

# 不同覆盖条件对吉林省东部冷凉区中晚熟玉米产量的影响

胡宇<sup>1</sup>, 具红光<sup>1</sup>, 赵鑫<sup>2</sup>, 曹铁华<sup>2\*</sup>, 梁烜赫<sup>2\*</sup>

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

**摘要:**运用随机区组设计,在吉林省东部冷凉区利用可降解地膜覆盖、秸秆覆盖和裸地(CK)三种处理方式,对不同覆盖条件下玉米的产量与生长系数( $\overline{LAI}$ 、CGR、NAR和EGR)和地温之间进行相关性分析。结果表明:在玉米的整个生育期,裸地日平均地温比覆膜玉米地温低6.3%,比秸秆玉米地温高14.2%;裸地的玉米产量比覆膜产量降低37.8%,比秸秆处理产量高48.7%。从保水增温效应来看,最有效的是可降解地膜覆盖;玉米的平均叶面积指数( $\overline{LAI}$ )、群体生长率(CGR)、果穗生长速率(EGR)及地温与玉米产量之间存在显著的正相关性,其中果穗生长速率(EGR)和地温对玉米产量的影响较大,而净同化率(NAR)与玉米产量之间相关性不显著。研究认为:对玉米进行覆盖种植时,因地膜覆盖可显著提高土壤水分利用效率和土壤温度,在吉林省东部冷凉区进行晚熟品种引进种植时,建议优先采用地膜覆盖的方式。

**关键词:**地温;覆盖条件;产量;生长系数;冷凉区

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2019)05-0020-06

## Effects of Different Mulching Conditions on the Yield of Middle-Late Mature Maize in the Cool Area of Eastern Jilin Province

HU Yu<sup>1</sup>, JU Hongguang<sup>1</sup>, ZHAO Xin<sup>2</sup>, CAO Tiehua<sup>2\*</sup>, LIANG Xuanhe<sup>2\*</sup>

(1. College of Agronomy, Yanbian University, Yanji 133002; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Using random block design, the correlation between maize yield and growth coefficient ( $\overline{LAI}$ , CGR, NAR and EGR) and ground temperature under different mulching method was analyzed in the cold area of Eastern Jilin Province by using three treatments: degradable plastic film mulching, straw mulching and bare land (CK). The results showed that during the whole growth period of maize, the average daily ground temperature of bare land was 6.3% lower than that of film mulched maize and 14.2% higher than that of straw mulched maize. The yield of bare land was 37.8% lower than that of film mulched maize and 48.7% higher than that of straw mulched maize. According to the effect of keeping water and increasing temperature, degradable plastic film mulching was the most effective. Average leaf area index ( $\overline{LAI}$ ), crown growth rate (CGR), ear growth rate (EGR), and ground temperature were significantly positive correlated with maize yield. Among them, ear growth rate (EGR) and ground temperature had greater impact on maize yield, while net assimilation rate (NAR) had no significant correlation with maize yield. It was concluded that plastic film mulching could significantly improve soil water use efficiency and soil temperature when planting maize under mulching. It was suggested that plastic film mulching should be preferred when introducing late-maturing varieties into the cold area of Eastern Jilin Province.

**Key words:** Ground temperature; Mulching method; Yield; Growth coefficient; The cold area

收稿日期:2019-06-06

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0300605);人社部高层次留学人才回国工作资助项目(2016);吉林省人才开发基金(2019)

作者简介:胡宇(1992-),女,在读硕士,从事玉米生理生态研究。

通讯作者:曹铁华,男,博士,研究员,E-mail:caotiehua2002@163.com

梁烜赫,女,博士,副研究员,E-mail:liangxuanhe\_2004@163.com

东北三省作为我国玉米生产的主产区,不论是种植面积还是总产量都位居世界前列<sup>[1]</sup>。但玉米在生产过程中却常常遭遇低温冷害,从而导致产量的降低,这在某种程度上严重制约着我国农业的粮食发展水平<sup>[2]</sup>。吉林省位于我国东北中部地区,是我国第一大玉米生产主产省,气候寒冷,全年无霜期短,导致低温冷害频发,是威胁吉林

省农业生产的重大气象自然灾害之一<sup>[3-4]</sup>,水热资源的短缺使其在跨区进行晚熟品种引进种植时也极易遭受到低温冷害<sup>[5]</sup>,这也是造成吉林省农业生产中玉米产量降低的主要原因之一。

