

不同种植方式对旱地玉米产量的影响

耿智广, 李可夫, 张文伟, 张有龙, 李 峰

(庆阳市农业科学研究院, 甘肃 庆阳 745000)

摘要:在甘肃庆阳市开展了不同种植方式对旱地玉米产量及产量相关因子的影响试验,以探讨旱地玉米的高产栽培模式。试验以 5 个优良品种:郑单 958(C1)、东单 13 号(C2)、登海 1 号(C3)、登海 3521(C4)、先玉 335(C5)为材料,采用裂-裂区设计,在膜侧种植(A1),膜上种植(A2),露地种植(A3)3 种不同种植方式和 35 cm(B1),20 cm 和 50 cm 交替使用(B2)2 种株距条件下,对种植方式、株距、品种及三者之间互作效应与玉米产量的关系进行研究,分析其对玉米生育期、产量及产量性状的影响。结果表明:膜侧种植(A1)、膜上种植(A2)与露地种植(A3)比玉米各生育期显著提前,出苗期分别提前 2.0 d 和 1.2 d,成熟期则分别提前 7.4 d 和 11.4 d。两种株距对生育期影响不大。膜侧种植(A1)、膜上种植(A2)玉米产量及百粒重显著高于露地种植(A3),分别增产 543.0 kg·hm⁻²和 432.6 kg·hm⁻²,百粒重分别提高了 2.36 g 和 1.82 g。5 个品种中登海 3521 在两年试验中产量显著高于其它品种,平均产量达到 11 051.15 kg·hm⁻²。总种植密度不变情况下,株距与品种之间表现出交互作用,B1×C4 连续两年获得高产,平均产量达到 11 039.7 kg·hm⁻²,不等距种植可以使玉米增产,但不是适用于所有品种,大穗稀植型品种登海 3521 (C4)在等距种植条件下才能获得高产。

关键词: 种植方式;玉米品种;株距;生育期;产量

中图分类号: S513;S359.3 **文献标志码:** A

Effect of planting patterns on yield of different maize cultivars

GENG Zhi-guang, LI Ke-fu, ZHANG Wen-wei, ZHANG You-long, LI Feng

(Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang, Gansu Province 745000, China)

Abstract: A field experiment of split-split plot design was carried out in Qingyang, Gansu Province, to evaluate the effects of five maize cultivars, Zhengdan 958 (C1), Dongdan 13 (C2), Denghai 1 (C3), Denghai 3521 (C4) and Jade 335 (C5), with three planting patterns with film side planting (A1), planting on membrane (A2) and open field planting (A3) and two row spacing with 35 cm (B1) and alternated between 20 cm and 50 cm (B2) during maize growth stage. The results showed that two planting pattern of out plastic film (A1) and on plastic film (A2) shorten the growth stage respectively compared with open field cultivation, with the emergence days reduced by 2.0 d and 1.2 d, the mature days 7.4 d and 11.4 d. Two row spacing had no marked influence on growth stage. 100-seed weight of planting pattern of A1 and A2 had higher than open field planting, as increased by 2.36 g and 1.82 g respectively. Denghai 3521 (C4) had the highest yield in two-year experiment, with the average yield of 11 051.15 kg·hm⁻². Interactions were detected between row spacing and cultivars, and B1×C4 treatment had the highest yield of 11 039.7 kg·hm⁻².

Keywords: planting pattern; maize cultivars; row spacing; growth stage; yield

我国西部大部分农业区属于旱作雨养农业区,作物产量主要受降水因素的严重影响和制约^[1],高效利用自然降水,一直是研究的重点。地膜覆盖、双株紧靠栽培、杂交品种的选用是近年来玉米栽培方面的重大改革,对促进中国的玉米栽培有着极为重要的意义,尤其是对西北半干旱生态类区玉米高产、稳产起到了巨大的作用^[2-4]。另外调整密度,扩大群体容量也是玉米高产稳产的重要技术措施,通过改变种植方式、调节个体分布状况可以有效提高种植密度而获得高产,密度和肥料是影响产量的主要因素^[5-6]。已有研究证明,播期对玉米的生育期有显著影响^[7],种植行向影响玉米叶和茎的形态建成,通过调整行向,能增加叶面积,有利于总生物量的积累,提高了玉米产量^[8]。地膜覆盖在干旱地区对玉

