

不同覆膜方式对陇东旱塬玉米田土壤温度的影响

杨祁峰, 岳云, 熊春蓉, 孙多鑫

(甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 在海拔 1 700 m 以下的陇东旱塬选择年降雨量和年平均积温相近的 3 个试验点, 以玉米为栽培作物, 进行秋季全膜双垄沟播栽培、春季顶凌全膜双垄沟播栽培、播前全膜双垄沟播栽培、半膜平铺和不覆膜 5 种栽培模式试验, 分别测定地表 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 的土层地温, 以探索全膜双垄沟播栽培技术对土壤地温的影响。结果表明, 在玉米生长的每一个生育期, 不同的土壤深度的地温和有效积温均是 A. 秋季全膜双垄沟播栽培 > B. 春季顶凌全膜双垄沟播栽培 > C. 播前全膜双垄沟播栽培 > D. 半膜平铺 > E. 不覆膜。并且在海拔 1 700 m 以下区域, 秋季全膜双垄沟播栽培、春季顶凌全膜双垄沟播栽培、播前全膜双垄沟播栽培、半膜平铺的有效积温均能满足玉米正常生长所需的积温。不覆膜的有效积温不能满足玉米正常生长所需的积温。

关键词: 覆膜方式; 玉米田; 土壤温度; 陇东旱原

中图分类号: S513.048 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0029-05

全膜双垄沟播玉米栽培技术是旱作农业区的一大技术创新, 其显著的抗旱作用、增产效果已有大量的报道^[1~7]。全膜双垄沟播技术就是在地面起大小双垄, 用地膜全覆盖后, 在沟内播种的技术, 该技术改常规半膜覆盖为全地面覆盖地膜, 改常规地膜平铺为起垄覆膜, 改常规垄上种植为沟内种植, 可显著提高自然降水利用率。秋季全膜双垄沟播栽培就是采用全膜双垄沟播技术在秋季土壤封冻前土壤墒情较好的时节覆盖地膜的栽培技术; 春季顶凌全膜双垄沟播栽培就是采用全膜双垄沟播技术在早春昼消夜冻 0~15 cm 的土层平均地温为 2.4℃ 的时节覆盖地膜的栽培技术; 播前全膜双垄沟播栽培就是采用全膜双垄沟播栽培技术播种前覆盖地膜的栽培技术。这三种栽培技术的抗旱增产效果已在生产中获得了验证。但全膜双垄沟播栽培相关理论方面的研究报道相对较少, 本文结合甘肃旱作农业的特点, 在海拔 1 700 m 以下区域选择年降雨量、年积温情况相同的 3 个点, 进行秋季全膜双垄沟播栽培、春季顶凌全膜双垄沟播栽培、播前全膜双垄沟播栽培、半膜平铺、不覆膜试验, 通过测定玉米生长几个关键期的地温, 以及地温的改变对玉米生长发育的影响分析, 以探索适合甘肃省海拔 1 700 m 以下旱作区的玉米覆膜方式。

1 试验区概况及试验方法

1.1 试验区概况

试验地均为海拔 1 700 m 以下地区, 分别是西

峰区温泉乡八里庙村, 海拔 1 412 m, 年平均降雨量 560 mm, 年平均气温 9.8℃; 崆峒区白庙乡的贾洼村海拔 1 540 m, 年平均降雨量 546.8 mm, 年平均气温 9.7℃。合水县太白镇太白村, 海拔 1 498.4 m, 年平均降雨量 562 mm, 年平均气温 10.1℃。三个区域的年降雨量和年平均气温相近, 玉米的生育期相同, 播种时间 4 月 25 日, 出苗期 10 d, 拔节期 35 d, 大喇叭口期 30 d, 灌浆期 40 d, 成熟期 24 d。选择地块平整, 土壤肥力均匀。施肥以农家肥为主, N、P 肥配合施用。每 666.7 m² 施腐熟农家肥 3 000 kg, 尿素 30 kg, 磷肥 50 kg。除留 10 kg 尿素用于大喇叭口期追肥外, 其余肥料播前整地时一次性施入。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设计 试验的秋季全膜双垄沟播栽培、春季顶凌全膜双垄沟播栽培、播前全膜双垄沟播栽培均按照全膜双垄覆盖栽培技术规程的要求种植, 每幅垄分为大小两垄, 垄幅宽 110 mm, 大垄宽 70 mm、高 10 mm, 小垄宽 40 mm、高 15 mm, 每幅垄对应一大一小、一高一低两个垄面。半膜平铺和不覆膜采用常规种植。试验品种为酒试 20, 试验采用随机区组设计, 5 个处理, 3 次重复, 共 15 个小区, 小区面积 39.6 m², 每小区种植玉米 267 株。肥料除 1/3 的尿素用于大喇叭口期追肥外, 其余全部用作底肥。