不同的覆盖方式对于水分的利用效率大小不一<sup>[5]</sup>,为了提高植物的水分利用效率和作物的产量,地表覆盖技术作为一项不可或缺的土壤调控技术在农业生产的发展方面呈现出巨大的潜力<sup>[6]</sup>。有研究表明,地温的变化主要是受到大气温度和土壤水分等因素的影响,采用灌溉模式可以为作物整个的生育期提供比较充足的水分,但同时也会导致地温的降低,从而产生不利于作物生长发育的环境<sup>[7]</sup>。在土壤含水量过多的情况下(降雨量过多或者是人工灌水量偏大),都有可能导导致玉米减产<sup>[8]</sup>。而通过地膜覆盖能够明显提高植物生长过程中的地温,增强植株的抗逆能力,通过秸秆覆盖,可使土壤的升温和降温速率趋向缓和,使其升温和降温速率都明显低于裸地,能够有效地缓解由于温度变化对作物造成的伤害<sup>[9-12]</sup>。不论是地膜覆盖还是秸秆覆盖,都主要是通过改变农田土壤含水量和土壤温度来达到影响作物生长发育的目的<sup>[13]</sup>。

吉林省东部地区是吉林省玉米主产区之一<sup>[14]</sup>,该区域有效积温低,日照时数少,常年光热资源短缺<sup>[15]</sup>,属低温冷凉区。为此,在前人研究的基础上,本研究通过引进吉林省常用的中晚熟玉米品种,分析比较地膜覆盖、秸秆覆盖和裸地三种方式对冷凉区玉米生长的影响和保水增温与增产效应,探索适宜吉林省东部冷凉区玉米生产的最佳地表覆盖方式,为该区域合理运用地表覆盖栽培技术来引进中晚熟品种提供技术支撑,为该区域玉米生产达到高产、稳产、优质和高效提供科学合理的理论参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于2018年在吉林省敦化市翰章乡(东经127°28'~129°17',北纬42°42'~44°30')试验基地进行,该地区属于中温带冷凉气候。年平均气温约为2.9℃,年平均降雨量550~630 mm,有效积温在2 400~2 500℃·d,无霜期110~120 d。

### 1.2 供试材料

富民985(吉林省富民种业有限公司),生育期约127 d,为吉林省内常用的中晚熟品种。

### 1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,设可降解地膜覆盖、秸秆覆盖、裸地(CK)三种处理方式,随机排列,3次重复。于2018年5月6日播种,种植密度为7.0万株/hm<sup>2</sup>,播前进行精细整地,试验区管理与正常大田管理基本一致。

### 1.4 调查项目

#### 1.4.1 土壤地温测定

采用ZDR-41型温度记录仪(杭州泽大仪器有限公司),在记录仪上提前设置好所需要测定的相关参数,于种植时分别埋入各处理区10 cm的土层下自动进行整个生育期相关地温的测定。

#### 1.4.2 土壤含水量测定

在玉米出苗后成熟前,采用SM200型高精度土壤水分测量仪(澳作生态仪器有限公司),每隔15天对各处理小区的0~20 cm、20~40 cm土层进行一次田间土壤含水量测定;测定0~20 cm土层时,将安装连接好的水分测定仪探头插入土壤,记下此时的土壤含水量;测定20~40 cm土层时,将探头埋入预定的土壤位置进行定位监测,同时记下当时的土壤含水量,每个处理3次重复。

#### 1.4.3 干物重和生长系数测定

运用叶面积测定仪,通过扫描定点植株获取叶面积。于2018年6月20日以每间隔15天测定一次群体叶面积,计算出平均叶面积指数( $\overline{LAI}$ )。从6月20日每间隔15天对定点区域长势均匀的植株进行一次地上部取样,杀青烘干后测定各器官的干物重,分别计算出群体生长速率(CGR)、净同化率(NAR)和果穗生长速率(EGR)<sup>[16]</sup>。

$$\overline{LAI} = \frac{LAI_2 - LAI_1}{\ln LAI_2 - \ln LAI_1}$$

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI}$$

$$EGR = \frac{We_2 - We_1}{t_2 - t_1}$$

$W_1$ 、 $LAI_1$ 、 $We_1$ 和 $W_2$ 、 $LAI_2$ 、 $We_2$ 在 $t_1$ 和 $t_2$ 中分别表示单位面积的干重,叶面积,果穗干重。

#### 1.4.4 产量及产量构成测定

玉米成熟期时,在各处理小区统计玉米全部株数并进行实地测产,随机选取10个均匀穗风干后进行考种以及产量的计算(根据14%的标准含水量进行产量折算)。

### 1.5 数据处理与分析

利用Microsoft Excel 2016、IBM SPSS Statistics 22.0和Origin 2017进行数据处理、分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖条件下玉米生育期温度及地温的变化情况

