

# 全膜双垄沟播带状秸秆还田模式对土壤温度的影响

李利利, 丁宁平, 尚来贵

(平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000)

**摘要:** 在田间全膜双垄沟播膜下设置带状秸秆还田不同模式, 研究玉米生育期内土壤耕层温度的变化规律。结果表明, 在玉米非种植带将 5 cm 长秸秆按 3 750 kg/hm<sup>2</sup> 深翻 15 cm 与土壤混匀后, 土壤温度日 (8:00~20:00 时) 变化增温速度最快, 逐日变化幅度最高, 相应的 0~25 cm 土层温度振幅最大。不同秸秆还田方式玉米生育期 0~15 cm 土层温度日变化不同, 苗期 (5 月 13 日) 膜下秸秆还田 0~15 cm 土壤温度随着白天气温的升高快速增高, 16:00 时达最高峰, 为 26.8~28.9 °C, 持续 2 h 后迅速下降; 拔节期 (6 月 10 日) 土壤温度在 16:00 时达到最高, 随后缓慢下降。玉米生长后期不同处理 0~15 cm 土层温度没有差异。整个玉米生长期, 土壤温度的逐日变化表现出 S 型波动。各处理 0~25 cm 土层温度的振幅随着土壤深度增加和生育期延后而减小。

**关键词:** 全膜双垄沟播; 膜下还田; 土壤温度; 日变化; 振幅

**中图分类号:** S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)07-0072-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.07.022

秸秆还田是保护性耕作的核心内容, 在蓄水保墒、培肥土壤、提高产量、保护环境和节本增效方面效果明显, 对实现农业可持续发展意义重大,

其中直接还田是目前秸秆还田的主要方式<sup>[1-6]</sup>。玉米种植田的休闲期有 6 个月左右, 常规的深翻埋压和覆盖还田无法使秸秆完全腐解, 会影响翌年

收稿日期: 2018-03-19

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新专项计划资助-植物营养与新型肥料创制(2017GAAS26)。

作者简介: 李利利(1983—), 女, 甘肃静宁人, 农艺师, 主要从事旱作栽培与土壤肥力研究工作。联系电话: (0)15339331735。Email: 94793242@qq.com。

旱灾<sup>[8]</sup>。可见, 逐步多样化和频繁发生的旱灾增加了农业生产的干旱风险。了解不同时段旱情发生的特点及程度, 及时合理的制定抗旱减灾方案成为应对旱灾必须的手段和解决方法。

本文在分析甘肃省多年多点气象数据资料的基础上, 总结分析了该区季节性干旱发生频率和分布特征。结果显示, 甘肃半干旱区春季主要以严重干旱和中度干旱为主, 其中严重干旱平均每 3.00 a 发生 1 次, 中度干旱每 2.00 a、甚至每年发生; 夏季主要以中度干旱和轻度干旱为主, 其中中度干旱每 1.50~3.00 a 发生 1 次, 轻度干旱每年甚至半年发生 1 次; 秋季主要以中度干旱和轻度干旱为主, 均在每 1.50~3.00 a 发生 1 次。

## 参考文献:

- [1] LI F M, ZHAO S L, GEBALLE G T. Water use patterns and agronomic performance for some cropping systems with and without fallow crops in a semi-arid environment of northwest China [J]. *Agri. Eco. Environ.*, 2000, 79: 129-142.
- [2] 邓振镛. 高原干旱气候作物生态适应性研究 [M]. 北

京: 气象出版社, 2005: 216-249.

- [3] 邓振镛, 张宇飞, 刘德祥, 等. 干旱气候变化对甘肃省干旱灾害的影响及防旱减灾技术的研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(4): 94-99.
- [4] 李凤民, 徐进章. 黄土高原半干旱地区集水型生态农业分析[J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10(1): 101-103.
- [5] 符凉斌, 延晓东, 郭维栋. 北方干旱化与人类适应—以地球系统科学观回答面向国家重大需求的全球变化的区域响应和适应问题[J]. *自然科学进展*, 2006, 16(10): 1216-1223.
- [6] 刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化对农业生产的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(2): 195-200.
- [7] 张绪成, 朱润身, 樊庭录, 等. 甘肃省黄土高原旱作区干旱灾害特点及抗旱救灾农作制度的建立[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(5): 12-17.
- [8] 邓振镛, 董安祥, 郝志毅, 等. 干旱与可持续发展及抗旱减灾技术研究[J]. *气象科技*, 2003, 32(3): 187-190.

