



张宇. 不同平作种植模式对玉米叶部性状和产量及品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(11):19-23.

不同平作种植模式对玉米叶部性状和产量及品质的影响

张 宇

(黑龙江省农业科学院 玉米研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为优化黑龙江省南部玉米栽培技术,挖掘玉米增产潜力,本试验采用裂区设计,以郑单 958 为试验材料,主区为 8 种种植方式,副区为 5 种密度,研究不同种植方式下叶绿素含量、叶面积指数、品质的变化。结果表明:平作方式中宽窄行 A8 处理(55 cm+75 cm)叶绿素含量与对照垄作相比提高 4.34%。随密度增加叶绿素含量下降,低密度 B1(5.250 万株·hm⁻²)、B2(6.375 万株·hm⁻²)之间差异不显著,但极显著高于其他密度处理。在各生育期内均提高玉米叶面积,平作方式为 A8(55 cm+75 cm)和 A7(45 cm+85 cm),喇叭口期提高 6.23% 和 4.16%,抽丝期提高 2.95% 和 2.17%,乳熟期提高 2.84% 和 1.13%;不同密度下,高密度(7.500 万株·hm⁻²)B3 和 B4(8.625 万株·hm⁻²)处理明显提高玉米叶面积。玉米籽粒蛋白质、脂肪、淀粉含量与对照垄作相比分别提高 A6(85 cm)1.14%、A4(65 cm)2.27% 和 A7(45 cm+85 cm)0.42%,差异不显著。不同密度下,除淀粉含量随密度增加而增加外,蛋白质、脂肪含量均随密度增加而降低。不同种植方式与密度对籽粒营养品质的影响较小。种植方式和密度改变对玉米叶片的叶面积和叶绿素含量存在显著的影响。在宽窄行种植方式下辅以适宜的较高密度(8.625 万株·hm⁻²)种植,玉米单株绿色叶面积提高较快,叶面积指数(LAI)明显高于等行距种植产量显著增加的同时对玉米籽粒的营养品质也没有显著影响,因此推荐为黑龙江省中南部玉米高产栽培技术。

关键词:玉米;种植方式;密度;品质

玉米是黑龙江省第一大粮食作物^[1],玉米的产量和品质受遗传因素和环境条件的双重影响,研究环境条件及栽培措施对玉米产量及品质的影响对于优质高效玉米生产具有重要意义^[2],因此,通过优化栽培方式和种植密度,改善玉米群体冠层的通风透光性,提高作物群体的光合作用效率和物质生产能力,是最终实现玉米增产的有效途径^[3],本试验在黑龙江省南部地区,探讨垄作、平作种植方式与不同种植密度下,玉米叶面积、叶绿素、产量及其构成、籽粒营养品质等指标的影响,为黑龙江省南部玉米种植优化栽培技术,进一步挖掘玉米产量潜力等方面提供理论依据及相应技术保障。

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米品种为郑单 958。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2015 年在哈尔滨市道

外区民主乡黑龙江省农业科学院试验地进行,试验地地势平坦,土壤种类为草甸黑土,耕层 30 cm,肥力中等,前茬为玉米。试验采用裂区设计,行长 4.0 m,3 次重复,总面积 156 m²。主处理为种植方式,对照(A1)行距 65 cm 均匀垄;其他处理均为平作方式:行距 45 cm(A2)、行距 55 cm(A3)、行距 65 cm(A4)、行距 75 cm(A5)、行距 85 cm 大垄模式(A6)、宽窄行(45 cm+85 cm)(A7)、宽窄行(55 cm+75 cm)(A8);副处理为密度:5.250 万株·hm⁻²(B1)、6.375 万株·hm⁻²(B2)、7.500 万株·hm⁻²(B3)、8.625 万株·hm⁻²(B4)、9.750 万株·hm⁻²(B5);播种日期为 4 月 26 日,收获日期为 9 月 30 日,底肥于前一年秋季一次性基施,肥料为倍丰长效掺混肥,施肥量为 750 kg·hm⁻²。