从图1可以看出,在玉米整个生育期中,8月降雨量偏少或几乎没有降雨,温度呈现出先上升

后下降的趋势,日平均气温和降雨量分别为15.83℃、5.85 mm;玉米整个生育期中,裸地日平均地温为17.92℃,比覆膜玉米地温低6.3%,比秸秆覆盖玉米地温高14.2%。可见,通过覆盖方式是可以改善地温条件的。

### 2.2 不同覆盖条件对土壤含水量的影响

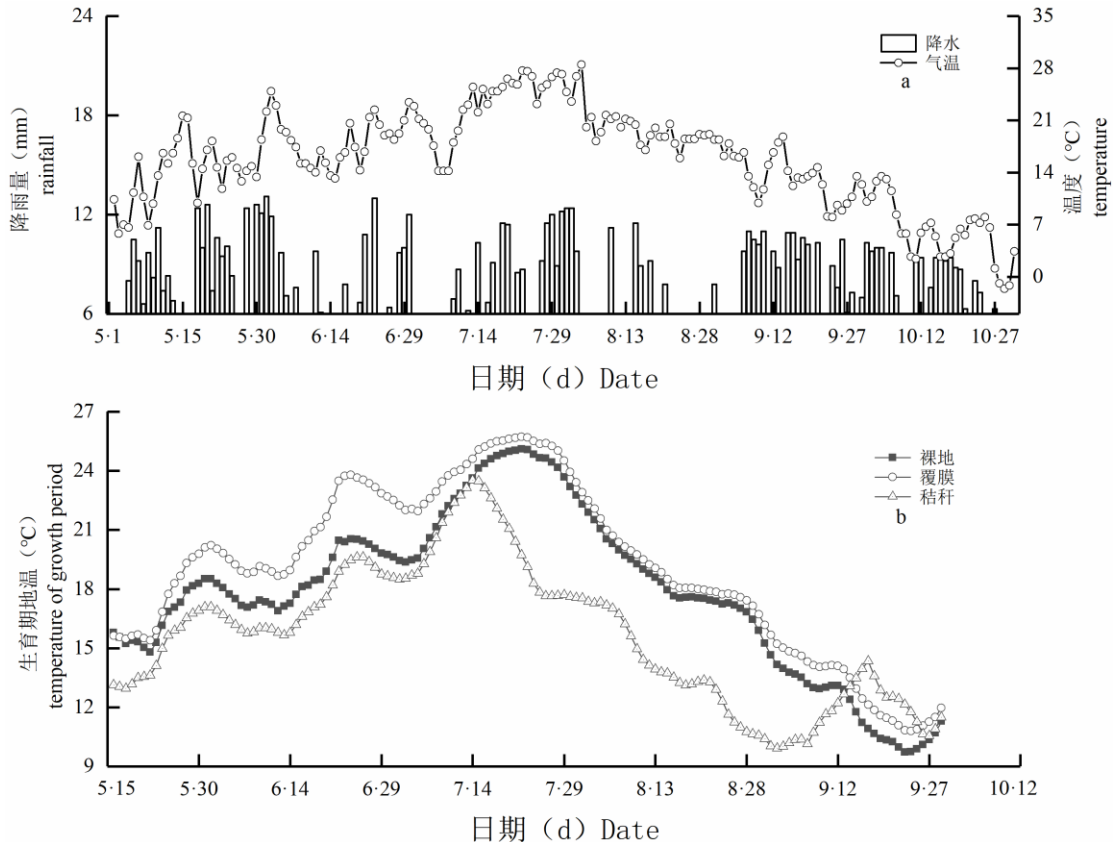


图1 生育期降雨量、温度(a)与地温(b)变化情况

从图2可以看出,在玉米整个生育进程中,0~20 cm与20~40 cm土壤含水量的变化趋势基本一致,在八月初都呈现出整体下降的趋势,土壤含水量达到整个生育期的最低值;总体来说,0~20 cm土壤含水量为:覆膜>秸秆>裸地;20~40

