

白蕤, 李宁, 钟曼茜, 等. 分期播种对海南冬种玉米生长发育和产量的影响 [J]. 广东农业科学, 2017, 44(8): 7-13.

## 分期播种对海南冬种玉米生长发育和产量的影响

白蕤<sup>1</sup>, 李 宁<sup>2</sup>, 钟曼茜<sup>3</sup>, 佟金鹤<sup>1</sup>, 陈小敏<sup>1</sup>, 邹海平<sup>1</sup>, 陈汇林<sup>1</sup>, 刘少军<sup>1</sup>

(1. 海南省气象科学研究所 / 海南热带农业气象试验站, 海南 海口 570203;

2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南 海口 571101;

3. 海南大学园艺园林学院, 海南 海口 570228)

**摘 要:** 为研究不同播期对海南冬种玉米的生长发育和产量的影响, 利用 2015 年在海南省万宁市开展的冬种玉米分期播种试验, 结合当年气象数据, 探讨温度对其生长发育和产量的影响, 以确定冬种玉米最佳播期。结果表明: 播期越早, 玉米的发育期越短、株高越高、叶片数越多、产量越高; 播期延后热量条件差, 积温不足, 遭受冷害风险大, 产量减少甚至绝产。10℃有效积温与产量及其构成要素有较好的相关性, 当 10℃有效积温为 1 230℃·d 时, 产量最高。分析表明, 海南省冬种玉米的适宜播期最迟在 11 月底之前。研究结果对保障海南冬种玉米稳产、高产有着十分重要的意义。

**关键词:** 冬种玉米; 分期播种试验; 温度; 产量

**中图分类号:** S513.042; S161.2<sup>+</sup>2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-874X(2017)08-0007-07

## Effects of sowing by stages on growth and yield of winter maize in Hainan Province

BAI Rui<sup>1</sup>, LI Ning<sup>2</sup>, ZHONG Man-xi<sup>3</sup>, TONG Jin-he<sup>1</sup>, CHEN Xiao-min<sup>1</sup>,

ZOU Hai-ping<sup>1</sup>, CHEN Hui-lin<sup>1</sup>, LIU Shao-jun<sup>1</sup>

(1. Hainan Institute of Meteorological Science/Hainan Tropical Agrometeorological

Experimental Station, Haikou 570203, China; 2. Environment and Plant Protection Institute,

Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China;

3. College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** In order to study the effects of sowing date on the growth and yield of winter maize in Hainan, the effects of temperature on the growth and yield and the best sowing date for winter maize were discussed by using the winter maize sowing experiment and combining with the meteorological data in Wanning in 2015. The results showed that the earlier sowing date induced shorter growing period of maize, the higher plant height, the higher number of leaves and the higher yield. The heat conditions would be poor and the accumulated temperature would be insufficient due to the delayed sowing time. Moreover, this would induce the higher risk of cold injury and reduce production or even no yield. There was a good correlation between 10℃ effective accumulated temperature and maize yield and its composition elements. When the 10℃ effective accumulated temperature was 1230℃·d, the yield was the largest. The optimal planting date for winter maize should be before the end of November in Hainan Province. These results in the study would be important to ensure stable and high yield of winter maize in Hainan.

**Key words:** winter maize; sowing by stages; temperature; yield

收稿日期: 2017-05-14

基金项目: 国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206019); 国家自然科学基金(41465005, 41265007); 海南省气象局青年基金(HNQXQN201602)

作者简介: 白蕤(1991-), 女, 硕士, 助理工程师, E-mail: br118@sina.com

通讯作者: 陈汇林(1960-), 男, 高级工程师, E-mail: chenhl668@163.com

海南岛位于热带地区,属于热带季风气候。光热充足、降水充沛,是我国发展热带作物的重要基地,具有发展冬种瓜菜的气候优势,并享有“中国冬季菜篮子”的美誉<sup>[1-2]</sup>。2016年,海南冬种瓜菜种植面积为3万hm<sup>2</sup>,产量达684万t<sup>[1]</sup>,为保障全国冬种瓜菜的供应做出了巨大贡献。作为海南冬种瓜菜重要组成部分的冬种玉米,已逐步成为当地主要的经济作物。

