

网络出版时间:2016-10-20 16:36

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.12.009

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161020.1636.018.html

籽粒大小对机播玉米苗期生长及产量的影响

程秋博,孔凡磊,豆攀,查丽,朱从桦,谢孟林,马晓君,袁继超

(四川农业大学 农学院,四川 温江 611130)

[摘要] **【目的】**在春播和夏播条件下研究种子大小对机播玉米出苗、苗期生长及产量的影响,为进一步提高机播质量和玉米产量提供理论依据。**【方法】**以长玉19、正红311和正红505 3个玉米品种为材料,在室内测定种子的活力差异,田间采用裂区设计,研究不同籽粒大小对幼苗生长、干物质积累和产量的影响。**【结果】**玉米大、中粒种的发芽率、发芽指数和活力指数较高,田间机播后幼苗和植株的长势较旺,植株较高,茎粗和叶面积较大,干物质积累较多,尤其是生育前期,生育后期的效应缩小,但仍表现出一定的增产效果,品种和播期间表现出的规律基本一致,其中正红311植株生长前期慢、后期快,大、中粒种增产最明显;各品种夏播条件下的效应增强且持续时间更长。**【结论】**在玉米机械化生产中,应尽量选取较大籽粒播种,同时注意因地制宜,根据品种特性和栽培季节进行种子的精选加工和分级应用。

[关键词] 机播;玉米;籽粒大小;苗期生长

[中图分类号] S513.04

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)12-0056-08

Effect of kernel size on seedling growth and yield of machine sowed maize

CHENG Qiubo, KONG Fanlei, DOU Pan, ZHA Li, ZHU Conghua,
XIE Menglin, MA Xiaojun, YUAN Jichao

(Agricultural College, Sichuan Agricultural University, Wenjiang, Sichuan 611130, China)

Abstract: **【Objective】** This study investigated effect of kernel size on emergence, seedling growth and yield of maize sowed by machine in spring and summer to improve machine sowing quality and maize yield. **【Method】** With 3 maize varieties Changyu 19, Zhenghong 311 and Zhenghong 505 as materials, seed vigor was determined in laboratory and effects of kernel size on seedling, dry matter accumulation and yield were investigated with a split-plot design. **【Result】** Germination, germination index, vital index, height of seedling and plant, stem diameter, leaf area, and dry matter accumulation of large and medium grains were higher than those of small grains after sowing by machine in field, especially in the early growing stage. The differences became smaller in late stage. The effects of variety and sowing date were almost the same. Large and medium grains of Zhenghong 311, which grew slow in early growing stage but fast in late growing stage, had the biggest increase in production. The effects were stronger and longer for sowing in summer than in spring. **【Conclusion】** Larger grain should be sowed in mechanization of maize production, local conditions should be considered in agricultural production, and selection and classification should be conducted according to variety characteristics and climatic conditions of cultivation season.

[收稿日期] 2015-06-04

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2012BAD04B13);农业部行业专项(20150312705)

[作者简介] 程秋博(1990—),男,四川广元人,硕士,主要从事作物高产栽培研究。E-mail:530883288@qq.com

[通信作者] 袁继超(1963—),男,重庆江津人,教授,博士生导师,主要从事作物高产栽培技术研究。E-mail:yuanjc5@163.com

Key words: machine sowing;maize;kernel size;seedling growth

发展现代化农业是全世界各个国家共同的追求,农业机械化又是现代化农业的基础^[1-2],然而我国农业机械化整体水平不高、发展不平衡,其中玉米机械化的发展尤为滞后^[3-5]。精量播种是玉米机械化播种的重要体现,而种子质量是当前影响机播质量的重要因素^[6-7]。前人对种子发芽率、纯度等质量指标做了大量的研究^[8-9],但是忽略了籽粒大小的作用。传统上常用百粒质量来评价玉米种子的大小,但这种方法并不能准确反映种子籽粒大小的差异,相反,用籽粒粒径来代表种子大小更为确切^[10],种子生产加工上也更好控制。

种子籽粒大小不同,活力有差异,为幼苗提供的养分量也不同,致使作物苗期生长差异较大。一般研究认为,较小粒种而言,大、中粒种种子活力大,发芽能力强,出苗率高,易形成壮苗,苗期有较强的抗逆能力^[11-19],但是苗期生长速率较慢^[20-21],最终产量

差异不尽一致^[22-24]。前人对玉米籽粒大小的研究多集中在室内种子活力的差异上,大田条件下全生育期的研究相对较少,鲜有机播条件下的研究报道。本研究以籽粒大小有较大差异的 3 个玉米品种为材料,在室内测定了种子的活力差异,田间采用裂区设计,研究了不同籽粒大小对幼苗生长、干物质积累和产量的影响,以期为提高玉米机械播种质量和产量提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

玉米品种为长玉 19、正红 311、正红 505,由四川农业大学正红生物技术有限责任公司提供,分别用孔径有较大差异的筛子在各品种中选出大、中、小粒种子作为供试材料(表 1)。

