

## 栽培密度对玉米产量和相关农艺性状的影响

申世界 (合肥丰乐种业股份有限公司, 安徽合肥 230001)

**摘要** [目的]为在农业生产实践中更好发掘玉米品种潜力提供理论依据。[方法]研究不同栽培密度对丰乐 303 的产量和相关农艺性状的影响。[结果]在一定栽培密度范围内,丰乐 303 的产量随着密度增加而增加,种植密度达到 57 000 株/hm<sup>2</sup> 时产量最高,种植密度超过 63 000 株/hm<sup>2</sup> 时产量开始下降。随着种植密度的增加,玉米空秆率、倒伏率和倒折率逐渐增大,玉米大斑病和小斑病逐渐加重;随着栽培密度的降低,玉米抗逆性增强,病害减轻。[结论]丰乐 303 的最佳栽培密度为 57 000 株/hm<sup>2</sup>。

**关键词** 玉米;栽培密度;产量;丰乐 303;农艺性状

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)18-0032-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.18.006



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Cultivation Density on the Yield and Its Related Agronomic Characters of Maize

SHEN Shi-jie (Hefei Fengle Seed Co., Ltd., Hefei, Anhui 230001)

**Abstract** [Objective] To provide theoretical basis for exploiting maize variety potential in agricultural production. [Method] The effects of cultivation density on the yield and its related agronomic characters of maize were studied. [Result] Within a certain range of cultivation density, yield of Fengle 303 increased with the enhancement of density. When the planting density reached 57 000 plants/hm<sup>2</sup>, yield was the highest. When the planting density was greater than 63 000 plants/hm<sup>2</sup>, the yield decreased. With the increase of planting density, the empty bar rate, lodging rate and discounting rate of maize gradually enhanced, leaf blight and Southern corn leaf blight aggravated gradually. With the decrease of cultivation density, stress resistance enhanced and diseases reduced. [Conclusion] The optimal cultivation density of Fengle 303 was 57 000 plants/hm<sup>2</sup>.

**Key words** Maize; Cultivation density; Yield; Fengle 303; Agronomic characters

我国粮食作物中,玉米的应用价值广泛,在食品、饲料、工业及医药方面有重要地位。因此,在农业生产中,提高玉米产量对保证我国粮食安全、畜牧养殖、工业发展以及医疗研究都具有重要的意义。生产实践表明,合理的栽培密度是玉米高产的关键技术<sup>[1]</sup>,玉米植株光合作用的强弱<sup>[2]</sup>、营养物质和水分的吸收转化<sup>[3-5]</sup>、生物产量的形成积累<sup>[6]</sup>、抗逆性的强弱等都与栽培密度有着必然的联系。丰乐 303 是丰乐种业选育而成的玉米新品种,2017 年通过国家审定,具有优质多抗、高产稳定、高温天气结实好等优势,在黄淮海区域有重要的推广价值。鉴于此,笔者分析了不同的栽培密度对丰乐 303 产量及相关农艺性状的影响,为农业生产实践中更好发掘品种潜力提供理论依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验地概况** 试验在安徽省亳州市谯城区大杨镇董楼村丰乐种业亳州基地进行,其地理位置优越,交通便捷。该地地势平坦,肥力均匀中等,土壤为淤土,双季作物以玉米和小麦为主。

**1.2 试验材料** 试验采用玉米新品种丰乐 303,由合肥丰乐种业股份有限公司提供。为保证发芽率和防治地下虫害,种子进行种衣剂包衣。

**1.3 试验设计** 依据当地生产实践,供试材料设置 6 个密度处理: S1 (45 000 株/hm<sup>2</sup>)、S2: (51 000 株/hm<sup>2</sup>)、S3: (57 000 株/hm<sup>2</sup>)、S4: (63 000 株/hm<sup>2</sup>)、S5: (69 000 株/hm<sup>2</sup>)、S6: (75 000 株/hm<sup>2</sup>)。试验采取单因素随机区组设计,3 次重复,小区行长 5.0 m、共 8 行区、60 cm 等行距种植,面积 24.0 m<sup>2</sup>,四周设 5 行保护行,各重复之间不留间距,组间留有 1 m 观察