农作物的播种时间直接关系到其生长状况和产量对气候资源的利用程度,关于玉米生长发育、产量形成及品质影响的研究成果颇多<sup>[3-6]</sup>。播种日期对玉米的影响是其生长发育期间温度等主要生态因子综合作用的结果,适宜的播期为玉米实现高产发挥着积极作用<sup>[7]</sup>。国内关于玉米播期的研究主要依据田间试验方法来进行,而分期播种技术是被广泛采用的研究播期影响手段之一<sup>[8-10]</sup>,它通过观察作物在不同播期生长发育和产量等对气象条件的反应,分析作物不同生长阶段气象要素变化对其生长发育和产量的影响,进而确定相应的气象指标,明确气象要素与作物关系的基本规律<sup>[11-14]</sup>。

随着近年来气候、作物品种和农业生产技术的不断变化,以往的作物气象模式已难以满足当前农业生产管理、农业气象服务业务和作物生态研究的需求,因此,有必要通过开展分期播种试验,研究在新的气候和农业形势下气象要素变化与农作物生长和产量的关系,并对农作物最佳播种日期进行重新修订和改进,进一步明确气候变化对农作物生长和产量的影响。为此,于2015年在海南省万宁市开展了冬种玉米分期播种试验,分析温度对冬种玉米生长发育和产量的影响,以确定海南冬种玉米最佳播期,为当地安全生产、减轻不利气候因素对作物产量影响提供参考,对保障玉米的稳产、高产有着十分重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在海南省万宁市山根镇(110.39E, 18.8N, 海拔39.3m)的热带农业气象试验站进

行。当地以山地为主,是海南地区典型的种植冬种玉米的地貌。地处热带,属热带季风性气候,具有一定的海洋性气候特征。全年平均气温为24.8℃,最高气温38.5℃,最低气温6.2℃,年日照为2097.6h,年降水量为2126.2mm。试验土壤质地为沙壤土。

供试玉米品种燕禾金2005为当地鲜食甜糯玉米,发育期100d左右。

### 1.2 试验方法

冬种玉米试验采用分期播种法,于2015年11月20日开始播种,每间隔10d播种一批,共6个播期,分别以T1、T2、T3、T4、T5、T6表示。小区面积20m×15m,由南往北一次排列,采用直播方式起畦种植,株、行距为50cm×60cm,种植密度为每667m<sup>2</sup>栽3000株。施肥和病虫害防治统一按照当地生产管理方式进行。

### 1.3 观测项目及方法

在每个分期播种试验区随机选取20株长势均一的玉米进行观察。观测项目包括出苗期、三叶期、拔节期、小喇叭口期、大喇叭口期、抽雄期、开花期、吐丝期、子粒形成期、乳熟期、蜡熟期、完熟期共12个发育期的出现始期、普期和末期,分别为进入该生育期株数所占比例的10%、50%和80%;各发育期叶片数、株高(在抽雄前为地面到心叶顶部的距离,抽雄后为地面到雄穗顶部的距离)等;玉米产量结构分析包括:穗位高度、穗长、穗粗、穗行数、空秆率、百粒重(风干)、籽粒产量(风干)、鲜穗产量等。上述观测方法严格按照中国气象局1993年颁布的《农业气象观测规范》执行,此外,在玉米播种至成熟期间,观测日平均、最低、最高气温,日照,降水量等。

### 1.4 数据处理

以分期播种试验资料为基础,对观测数据求平均,得到叶片数、株高、生物量和产量等生物观测数据;分别求算各生长期的间隔日数,平均温度和≥10℃活动积温,采用不同播种期之间的生物观测数据与气温、积温的对比分析和统计相关分析方法,分析温度变化对冬种玉米生长和产量的影响规律。

## 2 结果与分析

### 2.1 气象条件

温度是影响玉米生长发育的重要生态因子,它通过影响作物生育期,从而影响光有效辐射截获率和生长发育,最终影响产量<sup>[15-16]</sup>。为了明确冬种玉米不同发育期所处的环境状况,

图 1 给出了此次整个分期播种试验中冬种玉米播种至收获期间的日平均气温、最低气温条件。从图 1 可以看出,2016 年 1 月 23~26 日日均温度低于 14℃,日最低气温低于 12℃。其中,1 月 24、25 日日平均温度低于 10℃,日最低气温均低于 8℃,其他时段都未见出现明显低温时段。