表 1 玉米种子的籽粒大小情况
Table 1 Kernel size of maize seed

品种 Varieties	大粒 Large grain		中粒 Medium grain		小粒 Small grain	
	直径/mm Diameter	百粒质量/g 100-grain weight	直径/mm Diameter	百粒质量/g 100-grain weight	直径/mm Diameter	百粒质量/g 100-grain weight
正红 505 Zhenghong 505	≥9.3	34.92	7.5~7.7	26.65	≤6.0	17.14
正红 311 Zhenghong 311	≥9.5	39.39	7.9~8.1	30.38	≤6.5	19.87
长玉 19 Changyu 19	≥11.0	44.69	8.9~9.0	34.11	≤7.0	21.94

1.2 试验方法

1.2.1 室内发芽试验 试验选取正红 505 和正红 311 3 个大小的籽粒为材料,按照 GB/T 3543.4—1995 种子检验规程进行沙床发芽试验,25℃光照培养,每天浇一次水并观察发芽情况,每个处理设置 4 个重复,每个重复 100 粒种子,培养 7 d 后计算发芽率,测定幼苗形态指标,并计算种子活力指数^[25-26]。

发芽率 = 正常发芽种子数/供试种子数 × 100%。

发芽指数(GI) = $\sum (Gt/Dt) (Dt$ 为发芽天数, Gt 为与 Dt 相对应的每天发芽种子数)。

幼苗高度:每个重复选取有代表性的正常幼苗 5 株,用直尺分别测定从胚芽鞘节至最长叶叶尖的长度。

叶面积:长宽系数法(叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 0.75)。

幼苗鲜质量:先将幼苗洗干净,再用滤纸吸干水分,然后用天平称质量。

幼苗干质量:将样品于 105℃下杀青 30 min 后

80℃烘至恒质量,用天平称质量。

活力指数:活力指数 I = 发芽指数 × 幼苗高度;活力指数 II = 发芽指数 × 幼苗鲜质量;活力指数 III = 发芽指数 × 幼苗干质量;活力指数 IV = 发芽指数 × 叶面积。

1.2.2 田间机播试验 试验于 2014 年 3 月—2014 年 8 月在四川农业大学成都校区农场进行。试验采用裂区设计,主区为玉米品种, $A_1 \sim A_3$ 分别代表玉米品种正红 505、正红 311、长玉 19,副区为籽粒大小,根据各品种种子自身的大小用不同孔径的筛子分为大、中、小 3 级,分别用 $B_1 \sim B_3$ 表示,共 9 个处理,3 次重复,总计 27 个小区,小区面积为 5.5 m × 4 m。分春播(4 月 11 日播种)和夏播(5 月 13 日播种),宽窄行(150 cm + 50 cm)垄作覆膜栽培,垄高 15 cm,垄面宽 60 cm,采用鸭嘴式人力单行播种机膜上点播,株距 21 cm,密度为 3 333 株/666.7 m²,其他栽培管理措施同当地大田生产,保持小区间一致。三叶期、五叶期每次每小区取样 10 株(包括地下根系),拔节期、吐丝期和成熟期每次每小区取

3~5 株地上部分植株,分别测定形态指标(成熟期不测)及干物质积累量。

(1)形态特征。株高(苗期为苗高):用直尺测量,苗期为胚芽鞘节至最长叶叶尖(扶直)的长度,抽雄后为茎基至雄穗顶部的长度;茎粗:用数显游标卡尺测出茎基部(拔节期后测第 2 节间)粗度;叶面积指数:叶面积指数=叶片总面积/土地面积,叶面积用长宽系数法测量计算。

(2)干物质积累量。形态指标测定后将样品先在 105 ℃烘箱中杀青 2 h,然后调至 80 ℃烘至恒质量,称质量。

(3)产量及其构成因素。收获前调查有效穗数,取连续 20 株考种(调查穗行数、行粒数、百粒质量),并实收计产。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2013 进行数据处理,运用 DPS 7.05 软件进行不同处理间的统计分析 & 差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同籽粒大小玉米种子的活力差异

如表 2 所示,不同品种、不同籽粒大小玉米种子

的发芽率、发芽指数及活力指数均存在一定差异,而籽粒大小间的差异更为明显且达到显著水平。正红 311 的平均发芽率、发芽指数分别较正红 505 高 14.8%和 13.3%,平均活力指数 I、IV 较正红 505 高 16.2%和 19.8%,而平均活力指数 II、III 较正红 505 低 18.7%和 25.6%。由此可见,正红 311 较正红 505 发芽有一定优势,活力指数因幼苗性状而有高有低,综合来看差异不大,这可能与品种特性有关,也可能与其籽粒较大有关。

表 2 显示,随着玉米籽粒的增大,种子发芽率、发芽指数及活力指数均表现出增加的趋势,其中大、中粒种子差异不大,但与小粒种子间均存在显著差异。正红 311 和正红 505 品种规律一致,取平均值后,大、中粒种子发芽率较小粒种子分别高出 22.1%和 12.9%,发芽指数分别高出 24.8%和 29.5%,活力指数 I 分别高出 67.9%和 56.6%,活力指数 II 分别高出 150.0%和 102.8%,活力指数 III 分别高出 168.7%和 94.0%,活力指数 IV 分别高出 126.8%和 86.7%。可见种子增大,活力和发芽能力增强,这与其贮藏养分较多有关。玉米种子发芽率普遍偏低,这可能与培养箱内光照不足、判断标准过高有关。