cm土壤含水量为:生育前期为覆膜>秸秆>裸地,生育后期为:秸秆>覆膜>裸地。可见,地膜覆盖和秸秆覆盖比裸地提高土壤含水量优势更明显。

### 2.3 不同覆盖条件下的玉米生育进程

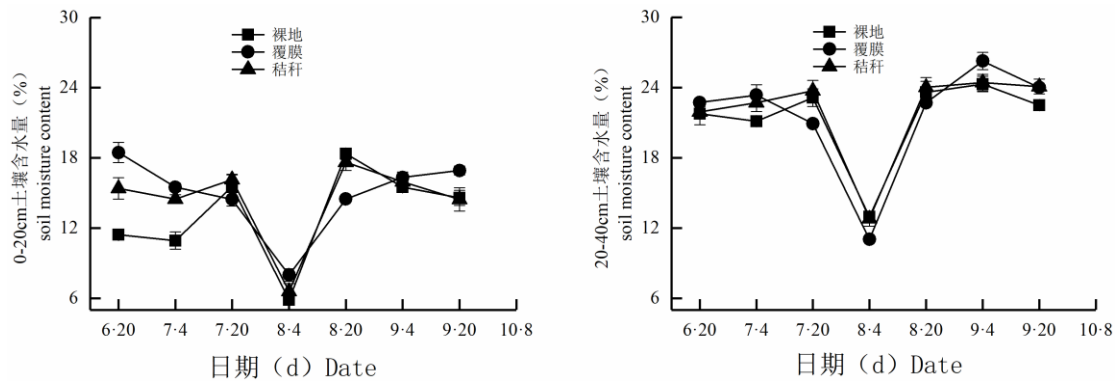


图2 不同覆盖条件土壤含水量的变化

从表1中可以看出,裸地条件下各时期玉米的生育进程早于秸秆覆盖条件晚于覆膜条件。可见,不同覆盖条件对于玉米各个时期的生育进程

会产生相应的影响。

### 2.4 不同覆盖条件对玉米干物重和生长系数的影响

表1 不同覆盖条件下玉米的生育进程

处理	出苗(月·日)	拔节期(月·日)	小喇叭口期(月·日)	大喇叭口期(月·日)	抽雄吐丝期(月·日)	成熟期(月·日)
裸地	5.25	6.20	7.4	7.18	8.3	10.5
覆膜	5.23	6.18	7.1	7.15	7.30	10.1
秸秆	5.28	6.23	7.7	7.21	8.5	10.7

#### 影响

从图3可以看出,不同覆盖条件下,玉米植株干物重积累规律一致,即:覆膜>裸地>秸秆;玉米不同器官中,茎在整个生育期的干物重最高,平均为2 628.08 g/m<sup>2</sup>,比叶、穗分别高出21.84%、57.64%。

从图4可以看出,在玉米整个生育进程中,不同

覆盖条件下玉米的 $\overline{LAI}$ 、CGR、NAR和EGR都表现出各自不同的变化; $\overline{LAI}$ 在8月达到最大值,总体表现为:覆膜>秸秆>裸地;NAR呈现出波动性,总体表现为:覆膜>裸地>秸秆。与此同时,CGR与EGR在9月都达到最高值,总体表现为:覆膜>裸地>秸秆。