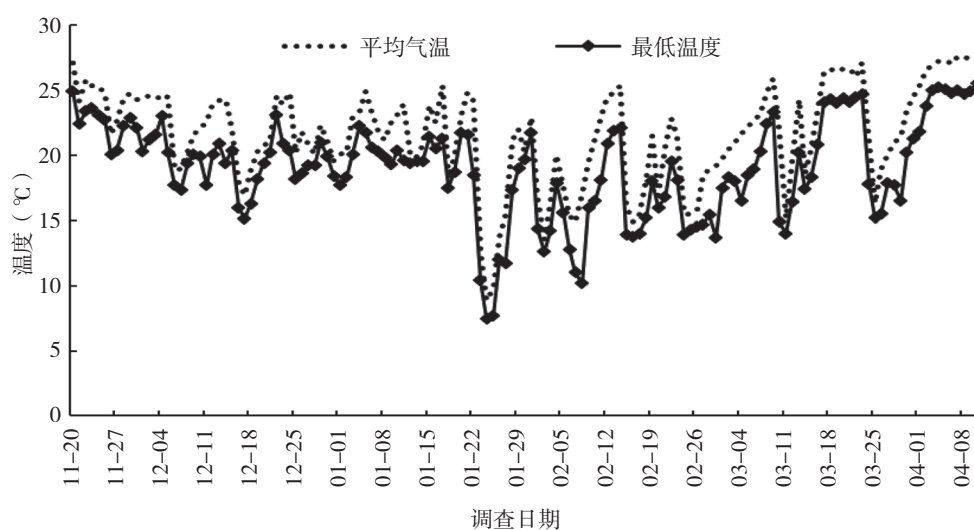


图 1 冬种玉米分期播种期间最低温度和平均温度

### 2.2 播期对冬种玉米发育期的影响

在 2015 年 1 月 23~26 日观测期间,万宁市遭遇 40 年一遇的强低温天气,大部分地区降温至 10℃以下,低于玉米生物学有效温度。本次低温来袭时,2015 年 11 月 20 日播种的冬种玉米处于抽雄普期,11 月 30 日播种的冬种玉米处于大喇叭口普期,12 月 10 日播种的冬种玉米处于小喇叭口普期,12 月 20 日播种的冬种玉米处于小喇叭口始期,12 月 30 日播种的冬种玉米处于拔节普期,2016 年 1 月 9 日播种的冬种玉米处于出苗末期。

研究表明,日平均气温 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 就会对玉米生长造成明显的影响,持续 2 d 及以上会对玉米生长造成伤害<sup>[10]</sup>,因此本试验选用日平均气温作为参考标准。表 1 为海南冬种玉米在分期播种期间,从播种开始观测的冬种玉米发育期情况及相应间隔发育期内的温度变化情况。

从不同播期冬种玉米发育期出现的日期来看,6 个播期从播种开始各发育期差异较小,但

在不同播期遭受低温后,都相应延迟了各自的发育期;随日平均温度的升高,发育期逐渐缩短。这很可能由于不同播期经历的热量条件差异所引起的。

### 2.3 播期对冬种玉米长势的影响

在相同种植密度条件下,株高和叶片数可以直接反映不同发育期玉米长势的优劣。从图 2、图 3 可以看出,不同播期对冬种玉米的株高和叶片数影响很大,在拔节期前由于温度适宜,植株生长较快,不同播期处理差异较小,其中 T1 和 T2 处理叶片数高于其他处理,播期越早株高越高,表现为  $T1 > T2 > T3 > T4 > T5 > T6$ ;小喇叭口普期前 T2 处理叶片数高于 T1,表现为  $T2 > T1 > T3 > T4 > T5 > T6$ ;小喇叭口普期后 T3、T4、T5 和 T6 处理的叶片数差异较小,整体表现为播期越早叶片数越多,即  $T1 > T2 > T3 > T4 > T5 > T6$ 。