表 2 籽粒大小对玉米种子发芽的影响
Table 2 Effect of kernel size on germination

处理 Treatment		发芽率/% Germination	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index			
品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size			I	II	III	IV
正红 311 Zhenghong 311	B ₁	80.2±2.1 a	19.0±1.2 ab	501.9±11.2 a	15.9±0.8 a	1.1±0.2 a	254.5±7.5 a
	B ₂	78.8±0.9 ab	21.7±0.6 a	504.1±10.5 a	14.4±0.9 bc	0.7±0.1 ab	225.7±6.3 ab
	B ₃	69.5±1.5 bc	15.4±1.1 c	311.6±8.7 b	5.6±0.5 cd	0.2±0.0 cd	106.2±2.3 c
正红 505 Zhenghong 505	B ₁	75.6±2.3 a	18.2±1.3 a	467.8±9.8 a	19.6±0.3 a	1.1±0.3 a	220.6±8.3 a
	B ₂	65.3±1.9 b	16.9±1.0 ab	400.1±8.5 ab	14.4±1.1 b	0.9±0.2 ab	165.5±4.5 bc
	B ₃	58.1±1.1 c	14.4±0.9 c	265.9±7.5 b	8.6±0.6 c	0.6±0.1 c	103.3±4.2 d

注: B₁~B₃ 分别为大、中、小粒种子。同列数据后标不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下表同。
Note: B₁~B₃ represent large grain, medium grain and small grain, respectively. Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 probability level.

2.2 籽粒大小对机播玉米形态特征的影响

从表 3~5 可以看出,不同大小籽粒、不同品种和不同种植季节间玉米的田间生长状况存在一定差异。从整体上来看,随着种子籽粒的增大,植株的株高、茎粗和叶面积指数均有增加的趋势,其中大、中粒种子间的差异相对较小,但与小粒种子间均存在显著差异,随着生育进程的推进这种差异变小,至拔节期时差异不显著,尤其是株高和茎粗,这可能与小粒种子植株中后期补偿生长有关,不同品种与不同播期下表现出的规律基本一致。

从品种上来看,长玉 19 前期生长较旺,株高、茎

粗最大,大粒种的株高显著高于正红 311 和正红 505;正红 311 植株前期生长较慢,株高、叶面积较小,后期生长加快;正红 505 茎粗较小,幼苗叶面积较大。品种间差异较小且主要存在于生育前期,生育中后期差异不明显。3 个品种平均,在春播条件下,大粒和中粒种子较小粒种子在三叶期、五叶期、拔节期、吐丝期的株高增幅分别为 21.3%和 15.5%,21.5%和 10.8%,11.9%和 8.6%,0.3%和 0.4%;茎粗的增幅分别为 26.4%和 26.4%,9.8%和 8.0%,8.1%和 4.9%,0.0%和 2.3%;叶面积指数的增幅分别为 57.1%和 39.3%,35.9%和

15.9%,25.5 和 18.1%,9.1%和 7.6%。从播期上来看,与春播相比,夏播条件下的株高和叶面积指数均有增加的趋势,尤其是生育前期,茎粗前期差异不大,后期有降低趋势。夏播条件下整体变化规律与春播一致,大、中粒种子也表现出明显的优势,但优

势持续时间更长、效果更加明显,至吐丝期时优势依然存在,尤其是茎粗,其次是株高,这可能是由于夏播温度高,生长快,生育期缩短,大、中籽粒表现出的优势就更突出。

表 3 籽粒大小对机播玉米株高的影响

Table 3 Effect of kernel size on plant height of maize sowed by machine

cm

播期 Sowing period	处理 Treatment		三叶期 Three-leaf stage	五叶期 Five-leaf stage	拔节期 Jointing stage	吐丝期 Silking stage
	品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size				
春播 Spring sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	18.1±0.8 b	35.2±0.6 cd	137.6±2.4 bc	283.9±11.1 a
		B ₂	17.8±0.7 b	34.8±0.7 cd	131.2±3.3 c	273.3±17.5 a
		B ₃	15.1±1.1 c	31.1±0.4 f	120.1±7.8 d	274.8±18.0 a
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	18.4±1.3 b	37.1±1.0 b	148.1±7.5 a	282.1±5.7 a
		B ₂	17.4±0.4 b	34.3±0.5 de	147.4±0.2 a	288.8±10.0 a
		B ₃	15.3±0.2 c	32.7±0.7 ef	132.6±8.5 c	279.9±11.0 a
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	19.8±0.6 a	43.0±0.6 a	145.4±5.9 ab	276.5±25.8 a
		B ₂	18.4±1.2 b	36.1±1.7 bc	139.7±2.5 abc	281.1±8.1 a
		B ₃	16.0±0.2 c	31.1±1.7 f	132.6±2.3 c	284.9±7.9 a
夏播 Summer sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	19.4±0.6 b	40.5±2.4 b	145.9±5.6 ab	287.5±8.8 abc
		B ₂	19.0±0.5 bc	37.0±0.8 c	137.8±6.5 bc	283.3±15.0 abc
		B ₃	16.2±0.5 d	30.5±0.8 e	121.0±8.9 d	273.0±10.8 c
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	19.4±0.5 b	40.4±1.6 b	151.3±6.0 a	282.4±8.1 abc
		B ₂	18.2±0.1 c	36.9±0.9 c	144.6±9.6 abc	296.5±7.5 a
		B ₃	16.0±0.5 d	32.7±0.7 d	135.7±5.9 bc	277.6±11.7 bc
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	21.9±0.7 a	46.5±2.1 a	153.3±6.1 a	295.4±9.3 ab
		B ₂	19.5±0.8 b	38.1±0.5 c	141.4±8.1 abc	281.9±7.5 abc
		B ₃	16.8±0.0 d	31.5±0.6 de	132.5±10.0 cd	279.0±12.3 abc