走道,便于观察记录。

**1.4 田间管理** 2018 年 6 月 13 日旋耕耙田整地,按照 750 kg/hm<sup>2</sup> 基施复合肥;6 月 14 日播种,严格按照对应的密度尺寸人工点播,当天灌溉造墒确保出苗;6 月 16 日喷施乙莠苗前封闭药;6 月 19 日出苗,并调查出苗情况;7 月 1 日田间定苗,3 次重复保苗率达到 99%,基本无缺苗,能够满足试验要求;7 月 16 日按照 300 kg/hm<sup>2</sup> 追施尿素;8 月 4 日,丢施玉米丢心剂,防治玉米螟及其他害虫;成熟后于 10 月 2 日全区收获晾晒、脱粒、考种。其他管理措施与当地生产实际相同。

## 1.5 项目调查

**1.5.1 物候期。** 分别在相应阶段调查记录播种期、出苗期、抽雄期、吐丝期、成熟期,计算生育期。

**1.5.2 抗病虫性。** 收货前 10~15 d 调查大斑病、小斑病、弯孢叶斑菌病、南方锈病,收货前 3 d 调查茎腐病,乳熟后期调查玉米螟。

**1.5.3 农艺性状。** 在玉米乳熟末期,选取小区里具有代表性的 10 棵单株测定株高、穗位,取平均值,统计全区内双穗率、空秆率、倒伏率、倒折率。

**1.5.4 果穗性状。** 收获后,取有代表性的 10 个果穗,测定穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖,取其平均值,并计算穗粒数,随机取 100 粒称重,3 次重复,计算百粒重平均值。

**1.5.5 产量性状。** 收获后晾晒、脱粒、测产;按照 14% 水分,折合成每公顷产量,进行统计分析。

**1.6 数据处理** 采用 Excel 和 DPS V15.10 数据处理软件进行分析,最后整理汇总。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对玉米物候期的影响** 从表 1 可以看出,6 个

**作者简介** 申世界(1987—),男,安徽亳州人,初级农艺师,硕士,从事玉米新品种培育工作。

**收稿日期** 2019-06-03;修回日期 2019-06-16

处理的出苗期和吐丝期都在同 1 天,种植密度对出苗期和吐丝期没有影响;S5、S6 处理的抽雄期和成熟期较 S1、S2、S3、S4 处理晚 1 d,生育期为 104 d,比 S1、S2、S3、S4 处长 1 d。

当种植密度低于 63 000 株/hm<sup>2</sup> 时,生育期不发生变化,密度大于 63 000 株/hm<sup>2</sup> 时,生育期会延长,这可能是由于密度过大,导致单株间通风透光性差,成熟发育较迟缓。

表 1 不同处理对玉米物候期的影响

Table 1 Effects of different treatments on the phenological phase of maize

处理编号 Treatment code	播种期 Sowing date	出苗期 Seedling date	抽雄期 Tasseling date	吐丝期 Silking date	成熟期 Mature date	生育期 Growth period//d
S1	06-14	06-19	07-30	08-02	09-29	103
S2	06-14	06-19	07-30	08-02	09-29	103
S3	06-14	06-19	07-30	08-02	09-29	103
S4	06-14	06-19	07-30	08-02	09-29	103
S5	06-14	06-19	07-30	08-02	09-30	104
S6	06-14	06-19	07-31	08-02	09-30	104

2.2 不同处理对玉米田间抗病虫性的影响 由表 2 可知,6 个密度处理对大斑病和茎腐病均表现中抗及以上,其中 S1 处理密度最小、抗性最强,而 S5 和 S6 处理密度大,表现中抗,说明丰乐 303 在抗大斑病和茎腐病方面有优势。S1 处理对小斑病表现高抗,S2、S3、S4 处理表现抗,S5 处理表现中

抗,S6 处理表现感病。S1、S3 处理对南方锈病表现高抗,S2、S4 处理表现抗,S5、S6 处理表现感。S1、S2、S3 处理对玉米螟表现抗,S4、S5 处理表现中抗,S6 处理表现轻感。因此,密度过大,玉米在田间容易感染病虫害。