试验期间出现的低温使冬种玉米的株高和叶片数较前一个播期显著偏少,且低温来袭时玉

表 1 冬种玉米不同播期各发育阶段温度比较

播种日期	生长时期	时间 (d)	日平均温度 (℃)	有效积温 (℃·d)
11-20	播种 – 拔节普期	20	23.59	471.80
	拔节普期 – 吐丝普期	62	20.35	1261.40
	吐丝普期 – 成熟普期	29	20.40	591.60
11-30	播种 – 拔节普期	20	21.96	439.20
	拔节普期 – 吐丝普期	62	20.22	1253.40
	吐丝普期 – 成熟普期	29	21.02	609.70
12-10	播种 – 拔节始期	20	21.66	433.20
	拔节始期 – 吐丝始期	62	19.65	1218.30
	吐丝始期 – 成熟普期	29	22.40	649.60
12-20	播种 – 拔节末期	31	21.89	678.50
	拔节末期 – 吐丝始期	50	19.23	961.50
	吐丝始期 – 成熟普期	30	24.63	738.80
12-30	播种 – 拔节末期	31	20.45	634.00
	拔节末期 – 吐丝普期	50	20.18	1008.90
	吐丝普期 – 乳熟始期	10	22.50	225.00
01-09	播种 – 拔节末期	31	18.94	587.10
	拔节末期 – 吐丝普期	49	21.22	1039.70

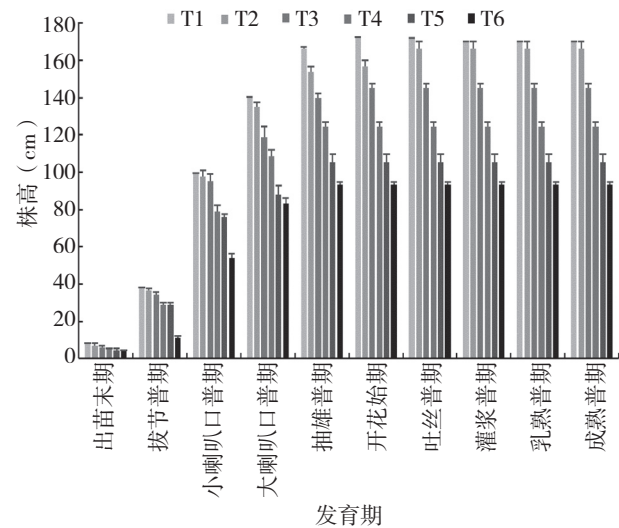


图 2 冬种玉米不同播期的株高

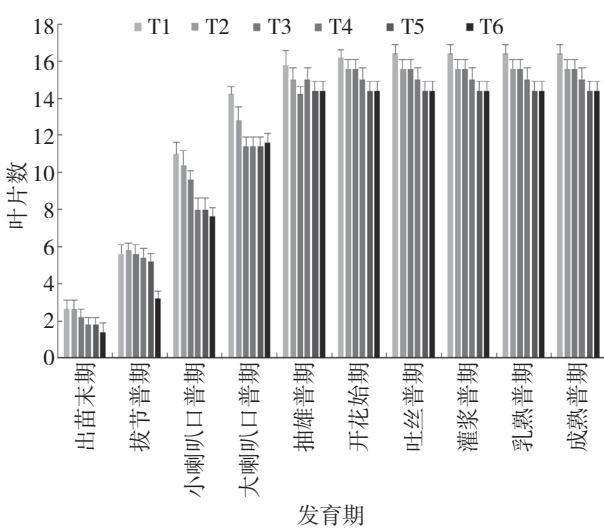


图 3 冬种玉米不同播期的叶片数

米发育期越靠前，其株高和叶片数受影响越大，有的玉米甚至长到一定阶段停止生长。其中以苗期遭受低温（1月9日播种）的玉米受害最为严重，株高和叶片数量均比其他播期低，并出现了一定比例的死苗。可见，播期延迟后热量条件差，积温不足，遭受冷害风险大，玉米长势越差。

2.4 播期对冬种玉米产量的影响

决定玉米产量的直接因素是玉米生长发育

期间的持续时间以及这段时间的热量条件，在水分基本适宜的条件下，气温升高、积温增加使玉米生长发育和灌浆速度加快，生物量增加，从而提高单产<sup>[17-19]</sup>。大部分学者对玉米的研究主要集中在东北地区，他们大多以 10℃作为受害界定温度<sup>[20-22]</sup>，因此，本试验选用≥ 10℃有效积温作为因子研究其与冬种玉米产量及其构成要素的关系。



从表 2 可以看出,随着播种时间推迟,产量构成要素中的穗位高、穗长、穗行数、百粒重逐渐降低;空杆率有增加趋势;穗粗表现为先增加后降低。不同播期处理下冬种玉米的产量结构有明显差异,玉米的穗位高、穗长、穗行数、百

粒重表现为  $T1 > T2 > T3 > T4 > T5 > T6$ ,其中处理 T1 最高,与其他处理差异显著;穗粗表现为  $T2 > T1 > T3 > T4 > T5 > T6$ ;空杆率表现为  $T6 > T5 > T4 > T3 > T2 > T1$ 。