1.2.2 测定项目及方法

产量:小区样品收获后,测干重,折合 14% 按标准水算公顷产量,保留两位小数。

叶面积:各处理选取长势一致连续 3 株,测量叶片的长和叶片最宽处计算全株叶面积,根据公式(1)计算叶面积指数(LAI)。

$$LAI = LA/GA \quad (1)$$

收稿日期:2019-06-02

基金项目:国家重点研发计划“粮食丰产增效科技创新”重点专项(2018YFD0300103-6)。

作者简介:张宇(1980-),男,硕士,助理研究员,从事玉米栽培及耕作技术研究。E-mail:ymzhsh2003@126.com。

其中 LA,单株叶面积;GA,单株所占土地面积。

叶绿素含量:分别于灌浆期每小区选取 5 株,采用手持式 SPAD-502 型叶绿素计 (Minolta,Ramsey,NJ,USA)测定穗位叶 SPAD 值。

籽粒主要品质性状的测定:品质指标包括蛋白质、脂肪、淀粉,采用 FOSS1241 型近红外谷物品质分析仪测定各项指标。

1.2.3 数据分析 数据采用 DPS 3.01 和Excel 2007

进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植方式与密度对玉米产量的影响

从表 1 可知,对供试品种主、副区各处理的产量进行方差分析,不同种植方式下的产量差异极显著;不同种植密度下的产量差异极显著;种植方式与密度互作下的产量差异也极显著,即种植方式与密度的互作效应明显。

表 1 不同种植方式与密度对玉米产量及叶片特性的影响

Table 1 Effects of culture modes and densities on the yield and leaf traits

处理 Treatments		籽粒产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)	叶面积指数 LAI			叶绿素 SPAD
			喇叭口期 Bugle stage	抽丝期 Silking stage	乳熟期 Milk stage	
种植方式	A1(CK)	11829.20 cB	3.85 abcAB	6.44 abA	5.29 abAB	55.31 abAB
	A2	10989.40 eC	3.47 cB	5.88 cB	5.05 cB	53.20 bB
	A3	11937.90 bcB	3.69 bcAB	6.32 abAB	5.20 bcAB	53.54 bB
	A4	11060.40 deC	3.55 cAB	6.22 bAB	5.24 bcAB	54.24 bAB
	A5	11352.60 dC	3.73 abcAB	6.29 abAB	5.32 abAB	55.02 bAB
	A6	10983.40 eC	3.78 abcAB	6.47 abA	5.39 abA	55.33 abAB
	A7	12521.90 aA	4.01 abAB	6.58 abA	5.35 abA	55.28 abAB
	A8	12222.70 abAB	4.09 aA	6.63 aA	5.44 aA	57.71 aA
	LSD	33.97 * *	3.17 *	4.64 * *	3.95 *	3.45 *
密度	B1	11465.00 bB	3.58 cA	6.04 bB	5.06 cB	58.34 aA
	B2	11386.30 bB	3.66 bcA	6.31 aAB	5.08 bcB	57.55 aA
	B3	12059.20 aA	3.69 abcA	6.49 aA	5.60 aA	54.87 bB
	B4	11910.80 aA	3.94 abA	6.43 aA	5.46 aA	52.63 cC
	B5	11239.60 bB	3.99 aA	6.50 aA	5.23 bB	51.36 cC
	LSD	10.17 * *	2.87 *	4.40 * *	17.70 * *	36.10 * *
种植方式×密度		3.74 * *	0.74 ns	0.67 ns	1.29 ns	1.10 ns

注:*代表显著水平为 P=0.05,**代表极显著水平为 P=0.01,ns代表不显著。同列不同大、小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.01或P<0.05),下同。

Note:“ns”,not significant;“*”,significant at 5% level;“**”,significant at 1%.Values followed by different capital and lowercase letters indicate significant difference at 0.01 or 0.05 level.The same below.