米增产也具有十分重要作用^[9]。现有的研究多集中在播期、施肥、覆膜、密度等单一技术方面,而对种植方式、株(行)变距及品种选择等综合栽培技术对玉米生育期和产量效应的报道较少。随着种植业结构的调整,西北黄土高原旱作区果树、蔬菜等经济作物面积迅速扩大,与粮食作物争地矛盾日益突出,因此探索和推广新的栽培方式,提高农田生产力已是当前西北旱作农业生产的现实需要^[10]。本文根据西部半湿润半干旱地区(甘肃宁县)气候特点,研究种植方式、株距、品种及其综合效应对玉米生育期及产量的影响,探讨玉米增产技术,为旱地玉米生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年和 2013 年在甘肃宁县和盛镇(庆阳市农业科学研究院和盛科研基地)(35°25'N, 107°48'E)进行。该地区海拔 1 170 m,年平均温度 8.9℃,年日照时数 2 449.2 h,≥10℃积温 2 722℃·d,年日照 2 375 h,无霜期 160~180 d。属完全依靠自然降雨的西北半湿润偏旱区。1960—2010 年降雨资料分析,该地区多年平均年降水量 600 mm,降水主要分布在 7—9 月份。2012 年试验期间,各月份降雨量和平均温度和历年平均比较接近,2013 年 7 月份,降雨量明显高于历年平均,尤其是玉米授粉期阴雨天气持续多日。2012—2013 年试验期间气温及降雨量情况详见图 1。

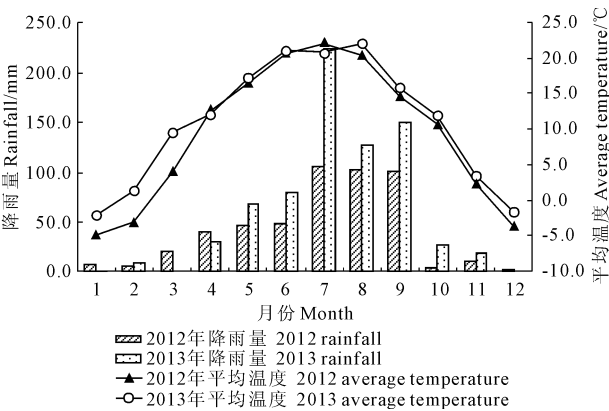


图 1 2012—2013 年试验区降雨量及平均温度

Fig.1 Monthly rainfall distribution (bar) and average temperature(line) in 2012—2013

试验地土壤为黑垆土,有机质含量 11.3 g·kg⁻¹,全氮 0.94 mg·kg⁻¹,碱解氮 89 mg·kg⁻¹,速效磷 12 mg·kg⁻¹,速效钾 23 mg·kg⁻¹,肥力中等。春玉米为当地的主要作物之一,一年一熟制。每年在 4 月 20 日左右随旋耕试验地,基施农家肥 2 500 kg·

hm⁻²、磷酸二铵 300 kg·hm⁻²,硫酸钾 75 kg·hm⁻²,随后覆膜。4 月 26 日按设计播种,播种深度 6~8 cm,播种时下籽均匀,深浅一致。苗期和大喇叭口期各人工除草一次,大喇叭口期追施尿素 150 kg·hm⁻²。

1.2 材料与设计

供试玉米品种有郑单 958、东单 13 号、登海 1 号、登海 3521、先玉 335 等 5 个品种,是当地近年主栽品种。试验因素包括种植方式、株距、品种三个因子,采用裂-裂区设计,三次重复,行距为 60 cm,每区玉米株数相同,小区面积 30 m²。主区为种植方式 A,包括 3 个因素(A1:膜侧种植;A2:膜上种植;A3:露地种植)。副区为株距 B,包括 2 个因素(B1:35 cm;B2:20 cm,50 cm)。副副区为品种 C,包括 5 个因素(C1:郑单 958;C2:东单 13 号;C3:登海 1 号;C4:登海 3521;C5:先玉 335)。详见表 1。

表 1 试验处理与编号

Table 1 Treatments and their serial numbers		
试验因素 Experimental factor	处理方式及编号 Processing mode and number	
主区 Main plot	种植方式(A) Planting patterns(A)	膜侧种植(A1) Film side planting(A1)
		膜上种植(A2) Implantation on membrane(A2)
		露地种植(A3) Open field planting(A3)
副区 Split plot	株距(B) Row spacing(B)	35 cm(B1)
		20 cm, 50 cm(B2)
副副区 Split-split plot	品种(C) Cultivars(C)	郑单 958(C1) Zhengdan 958(C1)
		东单 13 号(C2) Dongdan 13(C2)
		登海 1 号(C3) Denghai 1(C3)
		登海 3521(C4)
		Denghai 3521(C4)
		先玉 335(C5) Xianyu 335(C5)