表 2 冬种玉米产量构成要素情况

处理	穗位高 (mm)	穗长 (mm)	穗粗 (mm)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)	空杆率 (%)	百粒重 (g)	籽粒产量 (kg)
T1	83.56±2.18	17.68±0.19	4.58±0.07	13.8±0.40	37.40±1.20	2.10±0.18	27.54±0.23	5988.14±80.28
T2	74.38±2.33	16.58±0.40	4.68±0.25	13.6±0.49	31.60±1.50	3.74±0.24	27.05±0.17	5677.98±109.53
T3	63.00±1.99	15.38±0.38	4.47±0.16	13.4±0.49	28.00±1.10	5.26±0.22	25.65±0.31	4590.16±171.00
T4	49.56±1.48	13.54±0.37	4.24±0.05	13.2±0.40	23.80±0.98	9.06±0.38	23.92±0.19	2993.92±92.55
T5	42.86±2.30	11.00±0.28	4.12±0.07	13.20±0.40	22.60±0.49	11.83±0.30	20.96±0.15	
T6	32.92±1.57	8.46±0.24	4.14±0.05	12.40±0.49	18.40±0.49			

注:由于处理 T5、T6 的冬种玉米受低温影响,灌浆乳熟失败,籽粒结实率低,未形成产量。

通过对不同播期处理下的冬种玉米生育期气象因子与其产量、品质的关系进行相关分析,结果表明:在不同播期处理下,冬种玉米产量构成要素穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、空杆率、百粒重、籽粒产量与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温的相关性较好,相关系数分别为 0.65、0.79、0.52、0.81、0.62、-0.33、0.46、-0.72, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温除了与空杆率和籽粒产量呈负相关外,其余产量构成要素皆成显著正相关。其中,空杆率的相关性较低。

研究表明,有效积温是影响玉米产量的主要因子,是玉米高产的首要条件<sup>[17-18]</sup>。本试验以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温与冬种玉米籽粒产量进行非线性拟合,发现其符合二次型函数,即随着 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温的增大,产量先逐渐增大,然后逐渐减少。在 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $1\,230^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时,产量最大(图 4)。

生态因子对不同播期、品种、密度下的玉米产量构成要素存在不同程度的影响。图 5 是冬种玉米产量结构中的穗行数、空杆率和百粒重与 $10^{\circ}\text{C}$ 有效积温的二次型曲线。分析发现, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温与穗行数、空杆率和百粒重拟合效果较好。当 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温低于  $1\,200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时穗行数随其增大而增大,高于  $1\,200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  则

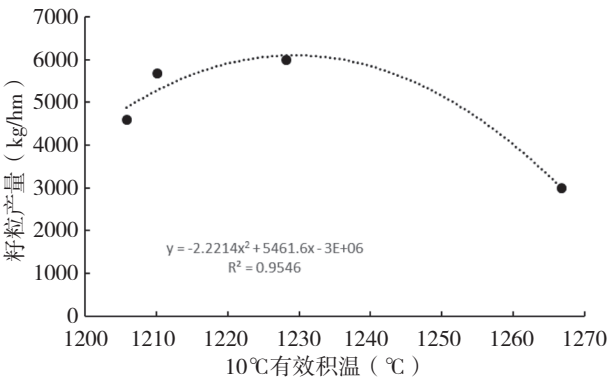


图 4 籽粒产量与 $10^{\circ}\text{C}$ 有效积温的关系

穗行数随之增大而减小;当 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温低于  $1\,220^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时空杆率最低,且随着该值的增大和减小空杆率都有所增加;对于百粒重而言,拟合曲线同样出现极值,即 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温低于  $1\,220^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时百粒重最大,大于或小于该值百粒重都有所减小(图 5)。

3 结论与讨论

玉米高产是栽培措施与生态因子综合作用的结果,播期是影响玉米产量的重要因素之一,适宜的播种期可以充分利用生长期内的光、温、水等生态因子,以充分发挥当地自然条件和土壤作用<sup>[23-24]</sup>。