不同种植方式下产量排序为:A7>A8>A3>A1>A5>A4>A2>A6,A7处理的产量12 521.9 kg·hm⁻²,较对照产量提高 5.9%,达到极显著水平,A8处理产量12 222.7 kg·hm⁻²显著高于A1(CK)处理 3.3%,而A3处理与A1处理差异不显著,其他平作处理的产量极显著低于对照A1处理;不同密度下玉米产量排序依次为:B3>B4>B1>B2>B5,中等密度处理B3、B4处

理的产量差异不显著,极显著高于其他密度处理。

2.2 不同种植方式与密度对玉米叶绿素含量的影响

对供试品种种植方式(A)、密度(B)各处理的叶绿素进行方差分析,结果表明:不同种植方式之间,叶绿素差异显著;不同密度之间,叶绿素差异极显著;种植方式与密度互作之间,差异不显著,也就是说不同种植方式与密度之间相互独立,互

作效应不明显。

不同种植方式下叶绿素值具体排序依次为: $A8 > A6 > A1 > A7 > A5 > A4 > A3 > A2$, 仅 $A8(55 \text{ cm} + 75 \text{ cm})$ 与 $A6(85 \text{ cm})$ 的叶绿素高于对照 $A1$ (垄作), $A7(45 \text{ cm} + 85 \text{ cm})$ 低于对照, 且差异不显著; 不同密度之间, 具体排序依次为: $B1 > B2 > B3 > B4 > B5$, 随密度增加叶绿素值下降, $B1(5.250 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2})$ 与 $B2(6.375 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2})$ 之间差异不显著, 但极显著高于其他密度处理, 而高密度 $B4(8.625 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2})$ 与 $B5(9.750 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2})$ 之间差异不显著, 却极显著低于其他密度处理, $B3(7.500 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2})$ 处理极显著低于 $B1$ 、 $B2$ 处理, 同时极显著高于 $B4$ 、 $B5$ 处理。

2.3 不同种植方式与密度对玉米叶面积指数的影响

对供试品种 3 个不同时期的叶面积进行方差分析, 结果表明: 不同种植方式之间, 叶面积差异均达到显著或极显著水平; 不同密度之间, 叶面积差异也达到显著或极显著水平; 种植方式与密度互作之间, 差异均不显著, 也就是说不同种植方式与密度之间相互独立。

不同种植方式下叶面积值排序依次为: 喇叭口期 $A8 > A7 > A1 > A6 > A5 > A3 > A4 > A2$, 对照 $A1$ 的叶面积值虽低于平作的 $A8$ 、 $A7$, 但差异不显著, 同时 $A1$ 与其他平作处理的叶面积值差异不显著; 抽丝期 $A8 > A7 > A6 > A1 > A3 > A5 > A4 > A2$, 对照 $A1$ 的叶面积值处于中间, 仅极显著高于 $A2$ 处理, 与其他平作处理的差异均不显著; 乳熟期 $A8 > A6 > A7 > A5 > A1 > A4 > A3 > A2$, 对照 $A1$ 的叶面积值显著高于 $A2$ 处理, 同时与其他平作方式的叶面积值差异不显著。不同时期的平作处理 $A8$ 、 $A7$ 叶面积值均高于对照 $A1$, 但差异不显著, 说明平作方式相对于垄作确实可增加不同时期的叶面积。

不同密度下叶面积值排序依次为: 喇叭口期 $B5 > B4 > B3 > B2 > B1$, 低密度的 $B1$ 、 $B2$ 处理显著低于高密度 $B5$ 处理, 中间密度 $B3$ 处理叶面积值与其他密度处理差异不显著; 抽丝期 $B5 > B3 > B4 > B2 > B1$, 低密度处理 $B1$ 的叶面积值显著低于其他密度处理, 而除了 $B1$ 处理之外, 其他处理差异均不显著; 乳熟期 $B3 > B4 > B5 > B2 > B1$, 中间密度 $B3$ 、 $B4$ 处理的叶面积差异不显著, 却极显著高于其他密度处理, 最高密度处理 $B5$ 的叶面