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生育期 出苗期:全区发芽出土高约 3 cm 左右的穴数达 50% 的日期;拔节期:全区 50% 以上植株的第一茎节露出地面 1.5~2.5 cm 的日期;抽雄期:全区 50% 的植株雄穗尖端露出顶叶的日期;抽花丝期:全区 50% 的雌穗抽出花丝的日期;成熟期:全区 50% 的植株果穗籽粒硬化,种胚出现黑粉层的日期。

1.4.2 特征特性 株高:乳熟期连续取小区生育正常的 10 株,测量从地表至雄穗顶端的高度,取其平均值;穗位:乳熟期连续取小区生育正常的 10 株,测量从地表至最上部果穗柄着生节的高度,取平均值;穗长:小区内连续取 10 个正常果穗,测定从穗基部到穗顶端的高度,取平均值;穗行数:小区内连续取 10 个正常果穗,数果穗中部子粒行数,求其平均值;

行粒数:小区内连续取 10 个正常果穗,数果穗上从穗基至穗顶端一行的子粒数,求其平均值;百粒重:晒干脱粒后,子粒混合均匀,数 100 个子粒称重,重复三次,以 g 表示,若两次重复相差在 4 g 以上,需重复第四次,取相邻的三个数求其平均值;产量:从每小区中间收获 2 行,分别进行晾晒,在子粒风干至恒重时脱粒,称子粒干重,按标准水分(14%)折算小区产量,并折算成公顷产量。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 进行整理,SPSS 17.0 软件进行统计分析,LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 种植方式、株距、品种及其交互作用对玉米生育期的影响

2012 年试验结果经方差分析得出,种植方式对玉米出苗期、拔节期、抽花丝期、成熟期和株高、穗位高都有显著影响,膜侧种植(A1)与其它两种种植方式相比,缩短了出苗期、抽花丝期各 2 d,株高、穗位高也高于其它两种种植方式 5 cm 以上,成熟期比膜上种植(A2)推迟了 9.8 d,比露地种植(A3)提前了 8.6 d。膜上种植(A2)玉米除出苗期和成熟期外,大喇叭口期、抽雄期、抽花丝期与膜边种植比较接近,相互之间没有显著差异;膜上种植(A2)成熟期为 120 d,在三种种植方式中最短;膜上种植(A2)株高、穗位高显著高于露地种植(A3)。露地种植(A3)玉米各生育期比其膜侧种植(A1)、膜上种植(A2)显著推迟,株高、穗位高也显著降低。统计显示,覆膜种植方式对抽雄期没有显著影响($P > 0.05$)。两种播种密度对玉米各生育期及株高、穗位高没有显著影响($P > 0.05$)。品种之间大喇叭口期、抽雄期、抽花丝期及株高、穗位高差异显著,出苗期和成熟期差异不显著($P > 0.05$),这些差异属于品种特性,在此不做进一步讨论。

2013 年试验结果经方差分析得出,覆膜方式对玉米出苗期、大喇叭口期、抽雄期、抽花丝期、成熟期、株高、穗位高都有显著影响,膜侧种植(A1)与膜上种植(A2)各生育期基本接近。露地种植(A3)与前两种覆膜种植方式比各生育期显著推迟,其中出苗期比膜上种植推迟 1.7 d,比膜侧种植推迟 2.1 d,抽雄期与其它两种植方式比,分别推迟 1.8 d 和 1.2 d,成熟期与其它两种植方式比分别推迟 8.5 d 和 6.1 d,在统计学上差异显著($P > 0.05$)。露地种植(A3)与前两种覆膜种植方式比株高、穗位高也显著降低。两种播种株距对各生育期及株高、穗位高没有显著影响。品种之间各生育期及株高、穗位高差

异显著,试验结果的规律性与 2010 年基本一致。

综合两年数据可得出,膜侧种植(A1)和膜上种植(A2)与露地种植(A3)比,玉米各生育期显著提前,出苗期分别提前 2.0 d 和 1.2 d,拔节期分别提前了 2.1 d 和 1.9 d,抽雄期分别提前 1.1 d 和 1.2 d,抽花丝期分别提前了 1.5 d 和 1.5 d,成熟期分别提前 7.4 d 和 11.4 d,不同种植方式对成熟期影响显著。两种株距生育期基本一致,在统计学上没有表现出显著差异。在种植方式、株距、品种三者交互作用对玉米生育没有影响,仅 $A \times C$ 在 2012 年的试验中表现出交互作用且差异显著($P > 0.05$),但这种结果在 2013 年试验中再没有出现。