本试验冬种玉米播种至收获期间,除 2016

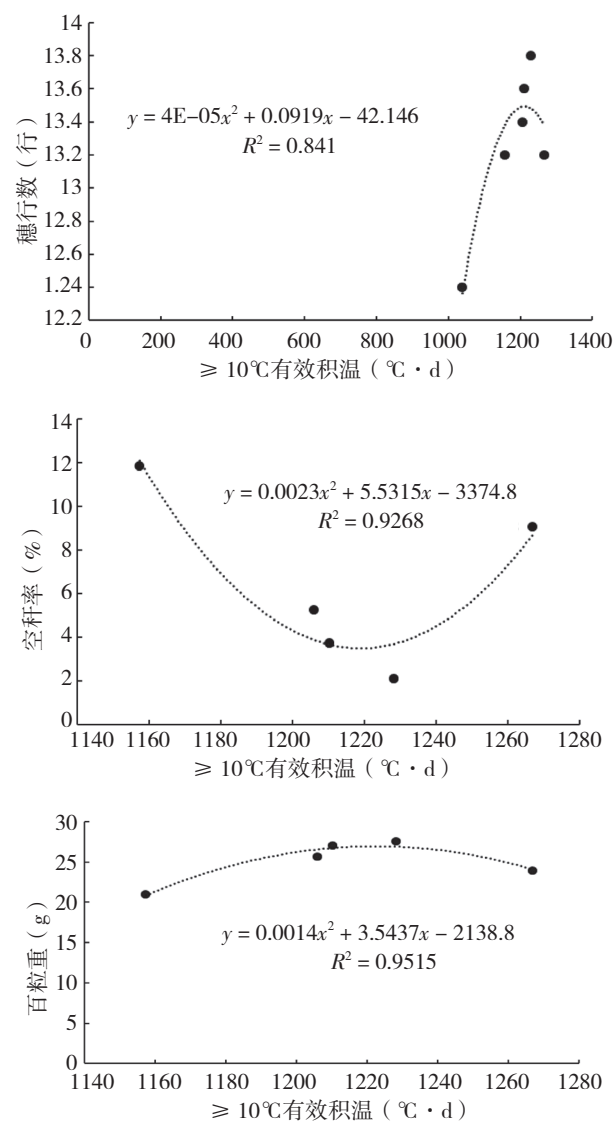


图5 穗行数、空秆率和百粒重与  
≥ 10℃有效积温的关系

年1月23~26日出现了明显的低温时段,其他时间段玉米的环境条件都较适宜。从播种开始各发育期差异较小,在每个播期遭受低温后,都相应的延迟了玉米发育期;而后随日平均温度的升高,发育期时间逐渐缩短。播期越早玉米株高越高;小喇叭口普期前玉米叶片数表现为T2>T1>T3>T4>T5>T6;小喇叭口普期后整体表现为播期越早叶片数越多。随着播期推迟,玉米产量构成要素中的穗位高、穗长、穗行数、百粒重逐渐降低,空秆率有增加趋势,穗粗表现为先增加后降低。研究发现≥10℃有效积温与冬种玉米产量及其构成要素之间都有较好的相关性。用产量构成要素(籽粒产量、

穗行数、空秆率和百粒重)与≥10℃有效积温进行非线性拟合,发现在≥10℃有效积温为1230℃·d时,产量最大。

本试验结果表明,播期延迟后易导致有效积温不足,热量条件差,遭受低温风险大,产量减少甚至绝产。试验发现,11月20、30日播期较早的冬种玉米生长发育状况、产量构成因素和产量水平较其他播期表现好。有学者研究发现玉米适当早播可以增产,这是由于早播可以为玉米后期干物质增长和长时间维持较高的积累速度打下良好的物质基础<sup>[25]</sup>。另外,早播可以避免低温对玉米生长发育和产量的影响。研究表明,玉米苗期遭受低温最为严重,低温胁迫使其生长受到抑制,后期恢复能力较差,苗期天数增加,穗期天数减少,果穗大小、茎秆重、籽粒重和百粒重等产量构成因素和产量显著下降<sup>[26]</sup>。玉米拔节期受低温的影响要大于大喇叭口期,低温不仅使植株株高、生物量及叶面积明显下降,且导致玉米蒸腾速率降低及光合速率下降<sup>[27]</sup>。

据海南省气象局对本省历年低温灾害统计情况显示<sup>[2]</sup>,海南低温一般出现在每年的12月、翌年1月和2月,为避开低温对海南冬种玉米生长和产量的影响,海南省冬种玉米的最适播种期应在11月底前。

综上所述,播期对海南冬种玉米的发育期、长势和产量都有较大的影响。在生产上可通过适期早播,增加玉米的有效积温,以充分利用气候资源从而达到提高玉米产量的目的。根据统计年鉴记载<sup>[1]</sup>,海南种植冬种玉米的面积日益扩大,本次分期播种试验具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 海南省统计局. 海南省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [2] 王春乙. 海南气候[M]. 北京: 气象出版社, 2014: 75-78.
- [3] 刘明, 陶洪斌, 王璞, 等. 播期对春玉米生长发育与产量形成的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 18-23.