表 4 籽粒大小对机播玉米茎粗的影响

Table 4 Effect of kernel size on stem diameter of maize sowed by machine

mm

播期 Sowing period	处理 Treatment		三叶期 Three-leaf stage	五叶期 Five-leaf stage	拔节期 Jointing stage	吐丝期 Silking stage
	品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size				
春播 Spring sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	4.2±0.3 abcd	6.4±0.5 ab	24.6±2.4 a	21.1±0.9 de
		B ₂	4.1±0.1 bcd	6.5±0.4 ab	22.8±1.7 ab	20.9±0.9 e
		B ₃	3.7±0.2 cde	6.1±0.1 b	21.5±2.2 b	22.0±1.2 bcde
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	4.4±0.7 abc	5.9±0.2 bc	23.6±1.0 ab	23.5±1.1 ab
		B ₂	4.6±0.2 ab	6.1±0.4 b	23.0±0.9 ab	23.4±1.3 abc
		B ₃	3.3±0.5 e	6.0±0.1 b	22.1±1.5 ab	22.6±0.9 abcd
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	4.8±0.2 a	6.8±0.4 a	24.0±2.0 ab	21.8±0.6 cde
		B ₂	4.7±0.5 ab	6.2±0.5 ab	24.3±0.7 ab	23.6±0.5 a
		B ₃	3.6±0.2 de	5.3±0.3 c	23.2±2.0 ab	21.8±0.7 de
夏播 Summer sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	4.5±0.5 b	6.6±0.5 a	23.3±1.2 bc	21.2±0.2 cde
		B ₂	4.1±0.1 cd	6.4±0.4 abc	22.4±1.2 cd	20.4±0.5 de
		B ₃	3.7±0.2 de	6.0±0.1 bcd	21.3±1.3 d	19.7±1.5 e
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	4.5±0.3 bc	6.3±0.2 abc	24.5±0.9 ab	23.0±0.7 ab
		B ₂	4.4±0.2 bc	5.9±0.2 cde	23.3±0.7 bc	22.4±1.4 bc
		B ₃	3.6±0.2 e	5.9±0.1 de	21.0±0.7 d	20.0±0.3 de
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	5.0±0.2 a	6.7±0.1 a	25.3±0.7 a	24.5±0.8 a
		B ₂	4.5±0.2 bc	6.4±0.3 ab	23.8±1.4 abc	22.8±1.6 ab
		B ₃	3.8±0.2 de	5.5±0.4 e	22.6±0.7 cd	21.4±0.5 bcd

在株高、茎粗和叶面积 3 个性状中,叶面积在不同籽粒大小间差异最大,其次为株高,3 个品种三叶期、五叶期和拔节期平均,叶面积大、中粒较小粒的增幅春播和夏播分别为 26.0%,18.2%和 42.1%,18.3%,株高相应的增幅为 14.5%,9.6%和 19.8%,11.2%,茎粗相应的增幅为 10.4%,7.9%

和 14.2%,8.4%,表现为叶面积大于株高,株高大 于茎粗,夏播大于春播(中粒茎粗例外)。

表 5 籽粒大小对机播玉米叶面积指数的影响

Table 5 Effect of kernel size on leaf area index of maize sowed by machine						
播期 Sowing period	处理 Treatment		三叶期 Three-leaf stage	五叶期 Five-leaf stage	拔节期 Jointing stage	吐丝期 Silking stage
	品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size				
春播 Spring sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	0.016±0.001 a	0.076±0.006 b	2.42±0.30 a	5.28±0.13 b
		B ₂	0.014±0.001 ab	0.075±0.007 b	2.17±0.38 abc	5.06±0.47 b
		B ₃	0.009±0.002 de	0.060±0.002 cd	1.74±0.16 d	5.06±0.33 b
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	0.014±0.001 ab	0.067±0.006 bc	2.06±0.18 abcd	6.43±0.32 a
		B ₂	0.013±0.002 bc	0.061±0.008 cd	1.97±0.20 bcd	6.25±0.68 a
		B ₃	0.008±0.003 e	0.055±0.006 d	1.74±0.25 d	5.08±0.29 b
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	0.014±0.001 ab	0.088±0.003 a	2.31±0.06 ab	5.08±0.24 b
		B ₂	0.012±0.002 bc	0.061±0.001 cd	2.25±0.14 abc	5.25±0.66 b
		B ₃	0.011±0.001 cd	0.055±0.009 d	1.93±0.09 cd	5.25±0.23 b
夏播 Summer sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	0.019±0.001 a	0.079±0.004 b	3.33±0.84 a	5.26±0.14 cd
		B ₂	0.017±0.001 b	0.075±0.003 bc	2.38±0.13 b	5.43±0.14 bc
		B ₃	0.011±0.001 fg	0.060±0.001 ef	1.84±0.71 de	4.93±0.20 d
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	0.015±0.001 bc	0.069±0.003 cd	2.22±0.76 b	6.46±0.17 a
		B ₂	0.013±0.001 ef	0.062±0.006 e	2.02±0.30 cd	5.87±0.20 b
		B ₃	0.010±0.001 g	0.056±0.003 f	1.83±0.20 e	5.87±0.43 b
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	0.015±0.002 cd	0.092±0.003 a	2.38±0.07 b	5.18±0.15 cd
		B ₂	0.014±0.001 de	0.069±0.003 d	2.19±0.15 bc	5.15±0.48 cd
		B ₃	0.012±0.001 f	0.055±0.004 f	1.91±0.09 de	5.25±0.15 cd