积值极显著低于中间密度处理, 同时显著高于低密度处理 $B1$ 的值。不同时期的密度处理下 $B3$ 、 $B4$ 的叶面积值均较高, 且差异不显著, 说明在这两个中等密度下可获得较高的叶面积。

2.4 不同种植方式与密度对玉米籽粒品质的影响

对供试品种主、副区各处理籽粒蛋白质含量进行方差分析, 不同种植方式下的籽粒蛋白质、脂肪、淀粉含量差异不显著; 不同种植密度下籽粒蛋白质、脂肪、淀粉含量差异极显著; 种植方式、密度互作的蛋白质、脂肪、淀粉差异不显著, 说明种植方式与密度是相互独立的, 互作效应不明显。

2.4.1 蛋白质含量 不同种植方式下蛋白质含量排序依次为: $A6 = A8 = A7 > A4 = A3 = A1 > A5 > A2$, 其中对照垄作处理 $A1$ 的蛋白质含量虽然高于 $A5$ 、 $A2$ 处理, 但所有主处理的差异均不显著, 说明改变种植方式对籽粒蛋白质含量并未产生明显的影响; 不同密度下蛋白质含量排序依次为: $B1 > B2 > B3 > B4 > B5$, 随密度增加, 蛋白质含量降低, 最高密度与最低密度之间的蛋白质含量差异极显著, $B2$ 、 $B4$ 处理差异达到显著水平, 说明只有密度增加幅度较大时, 对籽粒蛋白质含量的影响较为明显。

2.4.2 脂肪含量 不同种植方式下籽粒脂肪含量排序依次为: $A4 = A2 = A5 > A8 = A6 = A1 = A7 = A3$, 所有处理下的脂肪含量差异均不显著, 说明种植方式对籽粒脂肪含量的影响较小; 不同种植密度下籽粒脂肪含量排序为: $B1 > B2 > B3 = B4 > B5$, 随密度增加, 脂肪含量降低, 低密度处理 $B1$ 与高密度处理 $B4$ 、 $B5$ 处理差异达到极显著水平, 其他 $B2$ 与 $B3$ 处理差异不显著, 却与 $B5$ 处理差异显著, 高密度与低密度相比, 对籽粒脂肪含量的影响较为明显。

2.4.3 淀粉含量 不同种植方式下淀粉含量排序依次为: $A7 > A3 = A5 = A4 > A1 > A8 > A2 > A6$, 对照 $A1$ 处理的淀粉含量处于中间位置, 但所有处理淀粉含量的差异均不显著, 种植方式对籽粒淀粉含量的影响有限; 不同密度下籽粒淀粉含量排序依次为: $B4 > B5 > B3 = B2 > B1$, $B4$ 与 $B5$ 处理差异不显著, $B4$ 与其他处理差异达到极显著水平, $B5$ 与其他处理差异不显著, 说明 $B4$ 处理下籽粒淀粉含量达到最高值, 其他密度处理均相差无几。

表 2 不同种植方式与密度对籽粒主要营养物质含量的影响

Table 2 Effects of culture modes and densities on the content of grain protein

处理		蛋白质 Protein/%	脂肪 Fat/%	淀粉 Starch/%
种植方式	A1(65 cm)(垄作)	8.8 aA	4.4 aA	71.4 aA
	A2(45 cm)(平作)	8.4 aA	4.5 aA	71.3 aA
	A3(55 cm)(平作)	8.8 aA	4.4 aA	71.6 aA
	A4(65 cm)(平作)	8.8 aA	4.5 aA	71.6 aA
	A5(75 cm)(平作)	8.6 aA	4.5 aA	71.6 aA
	A6(85 cm)(平作)	8.9 aA	4.4 aA	71.2 aA
	A7(45 cm+85 cm)(平作)	8.9 aA	4.4 aA	71.7 aA
	A8(55 cm+75 cm)(平作)	8.9 aA	4.4 aA	71.3 aA
LSD		1.14 ns	0.94 ns	0.85 ns
密度	B1(5.25 万株·hm ⁻²)	9.1 aA	4.6 aA	71.2 bB
	B2(6.375 万株·hm ⁻²)	8.9 abAB	4.5 abAB	71.3 bB
	B3(7.500 万株·hm ⁻²)	8.8 bcABC	4.4 bcABC	71.3 bB
	B4(8.625 万株·hm ⁻²)	8.6 cdBC	4.4 cdBC	71.9 aA
	B5(9.750 万株·hm ⁻²)	8.4 dC	4.3 dC	71.6 abAB
	LSD	6.76 * *	6.28 * *	4.69 * *
种植方式×密度		0.16 ns	0.13 ns	0.93 ns