(本文责编: 陈 伟)

作物的播种和生长。在陇东旱塬区推广全膜双垄沟播玉米栽培,在追求高产的同时势必会加剧对土壤水分和养分的过度消耗,再加上常年玉米连作和化肥不合理施用,会造成土壤板结、肥力水平下降等问题<sup>[7]</sup>。为了保证玉米产量和甘肃玉米的可持续发展,针对这些可能存在的问题,提出了全膜双垄沟播膜下带状秸秆还田技术模式。该模式是将秸秆呈带状还于非作物种植行间,上面覆膜。此模式将秸秆还田带和种植带进行有效分离,避免了秸秆腐解期与作物生长期同时同位而造成的争水、争养分矛盾,同时因为覆膜,给还田秸秆提供了相对适宜的温湿度环境,加快了秸秆腐解速度<sup>[8-9]</sup>。我们通过全膜双垄沟播膜下带状秸秆还田方式,研究了旱作区玉米田土壤温度的变化规律,以期为推动玉米产业向循环、高效、低耗的可持续性方向发展提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

指示玉米品种为长城 706,由甘肃省科学院提供。

#### 1.2 试验区概况

试验于 2014 年 3 月 在平凉市农业科学院高平试验场实施,试验区地处北纬 35° 16', 东经 107° 30', 海拔 1 254 m, 年均气温 8 °C, 年均蒸发量 1 384 mm, 无霜期 172 d, >10 °C 的积温 2 800 °C 持续 150 d, 正常年份年降水量 540 mm。有限的降水年度、季节分配不均,春旱严重,常影响作物正常出苗,有时甚至不能播种。每年 4—5 月是夏播作物生长需水的关键期,但降水少,不能满足作物对水分需求。7—9 月降水集中,达到全年降水的 60% 以上(图 1),又多以暴雨为主,地表径流严重,自然降水不能被充分利用,属甘肃省陇东地区典型的旱作农业区。供试土壤为黑垆土类,肥力中等,前茬作物为玉米。

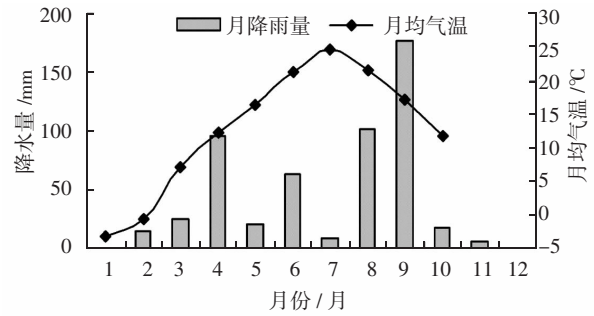


图 1 2014 年月降水量及月均气温

### 1.3 试验方法

试验采用随机区组排列,共设 6 个处理(表 1),3 次重复,小区面积 40 m<sup>2</sup> (8 m×5 m)。3 月 26 日秸秆翻压还田,秸秆还田全量 3 750 kg/hm<sup>2</sup>、半量 1 875 kg/hm<sup>2</sup>,春季结合整地一次性基施 N 90 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>。试验于 2014 年 4 月 20 日左右播种,小区间距 50 cm,每小区播种 5 垄 10 行,株距 35 cm,密度 57 000 株/hm<sup>2</sup>。其余管理同大田。5 月 13 日至 9 月 2 日,每隔 7 d 测定 0~25 cm 土层温度,8:00~20:00 时每 2 h 记录 1 次,测定时将温度计置于玉米非种植带内。

### 2 结果与分析

#### 2.1 0~15 cm 土层温度日变化

由于地表温度受自然条件的影响较大,而 15 cm 以下土壤温度受地膜或秸秆覆盖的影响较小,15 cm 处的温度变化可以客观反映出全膜双垄沟播玉米秸秆还田的影响,因此,本文以 15 cm 土壤温度的变化来分析全膜双垄沟播秸秆还田对土壤温度日变化的影响。

从图 2 可以看出,玉米生育期内,随着生育进程,土壤温度的日变化差异显著。玉米生长初期(5 月 13 日),当白天温度升高时,除处理 2 外,其余处理 0~15 cm 土层温度快速增高。在 16:00 时出现最高峰,为 26.8~28.9 °C;持续 2 h 至 18:00 时后,土壤温度开始下降;至 20:00 时土壤温度稍高