2.3 籽粒大小对机播玉米干物质积累的影响

如表 6 所示,不同品种、不同籽粒大小和不同种植季节间玉米植株在各生育时期干物质积累量存在一定差异,特别是不同籽粒大小之间。随着籽粒的

增大,玉米各时期干物质积累量增加,其中大、中粒种子间差异相对较小,但均与小粒种子间存在明显差异,随着生育进程的推进差异变小,不同品种与不同播期下表现出的规律基本一致。

表 6 籽粒大小对机播玉米干物质积累的影响

Table 6 Effect of kernel size on dry matter accumulation of maize sowed by machine							kg/hm ²
播期 Sowing period	处理 Treatment		三叶期 Three-leaf stage	五叶期 Five-leaf stage	拔节期 Jointing stage	吐丝期 Silking stage	成熟期 Mature stage
	品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size					
春播 Spring sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	8.4±0.7 b	47.7±12.3 ab	2 222.2±147.2 a	7 252.7±357.0 bc	17 221.4±1 072.7 abc
		B ₂	7.3±0.8 bc	51.8±3.9 a	1 881.8±192.2 abcd	7 240.2±279.9 bc	16 700.9±922.4 bc
		B ₃	4.9±0.7 ef	30.6±2.1 cd	1 457.6±278.5 d	7 682.4±188.9 abc	16 240.2±1 103.9 c
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	6.8±0.3 cd	34.9±3.1 cd	2 023.9±196.3 abc	8 090.1±683.8 ab	18 674.4±436.0 a
		B ₂	5.8±0.9 de	34.6±1.8 cd	1 965.0±169.3 abc	8 558.8±318.3 a	18 521.2±677.2 ab
		B ₃	3.9±1.0 f	32.2±1.2 cd	1 633.4±335.0 bcd	7 934.7±125.2 ab	16 172.4±1 326.0 c
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	10.0±0.4 a	51.6±13.5 a	2 124.6±484.4 a	8 010.5±868.4 ab	17 723.5±2 114.4 abc
		B ₂	8.1±0.2 b	38.4±4.3 bc	2 078.1±131.3 ab	8 021.7±1 061.6 ab	17 940.3±473.9 abc
		B ₃	5.6±0.5 de	25.2±2.5 d	1 594.4±233.7 cd	6 786.6±417.7 c	17 661.0±581.9 abc
夏播 Summer sowing	正红 505 Zhenghong 505	B ₁	10.0±0.6 b	55.2±7.4 ab	2 525.0±96.7 a	7 927.6±530.8 bc	
		B ₂	8.9±0.4 c	48.7±3.2 bc	2 098.7±72.2 bc	7 305.9±338.9 cd	
		B ₃	5.8±0.3 ef	32.3±2.7 ef	1 639.3±40.4 d	6 624.0±280.6 de	
	正红 311 Zhenghong 311	B ₁	7.6±0.6 d	37.9±0.9 de	2 195.7±179.8 b	9 169.5±386.9 a	
		B ₂	6.1±0.6 e	36.0±0.5 e	1 945.6±89.3 c	8 386.2±713.2 b	
		B ₃	4.4±1.1 g	35.0±0.8 ef	1 608.3±120.6 d	7 446.7±169.2 c	
	长玉 19 Changyu 19	B ₁	11.6±0.4 a	58.1±6.5 a	2 252.0±308.3 b	8 472.7±291.6 ab	
		B ₂	9.1±0.3 bc	42.8±1.8 cd	2 051.6±86.7 bc	7 895.7±527.6 bc	
		B ₃	4.9±0.2 fg	29.1±4.0 f	1 446.5±67.8 d	6 474.7±449.9 e	

注:夏播吐丝后遇大风暴雨,玉米大面积倒伏,故成熟期无数据。
Note: There was no data because of lodging in big storm after silking stage in summer sowing.