### 2.5 不同覆盖条件下玉米产量及产量构成因素

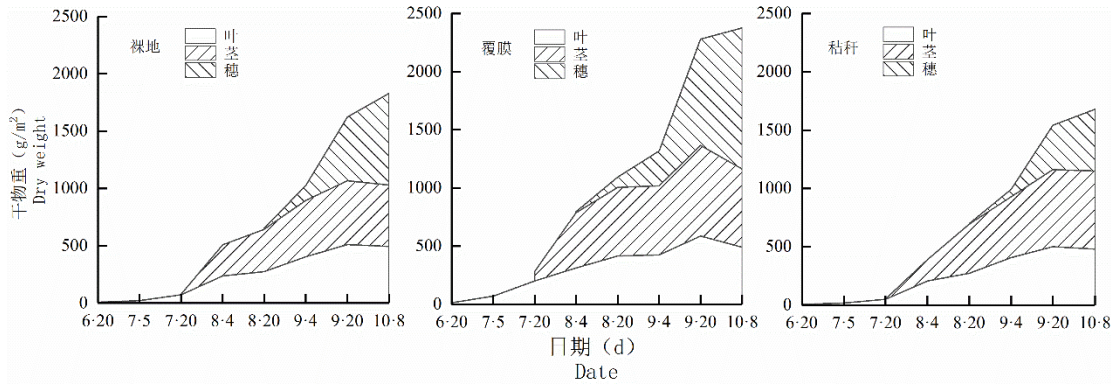


图3 不同覆盖条件对玉米各器官干物重积累的影响

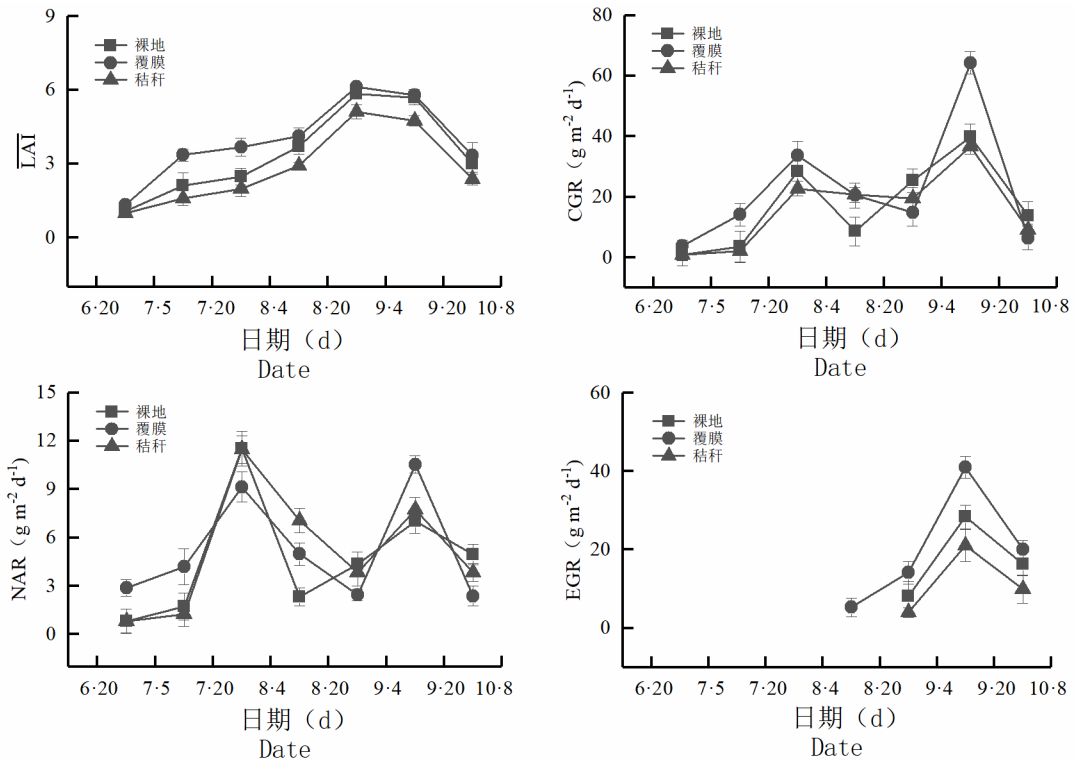


图4 不同覆盖条件对玉米 $\overline{LAI}$ 、CGR、NAR和EGR的影响

### 分析

通过对不同覆盖条件下的玉米穗行数、行粒数、子粒含水量、百粒重和产量之间进行差异性分析,发现不同种植方式下玉米的穗行数、行粒数之间差异不显著;子粒含水量之间差异显著,裸地种植下的子粒含水量比覆膜处理高

25.6%,比秸秆处理低 16.1%。不同覆盖条件下,裸地的玉米百粒重、产量与覆膜相比,百粒重降低 30.9%,产量降低 37.8%;相较于秸秆处理,裸地的百粒重增加 3.5%,产量增加 48.7%,均存在显著性差异(表 2)。

### 2.6 玉米产量与各时期生长系数及地温的相关

表 2 不同覆盖条件下玉米产量及产量构成因素

品种	种植方式	穗行数(行)	行粒数(粒)	子粒含水量(%)	百粒重(g)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
富民 985	裸地	16.3±0.1a	39.0±0.9a	43.9±1.9b	17.0±1.7 b	5557±632.7b
	覆膜	17.2±0.7a	36.2±0.8a	35.0±2.9c	24.6±0.01a	8934±423.4a
	秸秆	16.0±0.0a	37.7±0.8a	52.3±1.3a	16.4±0.01b	3738±522.0b

注:表中不同小写字母表示 5% 水平下差异显著

### 性

通过对玉米产量与各时期生长系数的相关性分析可以看出,在玉米生育前期,玉米的产量与  $\overline{LAI}$  和 CGR 呈现出极显著的正相关;玉米的产量与 EGR 呈现出显著的正相关;NAR 与产量无显著的相关性。同时,玉米整个生育期产量受地温

的影响较大,尤其是受 9 月上旬之前的地温影响。可见,玉米的产量前期主要是受  $\overline{LAI}$  和 CGR 影响,而后期产量主要是受 EGR 的影响,但地温影响玉米整个生育期(表 3)。