表 1 试验设计方案

处理	设计方案
1(CK)	全膜双垄沟播栽培,种植带 40 cm,垄高 15 cm;非种植带 70 cm,垄高 10 cm,穴播。
2	不起垄覆膜,地表覆盖 2 cm 长秸秆 3 750 kg/hm <sup>2</sup> ,种植带 40 cm,非种植带 70 cm,穴播。
3	全膜双垄沟播栽培,在地表均匀撒 5 cm 长秸秆 3 750 kg/hm <sup>2</sup> ,深翻 15 cm 与土壤混匀。
4	按种植带 40 cm 和非种植带 70 cm 划行,在非种植带内将 5 cm 长秸秆 3 750 kg/hm <sup>2</sup> 深翻 15 cm 与土壤混匀,起垄覆膜,垄高 15 cm,穴播。
5	按种植带 40 cm 和非种植带 70 cm 划行,在非种植带内将 2 cm 长秸秆 3 750 kg/hm <sup>2</sup> 深翻 15 cm 与土壤混匀,起垄覆膜,垄高 15 cm,穴播。
6	按种植带 40 cm 和非种植带 70 cm 划行,在非种植带将 5 cm 长秸秆 1 875 kg/hm <sup>2</sup> 深翻 15 cm 与土壤混匀,起垄覆膜,垄高 15 cm,穴播。