1.2.2 地温测定方法 用曲管地温表在玉米生长的每一个关键生育期, 选择天气晴朗的一天, 于早上 11:00 时在任意两株中间测定不同土层的地温。

1.2.3 数据分析 由于所选择 3 个试验点的环境

收稿日期: 2008-03-31

基金项目: 甘肃省科技厅“甘肃省地膜高效利用技术研究与示范”项目(甘农科 1995-03)

作者简介: 杨祁峰(1959-), 男, 甘肃武威人, 研究员, 主要从事作物栽培与耕作方面的研究。E-mail: yangqf@vip.163.com

条件相近,3 个试验点之间每一个生育期每个处理不同土层的土壤温度之间的差异性不显著,所以将 3 个试验点每一个生育期每个处理的数据的平均值作为分析的原始数据。

2 结果分析

2.1 不同覆膜方式在不同时期对土层温度变化的影响

表 1 显示:秋季全膜双垄沟播栽培时,由于降雨量较大,地表温度较地下温度低,随土壤深度的增加,地温逐渐增加,最低地温是地表温度为 6.7°C ,最高温度是 20 cm 土层温度为 10.57°C 。春播前,随

土壤深度的增加,地温逐渐下降,但相对秋季全膜双垄沟播栽培,整体地温回升,最高温度为地表温度,最低地温为 20 cm 土层温度,并且在土壤的每一层深度地温均是秋季全膜双垄沟播栽培>春季顶凌全膜双垄沟播栽培>播前全膜双垄沟播栽培>半膜覆盖和不覆膜。

随着天气变暖,出苗期、拔节期、大喇叭口期地温显著升高,最高地温均为地表温度,最低地温均为 20 cm 土层温度,且在土壤的每一层深度地温均是秋季全膜双垄沟播栽培>春季顶凌全膜双垄沟播栽培>播前全膜双垄沟播栽培>半膜覆盖>不覆膜。

表 1 玉米田不同覆膜方式在不同时期的土壤地温($^{\circ}\text{C}$)

Table 1 Soil temperature of different plastic film mulching approaches in different stage of maize growth