- [4] 曹庆军, 杨粉团, 陈喜凤, 等. 播期对吉林省中部春玉米生长发育、产量及品质的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(5): 71-75.
- [5] 王小春, 杨文钰, 龚江洪, 等. 播期对不同株型玉米灌浆特性的影响[J]. 作物杂志, 2009(2): 55-57.
- [6] 张宁, 杜雄, 江东岭, 等. 播期对夏玉米生长发育及产量影响的研究[J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(5): 7-11.
- [7] 刘培利, 刘绍棣, 东先旺, 等. 高产夏玉米与播期的关系[J]. 玉米科学, 1993, 1(1): 23-26.
- [8] 孙玉亭, 孙孟梅. 温度对玉米生长和发育综合评价模型[J]. 资源科学, 1999, 34(1): 63-70.
- [9] 马树庆, 王琪, 罗新兰. 基于分期播种的气候变化对东北地区玉米生长发育和产量的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2131-2139.
- [10] 王斌, 钟曼茜, 白蕤, 等. 基于分期播种的海南冬种玉米寒害和宜播期研究[J]. 广东农业科学, 2016, 43(8): 27-32.
- [11] 孙玉亭, 赵洪凯. 玉米冷害及冷害指标鉴定[J]. 农业气象, 1980(1): 39-44.
- [12] 何维勋, 曹永华. 玉米展开叶增加速率与温度和叶龄的关系[J]. 中国农业气象, 1990, 11(3): 30-33.
- [13] 王琪, 马树庆, 郭建平, 等. 温度对玉米生长和产量的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(2): 255-260.
- [14] 马树庆, 王琪, 王春乙, 等. 东北地区玉米低温冷害气候和经济损失风险分区[J]. 地理研究, 2008, 27(5): 1169-1177.
- [15] Allison J C S, Daynard T B. Effect of change in time of flowering induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize[J]. Crop Science, 1979, 1: 1-14.
- [16] 李明, 杨克军, 刘钢. 寒地高产玉米产量构成因子分析[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(5): 553-555.
- [17] 张安邦. 夏玉米主要农艺性状与产量之间的关系[J]. 玉米科学, 1993(2): 19-23.
- [18] 张石宝, 李树云, 胡丽华, 等. 播种季节对玉米生长发育及干物质生产和分配的影响[J]. 云南植物研究, 2001, 23(2): 243-250.
- [19] 李向岭, 李从峰, 侯玉虹, 等. 不同播期夏玉米产量性能动态指标及其生态效应[J]. 中国农业科学, 2012, 45(6): 1074-1083.
- [20] 冯玉香, 曹永华, 程延年. 玉米的热量指标[J]. 中国农业气象, 1981(1): 21-24.
- [21] 王培娟, 梁宏, 李韩君, 等. 气候变暖对东北三省春玉米发育期及种植布局的影响[J]. 资源科学, 2011, 33(10): 1976-1983.
- [22] 梁欣荣, 沈能展. 低温冷害气象型的初步研究[J]. 气象, 1982(2): 26-27.
- [23] Mehdi D. Effects of sowing date on the growth and yield of maize cultivars (*Zea mays* L.) and the growth temperature requirements. African Journal of Biotechnology[J]. Africam Journal of Biotechnology, 2012, 11(61): 12450-12453.
- [24] 聂居超, 李凤海, 史振声, 等. 播期对不同玉米品种产量的影响[J]. 杂粮作物, 2010, 30(4): 275-278.
- [25] 吕新, 白萍, 张伟, 等. 不同播期对玉米干物质积累的影响及分析[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(4): 285-288.
- [26] 于文颖, 冯锐, 纪瑞鹏, 等. 苗期低温胁迫对玉米生长发育及其产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(5): 220-225.
- [27] 冯锐, 武晋文, 纪瑞鹏, 等. 低温胁迫下春玉米生长参数及产量的影响分析[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(1): 183-187.

(责任编辑 邹移光)