冬小麦的生育前期

(灌浆期前)麦田地温高于对照,促进冬小麦的生长发育,使得冬小麦的干物质总量大于对照,同时消耗了大量的水分。而且薄膜覆盖在穗分化时期增温作用影响冬小麦穗分化,使得其不易形成大穗。后期随着冬小麦生长,冠层面积增大封垄封行,麦地裸露面积减少,薄膜覆盖处理的增温作用减少,反而出现降温现象,开花期薄膜覆盖的地温低于对照,影响冬小麦的灌浆,使得前期积累的大量干物质未转移到籽粒中,降低冬小麦的经济产量和水分利用效率。但是薄膜覆盖处理却有利于籽粒 N 的吸收,原因可能是薄膜覆盖在降低冬小麦麦田温度的同时,提高了近地面的温度,而在灌浆期间,籽粒对 N 的吸收与近地面温度成正比<sup>[23]</sup>。也可能是由于作物生长中营养生长和生殖生长的拮抗关系造成的,穗期到收获期间,薄膜覆盖处理的冬小麦干物质转移率降低,多余的能量用于转移 N 含量,使得 N 含量的转移率增大。具体原因有待进一步研究。

参考文献:

[1] 高亚军, 杨君林, 陈 玲, 等. 旱地冬小麦不同栽培模式、施氮量和种植密度土壤水分利用状况[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 45—50.

[2] Zhang X Y, Chen S Y, Liu M Y, et al. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain[J]. Agronomy Journal, 2005, 97: 783—790.

[3] 刘 伟, 高亚军, 杨君林, 等. 旱地冬小麦返青前秸秆覆盖的土

壤温度效应[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 197—201.

[4] 陈素英, 张喜英, 裴 东, 等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171—173.

[5] 陈素英, 张喜英, 胡春胜, 等. 秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 55—57.

[6] 李洪勋, 吴伯志. 地膜覆盖对玉米生理效应研究[J]. 耕作与栽培, 2003, (6): 46—48.

[7] 陈奇恩. 中国塑料膜覆盖农业[J]. 中国工程科学, 2002, 4(4): 12—17.

[8] 曹正梅, 董树亭, 刘春生. 覆膜栽培玉米的土壤生态效应研究进展[J]. 山东农业大学学报, 1999, 30(4): 489—492.

[9] 段德玉, 刘小京, 李伟强, 等. 夏玉米地膜覆盖栽培的生态效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 6—9.

[10] J A Tolk, T A Howell and S R Evett. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize[J]. Soil and Tillage Research, 1999, 50(2): 137—147.

[11] 陈素英, 张喜英, 裴 东, 等. 秸秆覆盖对夏玉米田田间蒸发和土壤温度的影响[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(4): 32—36.

[12] 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.

[13] 山东农学院. 作物栽培学(北方本)[M]. 上册. 北京: 农业出版社, 1993: 74—78.

[14] 徐是雄, 朱 潋. 小麦形态解剖结构图谱[M]. 北京: 北京大学出版社, 1982: 55—62, 92—93.

[15] 吴 姝, 张树源, 沈允钢. 昼夜温差对小麦光合作用的影响[J]. 西北植物学报, 1998, 24(3): 332—337.

[16] Nath J C, Sarma R. Effect of organic mulches on growth and yield of Assam lemon (Citrus limon Burm.) [J]. Horticultural Research, 1992, 5: 19—23.

[17] 李世清, 王瑞军, 张兴昌, 等. 小麦氮素营养与籽粒灌浆期氮素转移的研究进展[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 106—111.

[18] I Arduini, A Masoni, L Ercoli, et al. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate[J]. Europ J Agronomy, 2006, 25: 309—318.

[19] YANG Yan-min, LIU Xiaojing, LI Wei-qiang, et al. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China[J]. J Zhejiang University SCIENCE B, 2006, 7(11): 858—867.

[20] S Y Chen, X Y Zhang, D Pei, et al. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain[J]. WATER USE EFFICIENCY, 2007, 150(3): 261—268.

[21] S Sarkar, M Paramanick, S B Goswami. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (Brassica napus L. var. glauca) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 93: 94—101.

[22] Rita Dahiya, Joacchim Ingwersen, Thilo Streck. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling[J]. Soil Tillage Res, 2007, 96(1—2): 52—63.

[23] 冯国驻, 屈玉国, 杨玉强. 主要气候因素与小麦品质的关系[J]. 中国种业, 2004, (2): 54—55.

[24] 张庆江, 张立信, 毕桓武. 普通小麦炭氮积累分配特征及与籽粒蛋白质的关系[J]. 华北农学报, 1996, 11(3): 57—62.

## Effect of mulching on soil temperature and crop growth of winter wheat in plain of North China

GAO Li-na<sup>1,2</sup>, CHEN Su-ying<sup>1\*</sup>, ZHANG Xi-ying<sup>1</sup>, SUN Hong-yong<sup>1</sup>, WANG Yan-mei<sup>1</sup>, SHAO Li-wei<sup>1,2</sup>  
(<sup>1</sup>. Center for Agriculture Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050021, China; <sup>2</sup>. Graduated University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** As one of the measures for agricultural water saving and conservation of soil moisture, mulching has been widely used. But mulching also affects soil temperature that influences crop growth. This research was conducted to illustrate the effects of different mulching materials (straw and plastic film) on the growth and development of winter wheat. Straw mulch (SM) reduced soil temperature in spring that extended the spike differentiation duration, but shortened the duration of grain filling by 2 days. The remobilization efficiency of dry matter and N to grain production was increased under SM. The final yield and water use efficiency (WUE) was reduced by 1.98% and 0.14 kg/m<sup>3</sup> compared with that without mulching (CK) respectively. Plastic film mulching (PFM) increased more soil temperature than that of CK. The higher temperature under PFM in spring accelerated spike differentiation that reduced the seed numbers per spike. And the yield and WUE of winter wheat under PFM was 3.24% and 0.17 kg/m<sup>3</sup> less than that of the CK, respectively. Though mulching could reduce soil evaporation, its effects on soil temperature might affect negatively winter crop growth and reduce its yield and WUE.

**Key words:** straw mulching; plastic film mulching; soil temperature; crop growth; dry matter and N remobilization; water use efficiency