| 覆膜方式 Mulching modes | 土壤深度 Soil depth (cm) | 秋季全膜双垄沟播栽培时及春季顶凌全膜双垄沟播栽培时地温 Soil temperature with full mulching on double ridges in fall and in early spring | 播前地温 Temperature before sowing | 出苗期地温 Temperature at seedling stage | 拔节期地温 Temperature at jointing stage | 大喇叭口期地温 Temperature at trombone stage | 灌浆期地温 Temperature at filling stage | 成熟期地温 Temperature at mature stage |
|---|-------------------------|---|-----------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|--------------------------------------|
| A. 秋季全膜双垄沟播栽培 Full mulching on double ridges in fall and sowing in catchment furrows | 0 | 6.7 | 14.3 | 26.2 | 35.2 | 42.5 | 27.8 | 13.8 |
| | 5 | 8.4 | 12.9 | 21.2 | 27.7 | 33.0 | 27.2 | 14.0 |
| | 10 | 9.3 | 12.0 | 19.3 | 23.2 | 28.1 | 24.4 | 14.3 |
| | 15 | 10.2 | 11.1 | 18.4 | 20.9 | 25.4 | 24.1 | 14.7 |
| | 20 | 10.6 | 10.8 | 17.7 | 20.0 | 24.6 | 22.9 | 14.9 |
| B. 春季顶凌全膜双垄沟播栽培 Full mulching on double ridges and sowing in catchment furrows in early spring | 0 | 3.4 | 12.9 | 25.2 | 35.5 | 41.5 | 27.1 | 13.5 |
| | 5 | 4.1 | 11.5 | 20.1 | 27.0 | 30.4 | 26.6 | 13.7 |
| | 10 | 4.7 | 11.0 | 17.7 | 21.5 | 25.5 | 23.8 | 14.0 |
| | 15 | 5.6 | 10.6 | 17.2 | 20.0 | 22.7 | 23.5 | 14.4 |
| | 20 | 6.6 | 10.2 | 16.6 | 18.7 | 22.0 | 22.7 | 14.7 |
| C. 播前全膜双垄沟播栽培 Full mulching on double ridges and sowing catchment furrows | 0 | — | 11.6 | 25.1 | 35.4 | 39.3 | 26.6 | 10.6 |
| | 5 | — | 11.4 | 18.0 | 26.0 | 27.9 | 26.1 | 10.9 |
| | 10 | — | 10.7 | 14.6 | 20.4 | 23.1 | 23.3 | 11.3 |
| | 15 | — | 9.9 | 14.1 | 19.5 | 21.3 | 23.0 | 11.7 |
| | 20 | — | 9.8 | 13.5 | 18.4 | 20.6 | 22.3 | 12.1 |
| D. 半膜覆盖 Half flat mulching | 0 | — | 11.6 | 22.7 | 32.9 | 37.7 | 24.2 | 8.0 |
| | 5 | — | 11.4 | 17.7 | 23.1 | 25.8 | 23.6 | 8.3 |
| | 10 | — | 10.7 | 14.2 | 17.8 | 21.0 | 20.8 | 8.9 |
| | 15 | — | 9.9 | 13.8 | 16.7 | 19.4 | 20.5 | 9.2 |
| | 20 | — | 9.8 | 12.4 | 16.1 | 18.6 | 19.7 | 9.6 |
| E. 不覆膜 Non-mulching | 0 | — | 11.6 | 20.2 | 32.5 | 36.4 | 23.2 | 7.6 |
| | 5 | — | 11.4 | 17.2 | 20.8 | 20.3 | 20.2 | 8.0 |
| | 10 | — | 10.7 | 13.9 | 16.9 | 18.8 | 17.4 | 8.5 |
| | 15 | — | 9.9 | 13.3 | 16.0 | 18.2 | 17.1 | 8.8 |
| | 20 | — | 9.8 | 11.7 | 15.2 | 18.3 | 16.3 | 9.2 |

灌浆期,玉米基本覆盖了地面,太阳光无直射地面,地温开始下降,但由于整体地温比较高,地表温度仍高于地下温度,最高温度为地表温度,最低地温为20 cm 土层温度,且在土壤的每一层深度地温均是秋季全膜双垄沟播栽培>春季顶凌全膜双垄沟播栽培>播前全膜双垄沟播栽培>半膜覆盖>不覆膜。

成熟期由于秋季降雨开始变多,地温逐渐下降,且随土层深度的增加,下降速度逐渐变慢,最低地温为地表温度,最高温度为20 cm 土层温度,同时不同覆膜方式的下降速度秋季全膜双垄沟播栽培<春季顶凌全膜双垄沟播栽培<播前全膜双垄沟播栽培<半膜平铺和不覆膜,这5种方式地表温度与20 cm 土层温度差值分别为:1.17℃、1.2℃、1.5℃、1.6℃、1.6℃,说明采用全膜双垄沟播栽培,使地温整体变高,玉米的整体生育期提前,后期成熟受地温的影响较小,并且秋季全膜双垄沟播栽培的影响要小于其他种植方式。