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

Note: Values followed by different lowercase letters are represented significant at 0.05 level; and different capital letters are represented significant at 0.01 level.

3 结论与讨论

3.1 种植方式与密度对玉米叶片特性的影响

由于玉米产量的形成 95%左右来自光合产物,曹娜等^[4]认为,产量较高的玉米群体叶面积指数较高。玉米从苗期成熟期叶片大小,光合速率高低,直接决定了干物质的积累。黄智鸿等^[5]认为,具有生育后期叶片的长时间高光效是获得作物高产的重要条件。

本试验研究表明,种植方式之间,叶绿素差异达到显著水平;不同密度之间,叶绿素差异达到极显著水平;种植方式与密度互作之间,差异不显著。与对照 A1(65 cm 垄作)相比,A8、A6 处理的叶绿素提高 4.35%、0.04%;B1 与 B2 之间差异不显著,但极显著高于其他密度处理。

不同种植方式之间,叶面积差异均达到显著或极显著水平;不同密度之间,叶面积差异也达到显著或极显著水平;种植方式与密度互作之间,差异均不显著。本试验中与垄作方式相比,宽窄行的平作方式 A8(55 cm+75 cm)、A7(45 cm+85 cm)在玉米生育前期叶面积增长快,喇叭口期提高6.3%、4.1%,抽丝期提高 3.0%、2.3%,乳熟期提

高 2.9%、1.1%;不同密度下,B3(7.500 万株·hm⁻²)、B4(8.625 万株·hm⁻²)处理明显提高玉米叶面积。

所以在宽窄行种植方式下,辅以适宜的较高密度(8.625 万株·hm⁻²)种植,玉米单株绿色叶面积提高较快,叶面积指数(LAI)明显高于对照垄作种植方式,因此可有效提高光能利用率,进而获得高产。这一结论与其他人^[6-7]研究结果一致。

3.2 种植方式与密度对玉米品质的影响

玉米的遗传因素和非遗传因素两方面决定品质的好坏^[8]。玉米的商品性和营养性是玉米生产的关键指标,也是广大玉米工作者开展的重要内容之一,本研究对种植方式及密度的变化等非遗传因素条件下对玉米籽粒营养物质的影响变化做出进一步探索。

不同种植方式下,与对照 A1 相比,平作方式中的大垄及宽窄行种植方式下,玉米籽粒的营养物质百分含量表现出一定的增长趋势,玉米籽粒蛋白质、脂肪、淀粉含量提高最高的分别为 A6(85 cm)1.7%,A4(65 cm)1.2%,A7(45 cm+85 cm)0.4%,差异不显著。不同密度下,蛋白质、脂肪含量均随密度增加而降低。其淀粉含量

在一定密度范围内先上升后下降,这与张树远^[9]的研究结果相仿,另外此试验结果为一年试验数据统计所得出,缺乏重演性,结论需进一步探讨研究。

综合考虑,与传统的垄作方式(65 cm 均匀垄)相比,平作方式尤其是宽窄行 A7(45 cm+85 cm)、A8(55 cm+75 cm),结合适宜的密度 B3~B4(7.500 万~8.625 万株·hm²),可显著提高玉米产量,平作方式中 A7(45 cm+85 cm)、A8(55 cm+75 cm)、A3(55 cm)分别提高产量 5.9%、3.3%和 0.9%。中间密度 B3、B4 的产量极显著高于其他密度。同时籽粒营养品质没有明显下降。因此本研究为黑龙江省南部地区推广玉米平作种植提供了强有力的理论支持与技术保障。

参考文献:

[1] 钱春荣,于洋,宫秀杰,等.黑龙江省不同年代玉米杂交种产量对种植密度和施氮水平的响应[J].作物学报,2012,

38(10):1864-1874.

