



密度对高淀粉玉米品种产量及淀粉合成相关酶活性的影响

赵 索,樊景胜,连永利,曲忠诚,徐 婷,武琳琳,董 扬

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:为筛选出适合齐齐哈尔地区的高淀粉玉米品种最佳的栽培方案,选用高淀粉玉米品种齐市一号、绿单一号和齐齐哈尔主栽高淀粉玉米品种鑫鑫一号为试验材料,通过调节种植密度,探讨不同种植密度对高淀粉玉米产量、粗淀粉含量、ADPG 焦磷酸化酶和 UDPG 焦磷酸化酶活性的影响。结果表明:不同种植密度对高淀粉玉米产量影响显著,不同密度条件下,齐市一号产量均高于绿单一号和鑫鑫一号,齐市一号在 70 000 株·hm² 时产量最高,与 70 000 株·hm² 差异不显著,但二者均显著高于其他密度处理。而籽粒中淀粉合成酶 ADPG 焦磷酸化酶和 UDPG 焦磷酸化酶活性齐市一号显著高于其他品种,分别在 70 000 和 90 000 株·hm² 时达到最大值。籽粒中粗淀粉含量齐市一号显著高于其他品种,在 60 000 株·hm² 时达到最大值。综上所述,齐齐哈尔地区选择种植高淀粉玉米品种齐市一号,最适宜种植密度为 70 000 株·hm²。

关键词:高淀粉玉米;产量;粗淀粉含量

玉米在黑龙江省种植面积较大,是黑龙江省第一大粮食和饲料作物,而齐齐哈尔市作为黑龙江省的产粮大市,玉米在齐齐哈尔地区粮食生产中同样占有举足轻重的地位。随着经济的发展和

科学技术的进步,人们对玉米的需求已不再局限于作粮食、饲料和满足传统工业的需要,而是向众多的新领域拓展^[1]。目前,实现高产、优质、专用是现代玉米发展的趋势,同时玉米也由单纯产量向定向品质型、专用型转变^[2]。目前,黑龙江省高淀粉玉米杂交种已应用在生产上,而且产量潜力可与普通玉米相比,但不同年份和不同栽培条件下高淀粉玉米的产量波动较大,玉米的淀粉含量变动也很大,这主要是由于缺乏配套的栽培措施

收稿日期:2018-09-21

第一作者简介:赵索(1986-),女,硕士,研究实习员,从事玉米遗传育种研究。E-mail: zhaosuo_2007@126.com。

通讯作者:樊景胜(1963-),男,学士,副研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail: 939174738@qq.com。

Study on Genetic Diversity of Radish Based on SSR Molecular Markers

LI Shi-sheng, ZHANG Na-na, CHEN Ya-zhu, LI Jing-cai, FANG Yuan-ping, XIANG Jun

(Collaborative Innovation Center for the Characteristic Resources Exploitation of Dabie Mountains, Key Laboratories of Economic Forest Germplasm Improvement and Comprehensive Resources Utilization of Hubei Province, College of Life Science, Huanggang Normal University, Huanggang 438000, China)

Abstract: In order to promote the preservation and breed improvement of radish germplasm resources, nine varieties of radish were used as the experimental materials, which tried to study on genetic diversity the local and conventional radish varieties mentioned above using SSR. Firstly, field characters (leaf shape and skin color) of the above radish materials were observed, then, 9 pairs of SSR primers were screened to detect the above radish samples. The genetic diversity of nine radish species was analyzed by electrophoretic banding and NT-SYS software. The results showed that the nine varieties of radish were divided into two groups, group 1 includes 8 varieties except Qiyehong radish, and each variety showed diversity among different similarity coefficients, group 2 includes only Qiyehong radish. There were two distinct branches in the first group, one branch includes four radishes, Lixiangdagen radish, 734 radish, General radish, and Huangzhou radish, whose skin color is white; another branch includes four radishes, the Yichihong radish, Hongbao radish, 262 radish, and Red garden radish, whose skin color is red, which was consistent with field observations.