2.2 不同时期不同覆膜方式对土壤平均温度的影响比较

表2显示:玉米田不同生育期的地温均是秋季全膜双垄沟播栽培>春季顶凌全膜双垄沟播栽培>

播前全膜双垄沟播栽培>半膜平铺>不覆膜。在玉米根系生长的几个关键时期,秋季全膜双垄沟播栽培的平均地温均达到20℃以上,春季顶凌全膜双垄沟播栽培、播前全膜双垄沟播栽培和半膜平铺的平均地温出苗期没有达到20℃,不覆膜的平均地温出苗期和灌浆期均没有达到20℃。且出苗期平均地温秋季全膜双垄沟播栽培比春季顶凌全膜双垄沟播栽培平均地温高1.2℃,比播前全膜双垄沟播栽培高3.5℃、比半膜平铺高4.4℃、比不覆膜高5.3℃;拔节期秋季全膜双垄沟播栽培比春季顶凌全膜双垄沟播栽培平均地温高0.9℃,比播前全膜双垄沟播栽培高1.5℃、比半膜平铺高4.1℃、比不覆膜高5.1℃。大喇叭口期秋季全膜双垄沟播栽培比春季顶凌全膜双垄沟播栽培高2.3℃,比播前全膜双垄沟播栽培高4.3℃、比半膜平铺高6.2℃、比不覆膜高8.3℃。灌浆期秋季全膜双垄沟播栽培比春季顶凌全膜双垄沟播栽培平均地温高0.6℃,比播前全膜双垄沟播栽培地温高1.0℃、比半膜平铺地温高3.5℃、比不覆膜地温高6.5℃。收获期秋季全膜双垄沟播栽培比春季顶凌全膜双垄沟播栽培平均地温高0.3℃,比播前全膜双垄沟播栽培地温高3.1℃、比半膜平铺地温高5.6℃、比不覆膜地温高6.0℃。

表2 玉米田不同时期不同覆膜方式的土壤平均温度(℃)

Table 2 Average soil temperature of different plastic mulching approaches in different stage of maize growth

| 覆膜方式 Mulching modes | 秋季全膜双垄沟播栽培 及春季顶凌全膜双垄沟 播栽培时的地温 Soil temperature at full mulching on double ridges in fall and sowing in catchment furrows and full mulching on double ridges and sowing in catchment furrows in early spring | 播前 地温 Temperature before sowing | 出苗期 地温 Temperature at seedling stage | 拔节期 地温 Temperature at jointing stage | 大喇叭口 期地温 Temperature at trombone stage | 灌浆期 地温 Temperature at filling stage | 成熟期 地温 Temperature at mature stage |
|------------------------|---|--|--|--|--|---|--|
| A | 9.0 | 12.2 | 20.6 | 25.4 | 30.7 | 25.3 | 14.4 |
| B | 4.9 | 11.2 | 19.4 | 24.5 | 28.4 | 24.7 | 14.1 |
| C | — | 10.7 | 17.1 | 23.9 | 26.4 | 24.3 | 11.3 |
| D | — | 10.7 | 16.2 | 21.3 | 24.5 | 21.8 | 8.8 |
| E | — | 10.7 | 15.3 | 20.3 | 22.4 | 18.8 | 8.4 |

2.3 不同覆膜方式对不同生育期的土壤平均积温的影响

表3显示,每一个生育期的积温均是秋季全膜双垄沟播栽培>春季顶凌全膜双垄沟播栽培>播前全膜双垄沟播栽培>半膜平铺>不覆膜,播前到灌浆期土壤积温逐渐升高,灌浆到成熟土壤积温开始降低。全生育期秋季全膜双垄沟播栽培的总积温

3 502.18℃,比春季顶凌全膜双垄沟播栽培高166.71℃,比播前全膜双垄沟播栽培高369.04℃,比半膜平铺高666.79℃,比不覆膜高888.5℃。全生育期秋季全膜双垄沟播栽培平均地温23.04℃,比春季顶凌全膜双垄沟播栽培高1.1℃,比播前全膜双垄沟播栽培高2.33℃,比半膜平铺高4.93℃,比不覆膜高5.84℃。