表 2 不同处理对玉米田间抗病虫性的影响

Table 2 Effects of different treatments on the maize field resistance to diseases and pests

处理编号 Treatment code	大斑病 Leaf blight	小斑病 Southern corn leaf blight	弯孢菌叶斑病 Curvularia leaf spot	南方锈病 Puccinia polysora Underw	茎腐病 Stem rot	玉米螟 Ostrinia nubilalis
S1	高抗	高抗	抗	高抗	高抗	抗
S2	抗	抗	高抗	抗	抗	抗
S3	抗	抗	抗	高抗	抗	抗
S4	抗	抗	中抗	抗	抗	中抗
S5	中抗	中抗	中抗	感	中抗	中抗
S6	中抗	感	感	感	中抗	轻感

2.3 不同处理对田间农艺性状的影响 从表 3 可以看出,6 个密度处理的株高为 276.5~288.5 cm,相差 12.0 cm。其中,S3 处理最矮,为 276.5 cm,S6 处理密度最大,株高最高,为 288.5 cm。不同处理的穗位高度为 104.2~111.6 cm,相差 7.2 cm,S3 处理的穗位最低,为 104.2 cm;而 S6 处理的穗位最高,为 111.6 cm。双穗率为 0~3.7%,S1 处理的双穗率最高,为 3.7%,S4、S5、S6 处理的双穗率为 0。随着种植密度的增加,双穗率逐渐降低,说明在低密度栽培过程中,丰乐 303 吸水能力强,容易出现双穗。不同处理的空秆率为 0~3.9%,S1、S2、S3 处理的空秆率为 0,没有空秆发生,S6 处理的

空秆率最高,为 3.9%,空秆率随密度的增大而增加,密度过大导致叶面积增大,叶片互相遮挡,通风透光性差,果穗结实性差,容易出现空秆现象。倒折率为 0~5.0%,S6 处理的倒折率最高,为 5.0%,S1、S2、S3 处理的倒折率均为 0,随着密度的增大,倒折率增加;密度降低,倒折率降低。不同处理的倒伏率在 0.7%~4.4%,其中 S1 的 S2 处理倒伏率为 0,处理 S6 倒伏率为 4.4%。随着密度的增大,倒伏率和倒折率增加不明显,倒伏率和倒折率最高分别仅为 5.0%、4.4%,说明丰乐 303 具有很强的抗倒伏能力。

表 3 不同处理对玉米农艺性状的影响

Table 3 Effects of different treatments on the agronomic treatments of maize

处理编号 Treatment code	株高 Plant height cm	穗位 Panicle position cm	双穗率 Double ear rate//%	空秆率 Empty bar rate//%	倒折率 Discounting rate//%	倒伏率 Lodging rate//%
S1	281.4	106.1	3.7	0	0	0
S2	278.3	104.7	2.5	0	0	0
S3	276.5	104.2	2.2	0	0	7
S4	277.2	107.8	0	2.0	1.3	2.0
S5	285.3	108.5	0	2.4	1.8	3.6
S6	288.5	111.6	0	3.9	5.0	4.4

**2.4 不同处理对玉米果穗性状的影响** 从表4可以看出,不同处理的穗长为16.1~17.6 cm,相差1.5 cm,S1处理的果穗最长,为17.6 cm,S6处理的果穗最短,为16.1 cm。穗粗为4.2~5.6 cm,S1处理果穗最粗,为5.6 cm,S6处理的果穗最细,为4.2 cm。秃尖为0~1.5 cm,S1和S2处理没有秃顶现象,S6处理的秃顶最长,为1.5 cm,栽培密度递增,秃顶长度递增。穗行数为14.6~17.8行,S1处理穗行数最多,为17.8行,S6处理穗行数最低,为14.6行。行粒数为25.6~34.5粒,S1处理的行粒数最多,为34.5粒,S6处理的行粒数最少,为