## 3 结论与讨论

表 3 玉米产量与各时期生长系数及地温的相关性分析

日期	$\overline{LAI}$ -产量	NAR-产量	CGR-产量	EGR-产量	地温-产量
6.20~7.4	0.99±0.01*	0.17±0.08	0.97±0.17*		0.90±0.01**
7.5~7.20	0.58±0.27	0.04±0.93	0.34±2.0		0.51±0.08
7.21~8.4	0.86±0.66*	-0.30±0.05	0.83±0.96*		0.76±0.08**
8.5~8.20	0.34±0.23	-0.27±0.08	0.48±0.93		0.74±0.01*
8.21~9.4	0.49±0.32	-0.39±0.04	-0.35±0.11	0.85±0.69**	0.78±0.07**
9.5~9.20	0.35±0.22	0.36±0.24	0.49±0.38	0.63±0.65*	0.51±0.08
9.21~10.4	0.58±0.51	-0.36±0.05	-0.38±0.29	0.60±0.98*	-0.08±0.42

注:表中\*代表 5% 水平下差异显著,\*\*代表 1% 水平下差异显著

研究表明,作物生长发育过程中,地温和土壤水分对其产生至关重要的影响,并会影响作物最终的产量,但田间的作物土壤水分变化不仅仅是与土壤本身的特性有关,还与地温和采用的农艺覆盖措施有着密不可分的关系,各个因素之间既存在相互影响,又存在相互制约的关系<sup>[17-18]</sup>。不论是地膜覆盖还是秸秆覆盖,都主要是通过调节土壤的温度和水分来改善玉米生育期的水热状况,在不同的土壤水分条件下,对于水分的利用效率来说,地膜覆盖和秸秆覆盖均高于无覆盖的处理形式<sup>[19]</sup>。在吉林省范围内,水分是作为影响玉米生长发育的主要气象因子,其生长季气温的升高和降雨量的减少与土壤湿度的减少之间有着密不可分的关系<sup>[20-21]</sup>。对作物来说,地膜覆盖具有明显的保温与增温功效,并能维持土壤水分,提高玉米整个生育期内的土壤含水量,给生长期

间的作物营造出良好的适温土壤环境和充足的水分环境,从而达到增产的目的<sup>[22-23]</sup>;有研究发现,在充足供水的条件下进行秸秆覆盖的节水效应表现得不明显,在限量供水的条件下进行秸秆覆盖的节水效应表现得比较明显<sup>[24]</sup>;而秸秆覆盖对于提高土壤含水量、改善土壤水分利用状况是非常实用有效的<sup>[25-26]</sup>,作物土壤的含水量提高也不可能成为导致玉米产量降低的直接因素<sup>[10]</sup>,但在秸秆覆盖条件下,耕层温度的降低可能是导致作物生长发育速度变缓和产量降低的主要因素<sup>[27]</sup>。前人的研究表明,作物的绿叶面积大小对作物干物质的生产和积累以及后期的产量形成都有较大的关系,因此,可用叶面积指数作为一项反映作物生长势和估算作物产量的重要农学指标参数<sup>[28]</sup>。在理论上,作物的产量与 LAI 和 NAR 呈正相关,NAR 受 LAI 的影响比较大,LAI 过大时反而

会导致NAR的降低<sup>[29]</sup>,要想获得高产,个体和群体特征之间必须进行协同作用<sup>[30]</sup>。玉米的NAR呈现的是波形变化,在整个生育期中会有多次的峰值出现<sup>[31]</sup>;NAR在玉米整个生育期中与栽培技术关系不大<sup>[32]</sup>;与此同时,有学者认为,相对生长率的差异只会在子粒形成时期,而且其相对生长率与作物粒重呈现出正相关关系,从而影响玉米的产量<sup>[33]</sup>。

在本研究中,玉米整个生育期,裸地日平均地温为17.92℃,比覆膜玉米地温低6.3%,比秸秆覆盖玉米地温高14.2%;裸地的玉米产量与覆膜相比,产量降低37.8%;相较于秸秆处理,裸地的产量增加48.7%。通过对地温与产量进行相关性分析,发现地温与产量之间存在着显著的正相关性;这表明,通过覆膜处理,提高土壤水分利用率和增温保温,从而达到增产的目的是可行的。采用平均叶面积指数,通过对不同覆盖条件下的玉米品种进行分析,发现玉米在整个生育期内,前期主要是 $\overline{LAI}$ 和CGR影响玉米产量,其NAR呈现出波动性并有多次峰值出现,但并没有与地温呈现出显著的相关性,这表明玉米在生育期内个体和群体存在着协同作用以及NAR与覆盖栽培的技术没有多大联系,这与前人的研究较为一致。在本研究中,利用玉米的EGR作为相对生长率来衡量玉米的产量,发现EGR与玉米产量呈现出较为显著的正相关性,这表明EGR对于玉米后期的产量有极为重要的作用,可用来衡量其对玉米产量的贡献率。与此同时,七月下旬到八月上旬土壤含水量呈现出整体下降的趋势,这可能与当时持续长时间的高温干旱有关;秸秆覆盖虽能够提高土壤含水量,但导致玉米产量降低的原因不是土壤含水量,而是地温的降低,这与前人的研究较为一致。