表 3 玉米田不同生育期不同覆膜方式的土壤 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)Table 3 Soil temperature $\geq 0^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature with different mulching approaches in different stage of maize growth

| 覆膜方式 Mulching modes | 播前~ 出苗期 Sowing and seedling stage | 出苗期~ 拔节期 Seedling and jointing stage | 拔节期~ 大喇叭口期 Jointing and trombone stage | 大喇叭口期 ~灌浆期 Trombone and filling stage | 灌浆~成熟 Filling and mature stage | 总积温 Total accumulated temperature | 平均积温 Average Accumulated temperature |
|------------------------|---|--|--|---|--------------------------------------|--|---|
| A | 164.0 | 805.00 | 841.5 | 1120 | 571.68 | 3502.18 | 23.04 |
| B | 153.0 | 768.25 | 793.5 | 1062 | 558.72 | 3335.47 | 21.94 |
| C | 138.0 | 714.00 | 754.5 | 1014 | 512.64 | 3133.14 | 20.61 |
| D | 132.5 | 649.25 | 687.0 | 926 | 440.64 | 2835.39 | 18.65 |
| E | 131.0 | 626.50 | 640.5 | 824 | 391.68 | 2613.68 | 17.20 |

3 结 论

温度的变化对农业生产有大的影响。据估计,农业生产区气温每下降 1°C ,就会减少一周(7 d)的生长季。美国达尔奇教授认为:若全球气温比 20 世纪 70 年代平均气温下降 1°C 时,玉米在全球的 60% 地区将减收 2 100 万美元;棉花在全球范围内歉收,损失约 22 亿美元;水稻 65% 地区损失 9.56 亿美元;森林产品在苏联时期损失 13.83 亿美元。中国气候学家张家诚研究论述了若气温升降 1°C ,对中国粮食作物的影响。以华南地区为例,气温变化 1°C ,大体相当于农作物变化一个熟级。每变化一个熟级,产量变化 10%,意即气温上升或下降 1°C ,粮食产量均具有增产或减产 10% 的潜力。以东北地区为例,若当年平均气温出现了“凉夏”,则粮食肯定减产 200 亿至 300 亿斤。反之,若出现了“热夏”,则粮食可多收几百亿斤。这些研究表明,温度对农作物生产有大的影响,而地温是改变植物所受温度变化的基础,是植物保持根系活力的重要因子,对农作物的产量有较大的影响,本文综合分析了全膜双垄沟播栽培的 3 种方式对土壤温度的影响,得出了如下结论:

1) 全膜双垄沟播栽培具有较好的增温保温作用,即增温效果全膜双垄沟播栽培的土壤温度高于半膜平铺和不覆膜的土壤温度,降温效果反之。玉米播种时的地温是地表温度低于地下温度,并且随土壤深度的增加地温增大,每层地温均是全膜双垄沟播栽培的土壤温度高于半膜平铺和不覆膜的土壤温度。出苗期、拔节期、大喇叭口期的地温随气温的升高而增加,且地表温度的增加速度要高于地下温度,每层地温增加速度均是秋季全膜双垄沟播栽培 $>$ 春季顶凌全膜双垄沟播栽培 $>$ 播前全膜双垄沟播栽培 $>$ 半膜平铺 $>$ 不覆膜。玉米灌浆期地温开始降低,且随土壤深度的增加而下降。成熟期的地温显

著低于出苗期、拔节期、大喇叭口期、灌浆期,且随土壤深度的增加地温逐渐增加。

2) 玉米根系生长的最适宜温度为 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$,过高过低根系生长均受到影响,当地温降到 4.5°C 时,根系生长停止,超过 35°C 则生长速度变缓^[8]。根系是维持植物生命活动的重要器官,与植物的生长和产量的形成有密切的关系^[9],它不仅对地上部分起支持作用,更重要的是能吸收作物所需的营养物质、合成有机物质供给地上部分,根系的生长量决定玉米的最终产量。本研究发现秋季全膜双垄沟播栽培和早春顶凌全膜双垄沟播栽培的耕层地温最适宜玉米根系的生长,播前全膜双垄沟播栽培、半膜平铺可以保证玉米根系的正常生长,但不覆膜的耕层地温则不能满足玉米根系正常生长的要求。