25.6粒,相差8.9粒。栽培密度低、果穗长,行粒数相应增加,栽培密度大、果穗短,行粒数相应的减少。穗粒数是由穗行数和穗粒数计算得来,为373.8~614.1粒,S1处理的穗粒数最多,为614.1粒,S6处理的穗粒数最少,为373.8粒,相差240.3粒。百粒重为29.8~32.6 g,相差2.8 g,其中S1处理的百粒重最大,为32.6 g,S6处理的百粒重最小,为29.8 g。随着种植密度的增加,穗长、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数以及百粒重呈递减的趋势,但秃尖长呈递增的趋势。

表4 不同处理对玉米果穗性状的影响

Table 4 Effects of different treatments on the ear characters of maize

处理编号 Treatment code	穗长 Ear length cm	穗粗 Ear width cm	秃尖长 Bare tip//cm	穗行数 Ear rows 行	行粒数 Grains per row//粒	穗粒数 Grains per ear//粒	百粒重 100-grain weight//g
S1	17.6	5.6	0	17.8	34.5	614.1	32.6
S2	17.3	5.4	0	17.4	33.1	575.9	32.3
S3	17.5	5.4	0.5	17.4	32.8	570.7	32.0
S4	16.8	4.9	0.5	16.1	30.2	486.2	31.6
S5	16.5	4.4	1.2	15.5	27.3	423.2	31.9
S6	16.1	4.2	1.5	14.6	25.6	373.8	29.8

**2.5 不同处理对玉米产量的影响** 从表5可以看出,随着种植密度的增加,籽粒产量先增加后降低。折合产量在8 365.35~10 227.30 kg/hm<sup>2</sup>,相差1 861.95 kg。S3处理栽的培密度为57 000株/hm<sup>2</sup>,产量最高,为10 227.30 kg/hm<sup>2</sup>。S4处理的产量为9 477.00 kg/hm<sup>2</sup>,排位第2。S2处理的产量为9 379.65 kg/hm<sup>2</sup>,排位第3。S1处理的产量为9 115.65 kg/hm<sup>2</sup>,排名第4。S5处理的产量为8 754.45 kg/hm<sup>2</sup>,排名第5。S6处理的密度为75 000株/hm<sup>2</sup>,产量最低,为8 365.35 kg/hm<sup>2</sup>。多重比较分析可知,S3处理与S1、S2、S4、S5、S6处理之间差异极显著,S2、S4处理之间差异不显著。方差分析结果显示,区组间 $F=2.09 < F_{0.05}=4.46$ ,说明3次重复间试验数据差异不显著,反映到试验基地的土壤肥力均匀平衡,试验数据可靠、真实;处理间 $F=18.36 > F_{0.01}=7.01$ ,说明各个密度处理间的产量差异达到极显著水平。

表5 不同处理对玉米产量的影响

Table 5 Effects of different treatments on the yield of maize

处理编号 Treatment code	小区产量 Plot yield kg	折合产量 Converted yield//kg/hm <sup>2</sup>	排名 Rank
S1	21.87	9 115.65 bcBC	4
S2	22.50	9 379.65 bBC	3
S3	24.53	10 227.30 aA	1
S4	22.73	9 477.00 bB	2
S5	21.00	8 754.45 cdCD	5
S6	20.07	8 365.35 dD	6

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在0.01水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

### 3 结论与讨论

(1)不同的栽培密度对玉米出苗期没有影响,这与其他学

者研究结果一致<sup>[6]</sup>。玉米发芽出苗主要受土壤中的水分含量、温度以及自身活力的影响,与栽培密度没有必然的联系。生育期方面,栽培密度在45 000~63 000株/hm<sup>2</sup>时,成熟期一致;当栽培密度超过69 000株/hm<sup>2</sup>时,生育期延迟,这可能是由于高密度栽培管理下,种皮形态建成的速度减慢,影响胚乳淀粉粒发育速度<sup>[7]</sup>,导致玉米成熟期推迟,生育期延长。

(2)随着栽培密度的增加,玉米株高和穗位呈上升趋势;随着双穗率降低,倒伏率和倒折率的增加。同时,玉米抗小斑病、南方锈病以及玉米螟的能力减弱,这与栽培密度过大、叶面积增加、互相遮挡、通风透光性差、容易发生病虫害有关。