[2] 刘霞,李宗新,王庆成,等.种植密度对不同粒型玉米品种籽粒灌浆进程、产量及品质的影响[J].玉米科学,2007,15(6):75-78.

[3] 齐华,梁熠,赵明,等.栽培方式对玉米群体结构的调控效应[J].华北农学报,2010,25(3):134-139.

[4] 曹娜,于海秋,王绍斌,等.高产玉米群体冠层结构及光合特性分析[J].玉米科学,2006,14(5):94-97.

[5] 黄智鸿,王思远,包岩,等.超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究[J].玉米科学,2007,15(3):95-98.

[6] 付健,杨克军,王玉凤,等.种植方式和密度对寒地高产玉米品种产量及光合物质生产特性的影响[J].玉米科学,2014,22(6):84-90.

[7] 王敬亚,齐华,梁熠,等.种植方式对春玉米光合特性、干物质积累及产量的影响[J].玉米科学,2009,17(5):113-115,120.

[8] 柳延涛.新疆绿洲高油玉米高产栽培机理及品质特性的研究[D].石河子:石河子大学,2006.

[9] 张树远.栽培方式对寒地玉米群体结构特性及产量品质的影响[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2010.

Effects of Different Flatten Planting Patterns on Leaf Traits and Yield and Grain Quality of Maize

ZHANG Yu

(Institute of Maize, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to optimize the cultivation technology of maize in the south of Heilongjiang Province and tap the potential of increasing yield of maize this experiment used the split-plot design crack zone design, with Zhengdan 958 as the experimental material, the main-plot treatments were 8 planting methods, and the sub-plot was five densities. The changes of chlorophyll content, leaf area index and quality under different planting methods were studied. The main results were as follows: compared with A1(CK), the chlorophyll content of A8 (55 cm+75 cm) was increased by 4.34%. With the increase of the density, the content of chlorophyll was decreased. No significant difference between B1 (52 500 plants·hm⁻²) and B2 (63 750 plants·hm⁻²), but the chlorophyll content of B1 (52 500 plants·hm⁻²) and B2 (63 750 plants·hm⁻²) were significantly higher than other treatments. Compared with A1(CK), the leaf area of A8(55 cm+75 cm) and A7(45 cm+85 cm) were increased by 6.23% and 4.16% at bugle stage, 2.95% and 2.17% at silking stage, 2.84% and 1.13% at milk stage. In different densities, the leaf area of B3(75 000 plants·hm⁻²) and B4(86 250 plants·hm⁻²) were significantly increased than other treatments. Compared with A1(CK), the content of protein, fat and starch were increased by 1.14%, 2.27% and 0.42% at A6(85 cm), A4(65 cm) and A7(45 cm+85 cm) respectively, the difference was not significant. The content of starch increased with the increase of density and the content of protein and fat decreased with the increase of density. The effect of different planting methods and density on the nutritional quality of grains was not obvious. Planting patterns and density changes have a significant effect on leaf area and chlorophyll content of maize leaves. In the wide and narrow row planting mode, supplemented with suitable high density (86 250 plants·hm⁻²), the green leaf area of maize plants increased rapidly, and the leaf area index (LAI) was significantly higher than that of the row spacing planting. At the same time, it has no significant effect on the nutritional quality of maize kernels. Therefore, it is recommended to be a high-yield cultivation technique for maize in the central and southern parts of Heilongjiang Province.

Keywords: maize; culture; density; quality