3) 在低海拔地区,玉米晚熟品种所需土壤 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $2\ 700^{\circ}\text{C}$ 以上,本试验发现在海拔 $1\ 700\ \text{m}$ 以下区域除不覆膜外,其他覆膜方式都满足玉米晚熟品种所需 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $2\ 700^{\circ}\text{C}$ 以上要求。其中秋季全膜双垄沟播栽培的有效积温高达 $3\ 502.18^{\circ}\text{C}$,比春季顶凌全膜双垄沟播栽培高 166.71°C ,比播前全膜双垄沟播栽培高 369.04°C ,比半膜平铺高 666.79°C ,比不覆膜高 888.5°C ,全膜双垄沟播栽培 3 种覆膜方式比半膜平铺和不覆膜更具有显著的增加土壤 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温作用。这一结果说明全膜双垄沟播显著的增加土壤 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温作用将为中晚熟品种种植区域的扩大和玉米种植区域的扩大提供理论保证。但在海拔 $1\ 700\ \text{m}$ 以上区域,在秋季全膜双垄沟播栽培、春季顶凌全膜双垄沟播栽培和播前全膜双垄沟播栽培中选择哪种栽培方式以及相配套的品种等方面有待进一步的试验研究。同时具体的种植区域也有待进一步研究划分。

参 考 文 献:

[1] 张 雷,李建彪,赵 凡.旱作玉米双垄面集雨全地面覆膜沟

- 播抗旱增产技术研究[J]. 甘肃科技, 2004, 20(11): 174—175.
- [2] 王 勇. 旱地玉米秋覆膜春播增产机理研究[J]. 甘肃农业科技, 2001, (12): 19—21.
- [3] 王永红. 春季顶凌全膜双垄沟播栽培节水增产技术研究[J]. 中国农村水利水电, 2004, (7): 20—21.
- [4] 程炳文, 王 勇, 罗世武, 等. 地膜玉米不同处理土壤水分和温度变化规律对产量的影响[J]. 玉米科学, 2006, 14(1): 144—145.
- [5] 张万文, 王 萍, 王彦华, 等. 春玉米地膜覆盖增产因素研究[J]. 杂粮作物, 2000, (2): 29—31.
- [6] 王顺霞, 王占军, 左 忠, 等. 不同覆盖方式对旱地玉米田土壤环境及玉米产量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(9): 134—137.
- [7] 李世清, 李凤民, 宋秋华, 等. 干旱地区地膜覆盖对作物产量和氮效率的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 205—209.
- [8] 王树安. 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 142—143.
- [9] Yanagawa H, Watanabe K, Nakamura M. Application of the feeding redients for live stock to anartificial diet by using polyphagous strain of the silk worm[J]. J Seric Sc. i Jpn. 1989, 58(5): 401—406.

Influence of different approaches of plastic film mulching on soil temperature of maize field in dry plateau of Longdong

YANG Qi-feng, YUE Yun, XIONG Chun-rong, SUN Duo-xin

(Gansu Provincial Agro-technology Extension Center, Gansu, Lanzhou 730020, China)

Abstract: In order to analyse the influence of full plastic film mulching over double ridges and sowing on soil temperature, three similar plots were set up according to annual precipitation and average annual accumulated temperature in the regions below 1 700 m altitude on the dry plateau of Longdong. Using maize as planting object, five different experiments were made, such as full plastic film mulching on double ridges and sowing in catchment furrows in fall, in early spring, before sowing, half flat-mulching and non-mulching, and the temperature in each treatment in five different soil layers (surface, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm) was measured separately. The results show that soil temperature and effective accumulated temperature in different soil depths at each growth period follows the principles: 1) full mulching on double ridges in fall and sowing in catchment furrows > 2) full mulching on double ridges and sowing in catchment furrows in early spring > 3) full mulching on double ridges before sowing in catchment furrows > 4) half flat-mulching > 5) non-mulching. In the regions below 1700m altitude, almost all mulching approaches mentioned above, except non-mulching, could provide accumulated temperature needed for the normal growth of maize.

Keywords: plastic film mulching; maize field; soil temperature