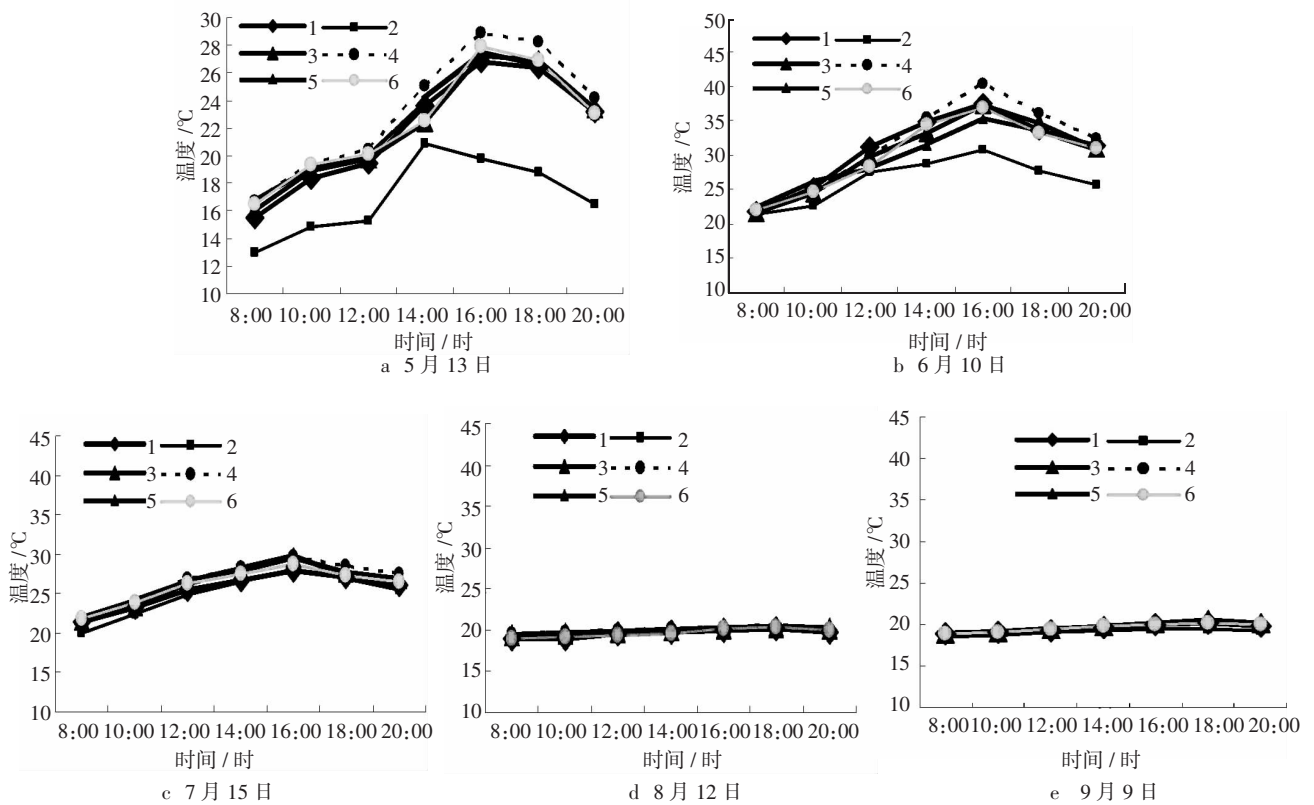


图2 玉米生长期(5月13日至9月9日)不同处理0~15 cm地温的日变化

于14:00时。说明地膜和秸秆还田具有稳定和缓冲土壤温度变化的作用和一定的增温效应,早晨可以快速提高土壤表层温度,在傍晚可以减缓土壤温度降低,这与Li L L<sup>[10]</sup>、郑华平<sup>[11]</sup>的研究结果相一致。其中0~15 cm 土层温度在测定时间段内以处理4最高,处理2变化较其余处理幅度较小,在14:00时土壤温度达到最大,为20.9℃,之后随时间延后快速降低。

玉米生长进入拔节期(6月10日),各处理0~15 cm 土层温度变化规律相似,随着时间的延后至16:00时呈直线增加,之后缓慢下降。在8:00~12:00时的时间段内各处理0~15 cm 土层的温度差异不明显,12:00时以后处理2显著低于其余处理。0~15 cm 土层的温度日变化增温速度以处理4最快,最高值高于其余处理。

玉米生长期7月15日至9月9日,各处理间0~15 cm 土层温度没有差异。7月15日后,0~15 cm 土层温度的日变化随着时间的延后增幅缓慢,介于20~30℃,在16:00时达最高值。进入8月份,随着LAI(叶面积指数)的增大,玉米植株的遮蔽作用增大,覆膜和秸秆覆盖对温度的作用相应减弱,表现为0~15 cm 土层温度8:00~18:00时间段内

温差没有变化,土壤温度介于18.2~20.2℃。

## 2.2 0~25 cm 土层温度变化

对玉米生长期(5月13日至9月9日)0~25 cm 土层的温度测定(图3)发现,整个玉米生长期内,土壤温度逐日的变化表现出S型波动。在5月中旬(5月13日)至5月下旬(5月27日)0~25 cm 土层温度快速增加,并且达到整个生育期的最高峰,这一阶段主要是地膜和秸秆覆盖双重作用使土壤急剧增温的过程。进入6月中旬后,随着气温逐渐增高,0~25 cm 土层温度又一次出现温度高峰。7月初至8月上旬,随着叶面积指数的增大,对地面的遮荫作用增大,土壤温度的逐日变化较平稳。8月中旬之后,玉米逐渐衰老,土壤温度的逐日变化随着气温的变化而变化。其中0~5 cm 土层温度在玉米整个生育期内逐日变化差异较大,处理4最高,处理2则最低。5~10、10~15 cm 土层温度在5月13日至8月5日逐日变化有差异,其中6月24日之前逐日变化差异显著,之后差异不显著。处理4变化幅度最高,处理2变化最低。