从品种来上看,拔节期之前,正红 311 干物质积累较慢,显著低于长玉 19 和正红 505;拔节期后,正

红 311 干物质积累速率增加,干物质积累量与长玉 19 无显著差异,甚至高于正红 505。从籽粒大小来看,3 个品种规律一致,平均处理后,春播条件下大粒和中粒种子在三叶期、五叶期、拔节期、吐丝期、成熟期的植株干物质积累量较小粒种子分别增加 75.0% 和 47.2%, 52.5% 和 41.8%, 36.0% 和 26.5%, 4.2% 和 6.3% 及 7.1% 和 6.2%。夏播条件下整体变化趋势基本一致,且效果更显著,持续时间更长,至吐丝时籽粒大小间还有显著差异。与春播相比,夏播条件下的玉米植株表现出前期生长较快,积累的干物质较多,但中后期的中、小粒种子则相反,尤其是小粒种,干物质积累量较春播的少,这可能是因为夏季田间高温、干旱,小粒种子的植株抗旱生长能力弱。

2.4 籽粒大小对机播玉米产量及其构成因素的影响

如表 7 所示,不同品种玉米的穗行数、行粒数、穗粒数和百粒质量均存在一定差异,其中穗粒数和

百粒质量差异显著,穗粒数表现为正红 505>正红 311>长玉 19,而百粒质量表现为长玉 19>正红 311>正红 505,3 个品种的最终产量差异不显著。

不同籽粒大小间的产量及其构成因素也有较大差异,随着籽粒增大,产量有逐渐提高的趋势。春播时,正红 505、正红 311、长玉 19 大粒种和中粒种的产量分别较小粒种提高 8.5%, 16.3%, 6.5% 和 6.4%, 13.2%, 9.9%, 正红 311 的增幅最大,且大、小粒种间的差异达到显著水平,表明春季机播时,正红 311 选择大、中粒种显得更为重要;长玉 19 和正红 505 不同籽粒大小间的产量差异相对较小,未达显著水平,这可能与小粒种中后期的补偿生长有关。正红 505 大、中粒种较小粒种增产的主要原因是穗行数和穗粒数增加,正红 311 增产的原因是行粒数和穗粒数增加,而长玉 19 增产的主要原因则是百粒质量和行粒数增加。夏播试验因吐丝后遇大风暴雨,导致玉米植株倒伏,未收到产量结果。

表 7 籽粒大小对机播玉米产量及其构成因素的影响(春播)

处理 Treatment		穗行数 Ear rows	行粒数 Row grains	穗粒数 Grain number per spike	百粒质量/g 100-seed weight	产量/(kg·hm ⁻²) Yield
品种 Varieties	籽粒大小 Kernel size					
正红 505 Zhenghong 505	B ₁	19.1±0.9 a	44.2±0.8 abc	842.3±26.4 a	29.4±1.6 d	9 436.3±773.2 ab
	B ₂	18.5±1.0 ab	45.5±1.9 a	843.5±63.2 a	28.8±1.3 d	9 249.3±915.0 ab
	B ₃	17.9±0.6 bc	45.0±0.9 ab	803.6±37.6 a	28.4±1.1 d	8 695.8±84.7 ab
正红 311 Zhenghong 311	B ₁	17.2±0.0 cd	43.1±0.8 c	740.8±14.4 b	34.1±1.7 bc	9 631.8±591.7 a
	B ₂	16.8±0.0 cd	43.6±0.7 bc	732.5±11.0 bc	33.6±1.6 bc	9 368.1±561.0 ab
	B ₃	16.9±0.6 cd	40.0±0.1 d	676.5±25.8 cd	32.1±0.9 c	8 278.2±454.9 b
长玉 19 Changyu 19	B ₁	16.3±0.2 d	39.8±1.1 d	648.1±13.3 d	37.5±1.2 a	9 263.1±397.1 ab
	B ₂	16.3±0.9 d	40.3±1.0 d	655.6±53.2 d	38.3±2.3 a	9 560.0±1 216.9 a
	B ₃	16.9±0.3 cd	38.7±1.0 d	652.4±27.9 d	35.0±1.0 b	8 698.8±527.0 ab

3 讨论与小结

机械精量播种是今后玉米生产发展的必然方向^[6-7],种子质量是影响机播效果的重要因素,特别是种子籽粒大小^[8-11],其本身活力的差异还可能会影响幼苗和植株的生长甚至最终的经济产量。玉米种子的活力不仅在品种间存在差异,而且同一品种不同籽粒大小之间也有较大差异^[11]。一般认为大粒种较小粒种具有更高的活力,表现为发芽率更高^[12,16-17],幼苗长势更旺^[13-15,20],内源保护酶活性和产量更高^[23],但也有研究结果认为,小粒种的幼苗生长速率更大^[13,20],大、小粒种产量差异不显著^[22]。张岭梅等^[24]研究认为,中粒种子的产量最高,小粒种次之,大粒种的产量最低。本研究结果表明,玉米大、中粒种的发芽率、发芽指数和活力指数均较小粒种高,田间机播后幼苗和植株的株高、茎粗、叶面积

和干物质积累量均较小粒种高,且这种效应随生育进程的推进而递减,但最终仍然表现出一定的增产效果,增幅明显,其中正红 311 大、中粒种的产量增幅高达 16.3% 和 13.2%,且差异达到显著水平。

本研究还发现,玉米种子大小在幼苗和植株生长、干物质积累和产量上的效应在品种和播期间的表现基本一致,但响应程度有所差异。从品种来看,春播大、中粒种子较小粒种子的增产效果以正红 311 最明显,这可能与其遗传特性有关,该品种苗势较弱,生产上更应注意选用大、中粒种;从播种期来看,夏播的效应更大,持续时间更长,这可能与其温度较高,植株生长较快有关,也可能与大、中粒种耐高温、耐旱等抗逆能力较强有一定关系。这种品种和播期间在不同种子大小的植株生长、产量上的效应差异,可能是前人在这方面研究结果不尽一致的重要原因。