因此,在吉林省东部冷凉区,对中晚熟玉米品种进行引进种植时,应该充分考虑其土壤含水量和地温的相关因素,还应该及时进行肥料的补给。通过研究,建议在选择种植方式时,运用可降解地膜进行覆盖种植,可以达到高产的目标。

#### 参考文献:

- [1] 佟屏亚. 中国玉米科技史[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 178.
- [2] 孙玉亭, 赵洪凯. 玉米冷害及冷害措施鉴定[J]. 中国农业气象, 1980, 1(1): 39-45.
- [3] 刘布春, 王石立, 庄立伟, 等. 基于东北玉米区域动力模型的低温冷害预报应用研究[J]. 应用气象学报, 2003(5): 616-625.
- [4] 潘铁夫, 方展森, 冯绍印, 等. 吉林省低温冷害发生规律及其防御措施[J]. 中国农业气象, 1980, 1(4): 64-70.
- [5] 段义忠, 亢福仁. 不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水热状况及其水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 55-59, 66.
- [6] 胥生荣, 张恩和, 马瑞丽, 等. 不同覆盖措施对枸杞根系生长和土壤环境的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(12): 1802-1810.
- [7] 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): 210-212.
- [8] 高亚军, 李生秀. 旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 15-19.
- [9] 温晓霞, 韩思明, 赵风霞, 等. 旱作小麦地膜覆盖生态效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 93-95.
- [10] 刘炜, 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.
- [11] Huang Y, Chen L, Fu B, et al. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects [J]. Agricultural Water Management, 2005, 72(3): 220-222.
- [12] 巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 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, 1(3): 69-73.
- [13] 卜玉山, 苗果园, 邵海林, 等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报, 2006, 32(7): 1090-1093.
- [14] 张鹰, 曹国军, 耿玉辉, 等. 氮素调控对吉林省东部高产玉米氮素积累分配规律及产量的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(1): 132-136, 142.
- [15] 方向前, 包君善, 于世伟, 等. 吉林省湿润冷凉区玉米化控防倒伏技术存在的问题与对策[J]. 农业科技通讯, 2011(3): 151-152.
- [16] 曹鉄華, 磯田昭弘. 受光量と光エネルギー変換効率からみた密植条件下におけるラッカセイ日中多収性品種の乾物生産特性[J]. 日作紀, 2008(77): 41-47.
- [17] 康绍忠, 张富仓, 梁银丽. 玉米生长条件下农田土壤水分动态预报方法的研究[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 245-251.
- [18] 仵峰, 陈玉民, 宰松梅. 石津灌区适宜田间灌水技术试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2003(2): 25-28.
- [19] 张俊鹏, 刘祖贵, 孙景生, 等. 不同水分和覆盖处理对土壤水热和夏玉米生长的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(2): 25-28.
- [20] 王冬妮, 曲思邈, 姚淦丽, 等. 吉林省主要农区气候变化特征及其对玉米农田土壤湿度的影响[J]. 东北农业科学, 2015, 40(6): 42-46.
- [21] 邱美娟, 王冬妮, 王美玉, 等. 近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化[J]. 东北农业科学, 2019, 44(1): 70-78.
- [22] 夏自强, 蒋洪庚, 李琼芳, 等. 地膜覆盖对土壤温度、水分的影响及节水效益[J]. 河海大学学报(自然科学版), 1997(2): 39-45.

(下转第42页)

(上接第25页)

- [23] 远红伟, 陆引罡, 刘均霞, 等. 肥料运筹对喀斯特山区覆膜玉米生理特性及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(9): 2667-2669.