## 2.3 土壤温度日较差变化

土层温度的日较差是一日中土层温度最高值与最低值之差。通过表2可以看出,0~25 cm 土层



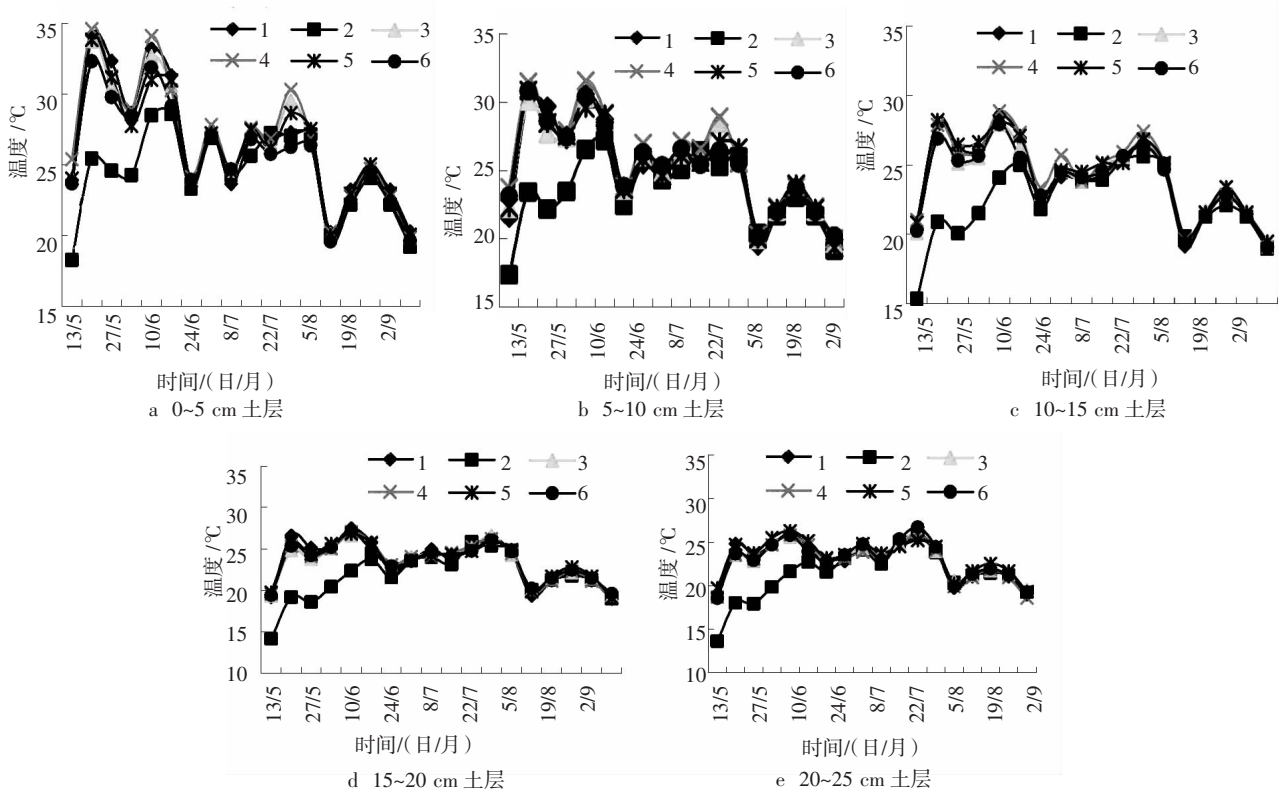


图 3 玉米生长期不同处理土层温度的逐日变化

各个处理的温度日较差随着土壤深度的增加呈减小趋势。其中 5 月 13 日至 6 月 17 日，0~5 cm 土层各处理温度日较差最大，为 4.1~13.6 °C；5~10 cm 土层各处理温度日较差为 3.2~10.5 °C；10~15 cm 土层各处理温度日较差为 2.1~7.4 °C；15~20 cm 土层各处理温度日较差为 1.2~7.2 °C；20~25 cm 土层各处理温度日较差为 0.6~5.4 °C。玉米生长期进入 6 月下旬，随着 LAI（叶面积指数）的增大，植株的遮蔽作用增大，全膜双垄沟播秸秆还田及覆盖对温度的作用相应减弱，各个处理的日较差较玉米生长前期显著降低，日较差为 0.3~5.9 °C。玉米生育期内，0~5、5~10、10~15 cm 土层均以处理 4 较高，可能与秸秆的长度较长、还田量多且比较集中，在腐解过程中吸收更多水分、养分，微生物活动释放较多的热量有关。

### 3 小结

田间观察表明，在玉米生育前期(6月下旬)同日不同时段，0~15 cm 土层温度日变化、逐日变化差异显著。其中在非种植带内将 5 cm 长秸秆 3 750 kg/hm<sup>2</sup> 深翻 15 cm 与土壤混匀后，玉米灌浆期前，0~15 cm 土层温度日变化、逐日变化均较大，相应的土壤温度日较差较高。