2.2 种植方式、株距、品种及其交互作用对玉米产量的影响

2012 年统计结果显示,3 种植方式和 2 种株距对玉米产量及产量因子影响不显著($P > 0.05$)。5 个品种之间产量及产量因子在统计学上表现出显著差异($P > 0.05$),5 个品种产量介于 10 251.8 ~ 11 237.6 kg·hm⁻²之间,其中登海 3521(C4)穗长、穗粒数显著高于其它品种,产量也显著高于其它品种,达 11 237.6 kg·hm⁻²。另外,株距(B)与品种(C)之间在穗行数和产量上表现出交互作用,其中 B1 × C2 组合穗行数为 18.0, B1 × C3 穗行数为 16.3, B2 × C2 穗行数为 17.0, B2 × C3 穗行数为 17.1,其它组合之间差异较小,在统计学上差异不显著($P > 0.05$)。密度(B)与品种(C)对产量表现出交互作用的组合有: B1 × C3 产量为 8 772.9 kg·hm⁻², B1 × C4 产量为 10 624.7 kg·hm⁻², B1 × C5 产量为 9 607.1 kg·hm⁻², B2 × C3 产量为 9 513.8 kg·hm⁻², B2 × C4 产量为 10 204.5 kg·hm⁻², B2 × C5 产量 9 605.0 kg·hm⁻²。种植方式(A)、株距(B)、品种(C)三者之间没有交互作用,统计分析差异不显著($P > 0.05$)。

2013 年统计分析结果显示,种植方式对百粒重和产量有显著影响($P > 0.05$),其中露地播种的百粒重和产量明显低于其它两种植方式(详见表 3),种植方式对穗长、穗行数及行粒数则没有显著影响。株距对产量及产量因子影响不显著。品种之间产量及产量因子具有显著差异,产量在 8 554.7 ~ 10 864.7 kg·hm⁻²之间,其中登海 3521(C4)同上年一样,表现较好,穗长、穗粒数显著高于其它品种,产量也是显著高于其它品种,达 10 864.7 kg·hm⁻²。种植方式(A)和株距(B)对行粒数表现出交互作用,其中 A1 × B2 行粒数最高,为 42.32,其它组合行粒数最高仅为 41.55。株距(B)与品种(C)之间对穗行数和产量表现出交互作用,其中 B1 × C2 穗行数为 17.41, B1 × C3 穗行数为 16.73, B2 × C2 穗行数为 17.77, B2 × C3 穗行数为 17.17,其它组合之间差异

较小。株距 (B)与品种 (C)对产量表现出有交互作用的组合有: B1 × C2 其产量为 10 022.25 kg·hm⁻², B1 × C3 其产量为 9 883.8 kg·hm⁻², B1 × C4 其产量为 11 454.7 kg·hm⁻², B2 × C2 其产量为 10 707.6 kg·hm⁻², B2 × C3 其产量为 10 452.3 kg·hm⁻², B2 × C4 其产量为 11 174.6 kg·hm⁻²。

表 2 种植方式、株距、品种及其交互作用对玉米的生育期的影响/d

Table 2 The growth stage of maize under different treatments

因素 Factor	出苗期 Emergence		拔节期 Jointing		抽雄期 Tasseling		抽花丝期 Silking stage		成熟期 Mature	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
种植方式 (A) Plastic file mulching mode (A)										
A1	9.03a	11.51a	76.03a	55.5a	78.90	81.9a	81.83a	85.23	129.77a	133a
A2	10.33b	11.93a	76.07a	55.73a	79.10	81.23a	82.03a	84.93	124.00a	130.6a
A3	10.93b	13.63b	77.03b	58.57b	80.00	83.1b	83.33b	86.67	138.40a	139.1b
株距 (B) Row spacing (B)										
B1	9.93	12.07	76.49	56.40	79.31	82.00	82.49	85.49	127.80	134.07
B2	10.27	12.62	76.27	56.80	79.36	82.16	82.31	85.73	127.64	134.40
品种 (C) Cultivars (C)										
C1	10.22	12.94a	75.72a	57.72a	78.06a	82.83a	81.56a	85.39	126.78a	132.56a
C2	10.44	12.06ab	77.11b	59.06a	81.72b	84.78b	86.39b	89.56	138.11b	141.22b
C3	10.28	11.44b	75.56a	53.33b	77.94a	81.22c	79.94a	84.33	129.50a	133.33ac
C4	9.83	12.56a	76.17ab	55.5a	78.94a	80.44c	81.78a	85.00	126.83a	132.44a
C5	9.72	12.72a	77.33b	57.39a	80.00a	81.11c	82.33a	83.78	122.39a	131.61c
LSD(<i>P</i> ≤ 0.05)										
A	6.7	18.57	4.68	3.76	NS	6.28	2.64	8.43	24.8	8.43
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C	NS	3.12	5.66	3.83	8.99	12.83	13.74	30.89	NS	30.89
A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A × C	1.98	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A × B × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注:1.同列中的不同字母表示差异显著 (*P* < 0.05);2. NS 表示差异不显著。
Note: 1. Different letters on the same column indicate difference at 0.05 level; 2. NS indicate no significant.