综上所述,籽粒大小对机播玉米苗期生长及产量有着重要影响,大、中粒种子活力更大,发芽能力更强,在各生育期都表现出一定的生长优势,最终达到增产效果。品种和播期间表现出的规律基本一致,但响应程度有所不同,夏播条件下的响应更强,延续时间更长,更应注重播种较大粒种。因此,在发展玉米机械化的同时,也要重视机播用种的选育,不仅要注重种子质量的选择,更要尽量选用较大粒种,最终达到高产、高效的目的。另外,在生产上也要注意因地制宜,根据品种特性和栽培季节的气候条件进行种子的精选加工和分级应用。

[参考文献]

[1] 杨敏丽,白人朴,刘 敏,等. 建设现代农业与农业机械化发展研究 [J]. 农业机械学报,2005,36(7):68-72.
Yang M L, Bai R P, Liu M, et al. Development of agricultural mechanization and construction of modern agriculture [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(7):68-72.

[2] 齐 飞,朱 明,周新群,等. 农业工程与中国农业现代化相互关系分析 [J]. 农业工程学报,2015,31(1):1-10.
Qi F, Zhu M, Zhou X Q, et al. Relationship analysis between agricultural engineering and agricultural modernization in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(1):1-10.

[3] 冯启高,毛罕平. 我国农业机械化发展现状及对策 [J]. 农机化研究,2010,32(2):245-248.
Feng Q G, Mao H P. The development present situation and countermeasure on agricultural mechanization in China [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010, 32(2):245-248.

[4] 王德成,张领先,李安宁,等. 我国农业机械化宏观研究的态势分析 [J]. 农机化研究,2005,27(6):1-5,8.
Wang D C, Zhang L X, Li A N, et al. Situational analysis of macro-research on agricultural mechanization in China [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005, 27(6):1-5,8.

[5] 胡 伟,赵昌娜,宋 樱,等. 我国玉米生产机械化发展分析 [J]. 农业机械,2008(7):193-198.
Hu W, Zhao C N, Song Y, et al. Development analysis of mechanization of maize production in China [J]. Farm Machinery, 2008(7):193-198.

[6] 刘 欣. 玉米精量播种机械化技术研究 [J]. 农业科技与装备,2013(1):66-67.
Liu X. Research on mechanized maize precision sowing [J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2013(1):66-67.

[7] 李慧敏,姜连花,谷在兴. 玉米机播质量影响因素及改进措施 [J]. 农业工程,2012,2(9):14-16.
Li H M, Jiang L H, Gu Z X. Influence factors and improvement

measures on corn machine sowing quality [J]. Agricultural Engineering, 2012, 2(9):14-16.

[8] 张万松,王春平,张爱民,等. 国内外农作物种子质量标准体系比较 [J]. 中国农业科学,2011,44(5):884-897.
Zhang W S, Wang C P, Zhang A M, et al. A study on seed quality standard system of crops in domestic and abroad [J]. Scientia Agricultural Sinica, 2011, 44(5):884-897.

[9] 王春平,张万松,陈翠云,等. 中国种子生产程序的革新及种子质量标准新体系的构建 [J]. 中国农业科学,2005,38(1):163-170.
Wang C P, Zhang W S, Chen C Y, et al. Innovation of the seed production procedures and establishment of corresponding seed quality criteria in China [J]. Scientia Agricultural Sinica, 2005, 38(1):163-170.

[10] 荆绍凌,李淑华,才 卓,等. 玉米籽粒大小及其衡量方法 [J]. 玉米科学,2010,18(5):142-144.
Jing S L, Li S H, Cai Z, et al. The discussion on measurement of maize kernel size [J]. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(5):142-144.

[11] 石海春,柯永培,刘 帆,等. 不同大小的玉米种子活力差异比较研究 [J]. 种子,2005,24(4):37-39.
Shi H C, Ke Y P, Liu F, et al. The comparative research on the seed vigor of different sizes seeds of maize [J]. Seed, 2005, 24(4):37-39.

[12] Weis I M. The effects of propagule size on germination and seedling growth in mirabilis hirsute [J]. Canadian Journal of Botany, 1982, 60(10):1868-1874.

[13] Kaufmann M L, Guitard A A. The effect of seed size on early plant development in barley [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1967, 47(1):73-78.

[14] Bockstaller C, Girardin P. Effects of seed size on maize growth from emergence to silking [J]. Maydica, 1994, 39(3):213-218.

[15] 高和平,江凤琼. 大豆、玉米种子的千粒重与发芽成苗关系的研究 [J]. 孝感学院学报,2001,21(3):68-70.
Gao H P, Jiang F Q. Study on the relation between seed germination, seedlings development and seed's thousand-grain weight of soybean and maize [J]. Journal of Xiaogan University, 2001, 21(3):68-70.

[16] 张守国. 玉米种子活力测定及其田间出苗率的关系初析 [J]. 甘肃农业科技,1997(2):13-15.
Zhang S G. Relationship between seed vigor and seedling emergence rate in maize [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 1997(2):13-15.

[17] 陈士林. 玉米种子活力与田间苗期性状相关性研究 [J]. 种子,2003(4):35-37.
Chen S L. A study on the relation between corn seeds corn and field seedling characters [J]. Seed, 2003(4):35-37.