全膜双垄沟播膜下还田具有一定的“增温效

应”。早晨可以提高土壤 0~15 cm 表层温度，中午持续 2 h 高温环境，傍晚可以减缓土壤温度降低，至 20:00 时土壤温度稍高于 14:00 时。整个玉米生长期，土壤温度逐日的变化表现出 S 型波动。5 月 13 日至 6 月 10 日 0~25 cm 土层温度快速增加，并且达到整个生育期的土壤温度最高峰，各处理间土壤温度逐日差异明显，这一阶段主要是地膜和秸秆覆盖双重作用使土壤急剧增温的过程。随着玉米叶面积指数增大，对地面的遮荫作用增大，土壤温度的逐日变化较平稳。0~25 cm 土层温度日较差随着土壤深度的增加和玉米生育期的延后而减小，0~5 cm 土层各处理温度日较差最大。5 月 13 日至 6 月 17 日 0~5、5~10、10~15、15~20、20~25 cm 土层温度日较差分别为 4.1~13.6、3.2~10.5、2.1~7.4、1.2~7.2、0.6~5.4 °C。卢秉林<sup>[9]</sup>在河西绿洲灌区的研究认为，秸秆带膜还田时对秸秆腐解影响最大的因子是还田层的温度，其次是相对湿度和腐解时间；秸秆覆盖带膜还田处理还田层温度的日较差达到 10~48 °C，较高的温度环境不利于微生物的存活。在陇东旱塬区，全膜双垄沟播膜下带状还田下土壤温度的日较差小，有利于微生物的存活，可为秸秆腐解创造适宜的温湿度条件。

表 2 玉米生长期不同处理土层温度日较差

℃

处理	测定日期/(日/月)																	
	13/5	20/5	27/5	3/6	10/6	17/6	24/6	1/7	8/7	15/7	22/7	29/7	5/8	12/8	19/8	26/8	2/9	9/9
	0~5 cm																	
1	7.3	11.6	10.4	4.8	9.4	8.8	1.9	5.2	1.6	4.2	3.2	3.7	3.7	0.6	5.2	4.1	5.2	0.6
2	6.6	8.8	8.4	4.0	6.2	9.2	2.1	6.1	1.8	4.9	4.5	4.2	3.9	0.3	5.5	4.8	5.5	0.6
3	7.7	12.3	10.3	4.8	10.0	8.2	2.3	6.1	1.4	5.3	2.9	5.9	3.9	0.4	5.6	5.2	5.6	0.8
4	8.5	12.9	11.1	5.3	11.9	8.6	2.5	6.5	1.0	5.0	2.9	5.9	3.9	0.4	5.6	4.6	5.6	0.8
5	6.9	11.8	9.1	4.1	7.6	8.6	1.9	5.3	1.4	4.7	3.1	5.3	4.0	0.5	5.6	5.0	5.6	0.6
6	7.6	13.6	9.5	5.8	9.7	8.3	2.0	5.9	1.4	4.4	2.8	3.2	2.9	0.6	5.3	5.2	5.3	0.7
	5~10 cm																	
1	6.0	9.1	8.3	4.0	8.1	8.0	1.4	4.2	1.5	3.4	3.1	2.9	2.9	0.5	5.0	3.7	5.0	0.7
2	4.7	6.8	6.4	3.2	6.0	7.9	1.9	4.4	1.3	4.1	3.9	3.5	3.8	0.6	4.3	3.7	4.3	0.6
3	5.8	10.3	8.3	3.8	8.1	6.9	1.6	4.2	1.3	4.1	3.0	5.2	3.4	0.6	4.6	4.2	4.6	1.0
4	5.6	10.5	8.7	4.3	9.3	7.3	1.7	5.0	1.5	4.4	2.5	4.4	3.3	0.5	4.2	3.9	4.2	0.6
5	5.7	9.3	7.6	3.8	6.9	6.9	1.7	3.7	1.4	4.2	2.9	3.8	3.3	0.6	4.8	4.3	4.8	0.9
6	5.8	9.2	7.3	3.5	7.5	6.8	2.0	4.3	0.9	3.4	2.2	2.8	2.6	0.9	3.9	4.0	3.9	0.6
	10~15 cm																	
1	4.3	6.5	5.4	2.7	5.9	5.5	1.5	2.5	1.7	2.4	2.6	4.1	2.9	0.9	4.3	3.5	4.3	0.6
2	4.0	4.6	4.7	2.1	5.1	6.8	1.8	3.3	1.4	3.2	3.2	3.2	3.3	0.5	3.6	3.0	3.6	0.5
3	4.0	7.4	5.0	2.2	5.4	4.6	1.6	2.7	1.6	2.8	2.6	3.5	2.7	0.7	3.8	3.6	3.8	0.7
4	4.5	7.3	5.8	2.5	6.3	5.4	1.3	4.0	1.2	3.4	2.2	3.8	2.7	0.6	4.1	3.4	4.1	1.0
5	3.9	6.7	6.0	3.3	5.2	5.3	1.8	2.8	1.2	3.1	2.3	4.2	2.6	0.5	4.3	3.3	4.3	0.8
6	4.4	6.1	5.3	2.3	5.5	4.7	1.7	2.4	1.3	2.9	2.5	3.3	2.7	0.7	4.0	3.6	4.0	0.7
	15~20 cm																	
1	2.9	7.2	4.1	1.7	3.9	4.4	1.5	1.9	0.9	1.8	2.3	3.6	2.8	0.5	3.1	2.1	3.1	0.6
2	1.9	3.3	3.2	1.3	3.2	4.4	1.3	2.3	1.4	2.2	3.1	2.8	2.4	0.6	3.6	2.2	3.6	0.5
3	2.7	4.4	3.4	1.4	3.3	3.2	1.7	1.9	1.1	2.2	2.0	3.2	2.5	0.5	2.6	2.1	2.6	0.8
4	3.0	5.3	3.8	1.4	3.9	4.1	1.4	2.3	0.9	2.3	1.4	2.7	2.4	0.5	3.0	2.3	3.0	0.9
5	2.5	4.4	3.2	2.1	3.3	3.3	1.8	2.1	1.1	2.0	1.8	2.4	2.2	0.6	3.5	2.6	3.5	0.6
6	3.4	4.4	3.3	1.2	3.8	3.5	1.4	1.9	1.3	1.8	1.6	2.8	1.7	0.5	3.0	2.6	3.0	0.6
	20~25 cm																	
1	1.8	5.4	2.8	1.2	2.5	2.4	1.6	1.0	0.9	1.1	1.8	2.7	2.2	0.3	2.2	1.7	2.2	0.8
2	1.4	2.3	2.2	0.9	2.4	3.2	1.7	1.7	1.1	1.4	2.5	2.5	2.4	0.3	2.4	1.5	2.4	0.6
3	2.2	3.4	2.3	0.7	2.6	2.3	1.8	1.5	1.5	1.5	1.4	2.8	2.0	0.2	1.8	1.7	1.8	0.6
4	2.0	3.5	2.8	0.6	2.3	2.8	1.3	1.6	1.3	1.5	1.1	2.6	1.7	0.3	1.8	1.9	1.8	0.8
5	1.7	3.1	2.5	1.4	2.5	2.1	1.9	1.4	1.3	1.2	1.4	2.1	1.7	0.4	2.6	2.2	2.6	0.4
6	2.4	2.8	1.9	0.9	2.6	2.2	1.6	2.7	1.4	1.1	1.8	3.1	2.0	0.5	2.2	2.1	2.2	0.3