(3)随着栽培密度的增大,产量呈先上升后下降的趋势,这与其他学者的研究结果具有一致性<sup>[8]</sup>。挖掘品种产量的潜力,关键的栽培措施就是合理密植<sup>[9]</sup>。增加种植密度,理论上增加单株棵数,提高收获果穗数。但是,密度过大会加剧单株间的生物竞争,提高空秆率,变大果穗秃尖,减少单个果穗的粒数,降低百粒重。果穗数的增加难以弥补百粒重的损失,结果导致产量降低<sup>[10-11]</sup>。

(4)试验结果表明,随着种植密度的增加,丰乐303的产量呈先增加后降低的趋势。密度在57 000株/hm<sup>2</sup>时,产量最高,为10 227.30 kg/hm<sup>2</sup>,其物候期、抗病性、农艺性状等生物特征也最为适中。因此,丰乐303在亳州地区的最佳种植密度为57 000株/hm<sup>2</sup>左右。

### 参考文献

- [1] 聂守军, 谢树鹏, 史冬梅, 等. 寒地水稻产量因素间灰色关联度分析[J]. 农业科技通讯, 2009(6): 36-39.
- [2] 侯月, 王冲, 王鹏文. 种植密度对玉米产量和相关生理特性影响的研究[J]. 天津农学院学报, 2016, 23(1): 18-22.
- [3] 王兵, 刘冬玲, 薛林, 等. 密度对玉米生理成熟后籽粒含水量及脱水速率的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(20): 38-40.

(下转第37页)

果穗发育影响产量形成,是值得深入研究的问题。

表 2 不同叶龄喷施金得乐对玉米产量及其构成因素的影响

Table 2 Effects of spraying Jindele at different leaf ages on the yield and its component factors of maize

处理 Treatment	产量 Yield//kg/hm <sup>2</sup>	穗行数 Ear rows//行	行粒数 Grains per row//粒	千粒重 1 000-grain weight//g
6 叶龄 6 leaf age	8 923.2 a	13.5 ab	30.4 a	328.0 abc
7 叶龄 7 leaf age	8 541.8 ab	13.0 abc	29.8 ab	321.0 ab
8 叶龄 8 leaf age	8 317.5 bc	13.0 abc	30.0 ab	319.0 ab
9 叶龄 9 leaf age	7 893.9 cd	12.7 c	29.8 ab	310.7 abc
10 叶龄 10 leaf age	7 743.9 d	12.7 bc	29.9 ab	305.7 bcd
11 叶龄 11 leaf age	7 148.6 e	13.4 abc	28.4 ab	295.3 cd
12 叶龄 12 leaf age	6 990.2 e	13.3 abc	27.6 b	290.3 d
14 叶龄 14 leaf age	8 392.5 abc	13.8 a	30.6 a	293.0 cd
16 叶龄 16 leaf age	8 505.1 ab	13.3 abc	30.1 ab	296.7 cd
18 叶龄 18 leaf age	8 489.2 ab	13.3 abc	30.9 a	307.3 bcd
对照 CK	8 546.8 ab	13.7 a	30.7 a	312.0 abc

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

该研究结果表明,喷施金得乐能显著缩短单株至少 4 个节以上的节间长度。8 叶龄前喷施金得乐能显著缩短单株第 5~12 节不同节间的长度。12 叶龄后喷施金得乐,对基部第 5 和 6 节间长度无影响,影响茎节数上移。18 叶龄喷施金得乐,对穗部以下节间无明显影响,主要影响穗部以上节间长度。穗位以上节间长度缩短,不利于通风透光,无法塑造理想的玉米株型<sup>[10]</sup>,不利于群体构建。第 7 和 8 节间长度与产量呈正相关关系,表明 8 叶龄前喷施金得乐为喷施安全叶龄期。9 叶龄后喷施金得乐玉米产量显著低于对照处理,这可能是由于 9 叶龄时喷施金得乐,正是穗分化关键时期。玉米的叶龄与穗分化有稳定的对应关系,准确记载叶龄可以判断穗分化期。叶龄为 11.8 时,晚熟品种处于雄穗小花分化末期和雌穗小穗分化期;而早熟品种已处于雄穗花粉粒成熟期和雌穗的花丝伸长期。该试验品种弘大 8 号属于中熟品种,9 叶期以后喷施化学调控剂时,其雄穗和雌穗可能已处于分化末期,影响花粉与花丝的形成,进而影响玉米的结实,导致产量下降。赵久然等<sup>[6]</sup>在小喇叭口期至大喇叭口期喷乙炔水溶药剂,结果表明玉米穗行数和穗粒数降低。该研究结果表明,9 和 10 叶龄喷施金得乐显著减少了玉米的穗行数,这与