[18] 武高林,杜国祯. 植物种子大小与幼苗生长策略研究进展 [J]. 应用生态学报,2008,19(1):191-197.
Wu G L, Du G Z. Relationships between seed size and seedling growth strategy of herbaceous plant a review [J]. Chinese

- Journal of Applied Ecology, 2008, 19(1): 191-197.
- [19] 冯 波, 刘延忠, 高荣歧, 等. 不同子粒大小玉米种苗转化过程中生理特性研究 [J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 35-38.
Feng B, Liu Y Z, Gao R Q, et al. Study on physical characteristic of different size seed during maize seed-seedling transformation [J]. Agriculturae Boreali-Sinica, 2006, 21(4): 35-38.
- [20] Baraloto C, Forget P M, Goldberg D E. Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment [J]. Journal of Ecology, 2005, 93: 1156-1166.
- [21] 黄双全, 刘桂霞, 韩建国. 种子大小和播种深度对种苗建植的影响 [J]. 草业科学, 2007, 24(6): 44-49.
Huang S Q, Liu G X, Han J G. Effect of seed mass and sowing depth on seedling establishment [J]. Pratacultural Science, 2007, 24(6): 44-49.
- [22] Hawkins R C, Cooper P J M. Effects of seed size on growth and yield of maize in the Kenya highlands [J]. Experimental Agriculture, 1979, 15(1): 73-79.
- [23] 王 威, 胡海银. 玉米籽粒大小与其植株内源保护酶活性及单株种子产量的关系 [J]. 甘肃农业大学学报, 2013, 48(4): 44-48.
- Wang W, Hu H Y. Relationship between seed size and protective endoenzyme activity and yield per plant in maize [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2013, 48(4): 44-48.
- [24] 张岭梅, 苏培玺, 严巧娣, 等. 玉米种子大小和灌溉制度对产量及水分利用效率的影响 [J]. 西北农业学报, 2008, 17(5): 157-161.
Zhang L M, Su P X, Yan Q D, et al. Effects of seed size and irrigation regime on yield and water use efficiency in maize cultivation [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2008, 17(5): 157-161.
- [25] 张春山, 雷 平. 玉米种子活力测试方法及其评价 [J]. 种子, 1994(2): 27-28.
Zhang C S, Lei P. Test method and evaluation of maize seed vigor [J]. Seed, 1994(2): 27-28.
- [26] 石海春, 柯永培, 余跃辉, 等. 玉米种子活力测定方法的研究 [J]. 玉米科学, 2004, 12(2): 116-118.
Shi H C, Ke Y P, She Y H, et al. Study on test method of maize seed vigour [J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(2): 116-118.
-
- (上接第 55 页)
- [11] 何 丽, 陈再忠, 李伟纯. 血鹦鹉的形态特征与核型 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6): 752-756.
He L, Chen Z Z, Li W C. Morphological characters and karyotype of the blood parrot fish (*Vieja synspila* ♀ × *Amphilophus citrinellus* ♂) [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(6): 752-756.
- [12] 孙效文, 鲁翠云, 匡友谊, 等. 镜鲤两个繁殖群体的遗传结构和几种性状的基因型分析 [J]. 水产学报, 2007, 31(3): 273-279.
Sun X W, Lu C Y, Kuang Y Y, et al. Analysis of the genetic structure of two mirror common carp population and genotypes for some traits [J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(3): 273-279.
- [13] 董世瑞, 栾 生, 孔 杰. 中国明对虾单个家系中与生长性状相关微卫星标记的初步筛选 [J]. 中国水产科学, 2014, 21(5): 936-943.
Dong S R, Luan S, Kong J. Screening of microsatellite DNA markers associated with growth traits in a single *Fenneropenaeus chinensis* family [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(5): 936-943.
- [14] 贾志武, 郑先虎, 匡友谊, 等. 鲫微卫星标记与几个生长性状的相关性分析 [J]. 水产学杂志, 2012, 25(2): 1-5.
Jia Z W, Zheng X H, Kuang Y Y, et al. Correlation analysis on four growth traits in crucian carp *Carassius auratus* by SSR and EST-SSR markers [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2012, 25(2): 1-5.
- [15] 付春鹏, 傅洪拓, 蒋速飞, 等. 水产动物重要经济性状相关联的微卫星标记研究进展 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 314-317.
Fu C P, Fu H T, Jiang S F, et al. Development and application of microsatellite markers in aquatic species [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 26(4): 314-317.
- [16] 金舒博, 张晓峰, 贾智英, 等. 一个镜鲤家系的遗传多样性及经济性状的遗传连锁分析 [J]. 水产学杂志, 2011, 24(1): 14-18.
Jin S B, Zhang X F, Jia Z Y, et al. Linkage analysis of genetic diversity with economic traits in a mirror carp (*Cyprinus carpio*) family [J]. Chinese Journal Fisheries, 2011, 24(1): 14-18.
- [17] 王惠儒, 柳敏海, 油九菊, 等. 大黄鱼群体遗传多样性分析及耐低温性状相关微卫星标记的筛选 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2014, 33(1): 6-13.
Wang H R, Liu M H, You J J, et al. Genetic diversity analysis and screening of microsatellite makers associated with cold tolerance of large yellow croaker *Pseudosciaena cracea* Richardson [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2014, 33(1): 6-13.