## 参考文献:

- [1] 毕于运, 寇建平, 王道龙. 中国秸秆资源综合利用技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
- [2] 刘思春, 张红, 吕家琰, 等. 长期秸秆还田对农田土壤水分运动与热力学函数关系初探[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(9): 1791-1798.
- [3] 汪军, 王德建, 张刚, 等. 连续全量秸秆还田与氮肥用量对农田土壤养分的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 40-44; 62.
- [4] BLANCO-CANQUI H, LAL R, POST W M, *et al.* Changes in long-term no-till corn growth and yield under different rates of stover mulch[J]. *Agronomy Journal*, 2006, 98: 1128-1136.
- [5] 张素梅. 秸秆腐熟还田对中高产田土壤及玉米生长发育的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 29-37
- [6] 刘五喜, 靳彩霞, 柳琳, 等. 秸秆还田对半干旱区土壤理化性状及玉米产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2016(6): 58-60.
- [7] 徐文强, 熊春蓉, 张永祥, 等. 全膜双垄沟播与秸秆还田技术对土壤理化特性及玉米产量的影响[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(2): 226-229.
- [8] 曹玉琴, 刘彦明, 王梅春, 等. 旱作农田沟垄覆盖集水栽培技术的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 1994(1): 74-78.
- [9] 卢秉林, 包兴国, 车宗贤, 等. 带膜还田时玉米秸秆的腐解率和还田层的温湿度变化趋势[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(2): 38-43.
- [10] LI L L. Crop productivity and resource use efficiency under conservation tillage in a dry land spring wheat-field pea rotation system [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2006.
- [11] 郑华平. 保护性耕作措施的综合效应研究及其生态与经济效益评价[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004.

(本文责编: 陈伟)