赵久然等<sup>[6]</sup>结果一致,玉米穗部性状变劣是玉米产量降低的原因。该试验研究了不同叶龄期喷施金得乐对茎部节间长度和产量的影响,旨在确定兼顾抗倒伏与保证丰产稳产的最佳喷施期,结果表明 6~8 叶龄为喷施金得乐的最佳时期。

#### 参考文献

- [1] 宋朝玉,张继余,张清霞,等.玉米倒伏的类型、原因及预防、治理措施[J].作物杂志,2006(1):36-38.
- [2] 刘强,刘铁山,姜东元,等.喷施“金得乐”对玉米生长发育及产量的影响[J].山东农业科学,2009(7):93-94.
- [3] 赵敏,郭建伟,周淑新,等.植物生长调节剂对玉米抗倒性的调控研究进展[J].中国种业,2007(3):14-15.
- [4] 李军虎,杜义英,杨京,等.密度和化控剂对耐密型玉米丰玉 4 号农艺性状及产量的影响[J].种子,2014(3):89-93.
- [5] 何立锋,李敏,李岩,等.化学调控剂对玉米自交系株高及穗上各节间长度的影响[J].玉米科学,2018,26(4):99-104.
- [6] 赵久然,郭景伦,郭强,等.乙烯类药剂处理对玉米果穗发育及穗粒数的影响[J].北京农业科学,1998,16(4):1-3.
- [7] 田晓东,边大红,蔡丽君,等.高密条件下化学调控对夏玉米抗茎倒伏能力的影响[J].华北农学报,2014,29(S1):249-254.
- [8] 赵敏,周淑新,崔彦宏.我国玉米生产中植物生长调节剂的应用研究[J].玉米科学,2006,14(1):127-131.
- [9] 职雨地,李文举,李继平,等.玉米喷施金得乐生长调节剂增产效应的研究[J].河南科技学院学报(自然科学版),2010,38(3):20-24,32.
- [10] 王元东,段民孝,邢锦丰,等.玉米理想株型育种的研究进展与展望[J].玉米科学,2008,16(3):47-50.

(上接第 34 页)

- [4] 邵帅,王国宏,樊勇,等.种植密度对不同玉米品种干物质积累及产量的影响[J].辽宁农业科学,2018(3):1-4.
- [5] 李晓雨.不同玉米品种 110 cm 大垄栽培密度对比试验[J].现代农业科技,2019(1):35,37.
- [6] 吕斌,孙义,杨帆,等.不同栽培密度对玉米产量的影响[J].基层农技推广,2018,6(11):15-17.
- [7] 王庆成,刘霞,李宗新,等.种植密度对玉米种皮形态建成及胚乳淀粉粒

- 发育的影响[J].中国农业科学,2008,41(8):2506-2512.
- [8] 杨贵兰,李新海,李红,等.耐密玉米杂交种密度效应研究[J].玉米科学,2009,17(3):107-112.
- [9] 王丽,金彦刚,夏中华,等.种植密度对玉米苏玉 29 产量及生理特性的影响[J].安徽农学通报,2015,21(6):25-27.
- [10] 任心月.玉米密度试验效果分析[J].现代农业,2017(1):22.
- [11] 侯月,王鹏文.玉米不同种植密度产量结构的差异研究[J].天津农学院学报,2014,21(3):25-27.