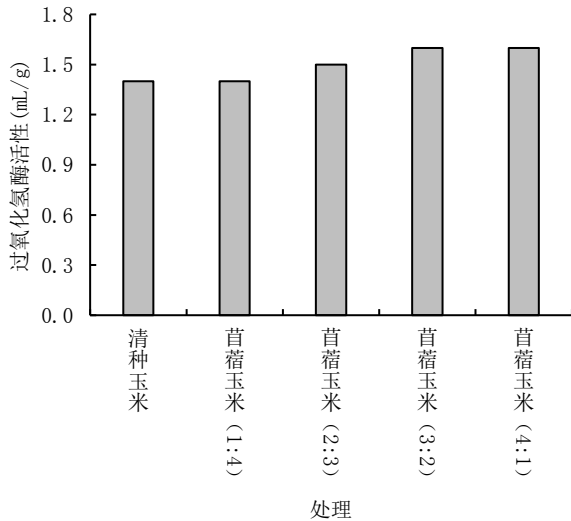


图5 不同处理对耕层土壤过氧化氢酶活性的影响

加入豆科牧草进行轮作, 苜蓿茎叶和根系及其根系分泌物给土壤生物提供了能源与基质, 增强了土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶和转化酶的活性, 从而促进了土壤新陈代谢, 改善了土壤生物肥力。因此, 对盐渍化土壤进行轮作对改善土壤肥力、提高作物产量有较好的效果。

### 3 结 论

在中度盐渍化土壤上通过粮-草轮作, 利用豆科作物紫花苜蓿逐渐增强的生物量和固氮作用, 可以显著提高土壤中作物所需养分的含量, 土壤化学、物理肥力和生物肥力都有所提升, 加速耕层土体脱盐熟化进程, 在旱田同样逐步形成了一个淡化肥沃耕层, 耕层土壤理化生化性状随豆科作物紫花苜蓿轮作年限的增加得以逐年改善, 其

改土培肥治碱效果也越为突出, 玉米产量也随之相应提高, 最终可形成高产高效农田。

### 参考文献:

- [1] 李秀军. 松嫩平原西部土地盐碱化与农业可持续发展[J]. 地理科学, 2000, 20(1): 51-55.
- [2] 刘宏, 刘剑钊, 闫孝贡, 等. 盐碱土改良与利用技术研究进展[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(2): 20-23.
- [3] 孙云云, 高玉山, 窦金刚, 等. 改良剂对吉林省西部盐碱旱作农田土壤改良的研究[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(6): 34-37, 40.
- [4] 雒鹏飞, 高勇, 宋凤斌, 等. 吉林省西部盐碱土资源开发利用中的若干问题[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(6): 659-663.
- [5] 耿玉辉, 李万辉, 张葛. 土壤改碱剂CLS对吉林省西部苏打盐碱土的改良效果, 吉林农业大学学报, 2008, 30(1): 56-58.
- [6] 赵兰坡, 尚庆昌, 李春林. 松辽平原苏打盐碱土改良利用研究现状及问题[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(专辑): 79-85.
- [7] 肖延华, 王晶. 吉林省盐渍土的障碍因素及其改良利用[J]. 吉林农业科学, 1995(3): 60-63.
- [8] Kautz T, Wirth S, Ellmer F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime[J]. European Journal of Soil Biology, 2004, 40: 87-94.
- [9] 贾伟, 周怀平, 解文艳, 等. 长期有机肥配施对褐土微生物生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 700-705.
- [10] 王淑英, 樊庭录, 丁宁平, 等. 长期定位施肥对黄土旱塬黑垆土土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 307-310.
- [11] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥田土壤酶活性的动态变化特征[J]. 生态环境, 2008, 17(5): 2059-2063.
- [12] 王栓庄, 徐树贞. 麦田秸秆覆盖的作用及其节水效应的初步研究[J]. 干旱地区农业研究, 1989(2): 7-15.
- [13] 张志田, 高绪科, 蔡典雄, 等. 旱地麦田保护性耕作对土壤水分状况影响研究[J]. 土壤通报, 1995(5): 200-203.
- [14] 冷石林, 韩仕峰, 王立祥. 中国北方旱地作物节水增产理论与技术[J]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 143-150.
- [15] 陈素英, 张喜英, 孙宏勇, 等. 华北平原秸秆覆盖冬小麦减产原因分析[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 519-525.
- [16] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 光谱植被指数与水稻叶面积指数相关性的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 47-52.
- [17] 康安新, 康建宏, 吴宏亮, 等. 宁夏灌区春小麦品种更替中群体光合性能的演替规律研究[J]. 农业科学研究, 2008, 29(2): 9-14.
- [18] 淮北地区小麦超高产群体生长特性分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(2): 231-238.
- [19] 金维光. 移栽与直播玉米的生长分析——同化产物的分配过程与产量形成的生理基础[J]. 辽宁农业科学, 1979(5): 12-19.
- [20] 春玉米优化栽培措施对群体光合性能的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(4): 92-102.
- [21] 任正隆, 李尧权. 小麦开花后的物质积累、子粒相对生长率和灌浆速度在品种间的变异[J]. 中国农业科学, 1981, 14(6): 12-20.