两年的试验结果表明,膜侧种植 (A1)、膜上种植 (A2)两种方式玉米产量及百粒重显著高于露地种植 (A3),其中膜侧种植比露地种植产量提高了 543.0 kg·hm⁻²,百粒重提高了 2.36 g,膜上种植比露地种植产量提高了 432.6 kg·hm⁻²,百粒重提高了 1.82 g。并且膜侧种植比膜上种植产量高 110.4 kg·hm⁻²,平均百粒重高出 0.54 g。5 个品种中登海 3521 在两年试验中产量显著高于其它品种,两年平均产量达到 11 051.15 kg·hm⁻²。总种植密度不变情况下,株距与品种之间表现出交互作用,在统计学上差异显著,其中 B1 × C4 连续两年获得高产,平均产量达到 11 039.7 kg·hm⁻²。

3 讨论与结论

在生产中,玉米种植可选品种越来越多,但种植方式、株距基本是不变的,而不同的品种是否要采用不同的栽培技术,这方面的报道相对较少,本试验旨

在探讨常用栽培技术单独增产效果及技术与品种之间是否存在选择性。前人研究表明,在干旱半干旱地区,覆膜和不同行距对玉米根系长度和根干重、生育期及产量都有影响,覆膜种植明显优于露地种植,而且行距对玉米产量也表现出调控作用^[11],这与本研究的结果一致。本研究表明,不同覆膜种植方式对玉米的生育期表现出调控作用,与露地种植相比,覆膜种植将出苗时间提前 2 d 左右,而且苗齐苗壮,拔节期、抽雄期、抽花丝期均有所提前。但膜上种植的成熟期却比膜侧种植提前 5 d 以上,比露地种植提前 10 d 左右,而且两年趋势一致,差异显著,其中原因还有待进一步探讨。两种种植株距对生育期影响不大,两年趋势一致。三种种植方式对产量的影响不同,从统计数据看膜侧种植产量 > 膜上种植 > 露地种植,这与前人的研究结果一致^[12]。据报道,在合理的株、行距下,群体结构较合理,农田小气候中的光照、温度、湿度等资源配合较好,光合效率高,

表 3 种植方式、株距、品种及其交互作用对玉米产量及主要农艺性状的影响

Table 3 Yield and agronomic properties of maize under different treatments

因素 Factor	株高/cm Plant height		穗位高/cm Ear position		穗长/cm Ear length		穗行数 Ear rows		行粒数 Kernels per row		百粒重/g 100-seed weight		产量/(kg·hm ⁻²) Yield	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
种植方式(A) Plastic file mulching mode (A)														
A1	245.81a	237.59a	103.18a	100.13a	19.03	20.58	16.47	16.11	41.93	41.40	33.073	33.94a	10563.5	10305.9a
A2	240.45b	239.28b	102.78a	99.77a	18.87	20.55	16.45	15.89	41.43	41.61	31.643	34.28a	10410.3	10238.4a
A3	232.66c	230.65b	97.76b	96.77b	18.79	21.38	16.37	16.24	41.27	42.17	31.797	30.48b	9909.0	9874.5b
株距(B) Row spacing (B)														
B1	239.72	237.34	101.35	98.56	18.94	21.160	16.58	15.989	41.66	41.276	33.14	32.898	10258.7	9979.8
B2	239.56	237.67	101.14	98.14	18.85	20.513	16.28	16.171	41.43	42.176	32.88	32.902	10329.9	10299.3
品种(C) Cultivars (C)														
C1	221.70a	218.6	96.73a	94.38	17.43a	18.81a	15.82a	14.99a	38.76a	37.96a	34.39	32.61	10615.1a	8554.7a
C2	252.01b	242.18	115.69b	19.65	17.07a	20.79a	17.51b	17.59b	38.13a	39.69a	34.64	32.19	10251.8b	10365.0b
C3	226.44a	222.47	95.40a	94.4	17.27a	18.83a	17.18b	16.95b	39.43a	39.32a	34.47	33.02	10343.3b	10168.1b
C4	244.52ab	234.57	104.63a	100.3	23.49b	25.79b	15.18a	14.76ac	49.98b	49.83b	33.90	33.43	11237.6c	10864.7c
C5	253.52b	248.83	93.78a	93.8	19.222c	19.96a	16.47a	16.11d	41.41a	41.81c	35.15	33.26	10523.7bc	10295.6d
LSD($P\leq 0.05$)														
A	11.36	10.31	5.4	5.8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2.42	NS	4.27
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C	33.77	21.06	31.52	28.12	139.45	14.74	25.78	25.47	82.47	45.48	NS	NS	4.89	15.02
A×B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2.78	NS	NS	NS	NS
A×C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B×C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2.22	2.22	NS	NS	NS	NS	2.39	2.32
A×B×C	NS	NS	2.05	1.08	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

干物质积累量大^[13],种植密度和行距配置对产量、产量相关性状、植株性状、光合速率、叶面积有调节作用^[14]。在本研究中,两种株距对玉米产量及产量因子的影响在统计学上差异不显著,但通过两年试验结果可看出,不等距种植的产量高于等距种植,相关研究报道表明,同一密度下缩行增株后单株木质部伤流液体积增大,根系供应能力增强,产量增加^[15],在本研究中虽然表现出这一趋势,但这一结论还需进一步试验验证。五个品种之间产量及产量因子差异显著,产量差异较大,因此丰产的关键是选种。在三种种植方式、两种株距和五个品种的交互影响研究中发现,总种植密度不变情况下,不等距种植与品种之间表现出交互作用,不等距种植可以使玉米增产,但不是适用于所有品种,一些大穗稀植型品种(如研究中的登海 3521)在等距种植条件下才能获得高产。

参 考 文 献:

[1] 王宁珍,张谋草,黄 斌,等.陇东地区土壤水分变化与玉米产量关系探讨[J].中国农学通报,2009,25(21):320-323.

[2] 唐小明,李尚中,樊廷录,等.不同覆膜方式对旱地玉米生长发育和产量的影响[J].玉米科学,2011,19(4):103-107.

[3] 张振平.东北南部春玉米高产群体田间结构配置研究[D].北

京:中国农业科学院,2012.

[4] 于 琳,李艳杰,纪武鹏.栽培方式对玉米农艺性状及产量的影响[J].玉米科学,2009,17(4):101-103.

[5] 范秀玲,李凤海,史振声,等.玉米偏垄窄行种植方式的增产作用和生理特性研究[J].玉米科学,2010,18(1):108-111.

[6] 王小林,张岁岐,王淑庆,等.黄土塬区不同品种玉米间作群体生长特征的动态变化[J].生态学报,2012,32(23):7380-7390.

[7] 路海东,薛吉全,郝引川,等.播期对雨养旱地春玉米生长发育及水分利用的影响[J].作物学报,2015,41(12):1906-1914.

[8] 王庆燕,叶德练,张钰石,等.种植行向对玉米茎叶形态建成与产量的调控效应[J].作物学报,2015,41(9):1384-1392.

[9] Mbah C N, Njoku J N N C, et al. Physical properties of an ultisol under plastic film and no-mulches and their effect on the yield of maize [J]. Word Journal of Agricultural Science, 2010,6(2):160-165.

[10] 李尚中,王 勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[11] 高玉红,郭丽琢,牛俊义,等.栽培方式对玉米根系生长及水分利用效率的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(2):210-216.

[12] 李尚中,樊廷录,王 勇,等.旱地玉米抗旱覆膜方式研究[J].核农学报,2009,23(1):165-169.

[13] 王 波,余海兵,支银娟.玉米不同种植模式对田间小气候和产量的影响[J].核农学报,2012,26(3):0623-0627.

[14] 代旭峰,王国强,刘志斋,等.不同密度下不同行距对玉米光合及产量的影响[J].西南大学学报,2013,35(3):15-21.

[15] 姜兴芳,陶洪斌,郑志芳,等.株行距配置对玉米根系性状及产量的影响[J].玉米科学,2013,21(2):116-121.