Keywords: polyacrylamide gel electrophoresis; SSR molecular markers; radish; genetic diversity; clustering analysis

而导致的高淀粉玉米产量不稳定、品质优势得不到最大发挥。前人对高淀粉玉米产量及品质影响因素研究较多,但玉米的产量和品质受遗传和环境的双重影响^[3-4],目前大部分影响因素尚未统一,尤其是研究针对齐齐哈尔地区高淀粉玉米相配套的栽培技术尚不完善。

根据齐齐哈尔市发展高淀粉玉米生产的实际,设计本研究课题,旨在为该地区高淀粉玉米生产提供配套栽培技术措施。本试验选用齐市一号、绿单一号和齐齐哈尔主栽高淀粉玉米品种鑫鑫一号为试材,通过调节种植密度,找出目前齐齐哈尔地区常规气候和生产条件下,不同密度条件下高淀粉玉米产量和籽粒品质(淀粉含量、淀粉合成酶活性)的变化规律,筛选出最适栽培密度,以期为生产实际提供最佳的栽培方案,促进黑龙江省高淀粉玉米生产,为农民增产增收提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研基地,为大豆玉米轮作区,土壤类型为黑土,年平均气温 3.37℃,玉米季总降雨量为 415 mm。土壤基本理化性状为 pH6.9,土壤有机质含量 17.37 g·kg⁻¹、碱解氮 69.4 mg·kg⁻¹,速效磷 10.7 mg·kg⁻¹,速效钾 80.3 mg·kg⁻¹。

1.2 材料

试验选用高淀粉玉米品种齐市一号、绿单一号和齐齐哈尔主栽高淀粉玉米品种鑫鑫一号为试材,齐市一号、绿单一号由黑龙江省农作物品种审定委员会审定。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用春玉米单种方式,以不同密度和不同杂交种为处理。设 50 000、60 000、70 000、80 000 和 90 000 株·hm⁻² 共 5 种密度处理,选用 3 个品种,采用随机区组排列,分

3 次重复进行籽粒粗淀粉含量测定、相关淀粉合成酶活性测定和收获计产。试验共计 45 个小区,每一小区种植 3 行,行距 0.65 m,小区行长 8 m,小区面积 15.6 m²。2018 年 5 月 10 日用人工点播器按照设计密度的株距进行点播,5 月中下旬出苗,间苗时留整齐一致植株,各品种在成熟期收获。

1.3.2 测定项目及方法 产量性状调查:5 叶期定苗时,在各个重复中,选取叶龄基本一致、可以代表全小区情况的标准株进行叶龄标记,取样调查时作为参考。成熟收获后晾晒到籽粒含水量在国标 14% 时考种。产量为每一处理中 3 个品种小区全部收获脱粒实际产量的平均值。

淀粉含量采用旋光法测定。将样品风干、研磨、通过 100 目筛,精确称取约 3.0 g 样品细粉置于离心管内。脱脂、抑制酶活性、脱糖。加醋酸—氯化钙,煮沸溶解。加沉淀剂然后滤清。用旋光测定管装满滤液,进行旋光度的测定^[5]。

ADPG-PPase 和 UDPG-PPase 活性的测定分别参照 Doehlert 等^[6]和 Thomas^[7]的方法。

1.3.3 数据分析 试验数据应用 Excel 2010 进行统计分析和 SAS v7.05 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 密度对高淀粉玉米产量的影响

从表 1 中可以看出,不同密度处理的玉米籽粒产量呈单峰曲线变化。绿单一号品种随着密度增加,玉米籽粒产量显著降低;鑫鑫一号 70 000 株·hm⁻²,玉米籽粒产量达到最高值,密度由 80 000 株·hm⁻² 增加到 90 000 株·hm⁻²,玉米籽粒产量则逐渐下降。齐市一号密度 80 000 株·hm⁻² 时,玉米籽粒产量达到最高值,与 70 000 株·hm⁻² 差别不显著。齐市一号在产量和耐密性上总体表现最好,明显优于其他两个品种。

表 1 不同种植密度玉米产量的比较

Table 1 Comparison of maizes yield under different plant densities

密度/(株·hm ⁻²) Densities	产量/(kg·hm ⁻²) Yield		
	绿单一号	鑫鑫一号	齐市一号
50000	8633.10±31.85 a	9133.43±16.94 c	10190.00±12.26 d
60000	8436.71±10.87 b	9596.64±29.23 ab	10359.48±33.76 b
70000	8388.79±49.18 bc	9671.74±17.13 a	10517.57±16.06 a
80000	8282.03±37.78 c	9396.37±66.65 b	10518.38±31.17 a
90000	7929.51±104.57 d	8620.92±38.97 d	10283.54±43.08 c

同列不同小写字母代表 0.05 水平差异显著(P<0.05),下同。
Different lowercase in the same line indicate significant difference at 0.05 level(P<0.05),the same below.

2.2 密度对高淀粉玉米淀粉含量的影响

从图 1 中可以看出,不同密度处理下齐市一号粗淀粉含量均显著高于其他两个品种,在 60 000 株·hm⁻² 达到最大值,之后随着密度的增加粗淀粉含量呈下降趋势。绿单一号随密度增加粗淀粉含量增加到 70 000 株·hm⁻² 达到最大值,

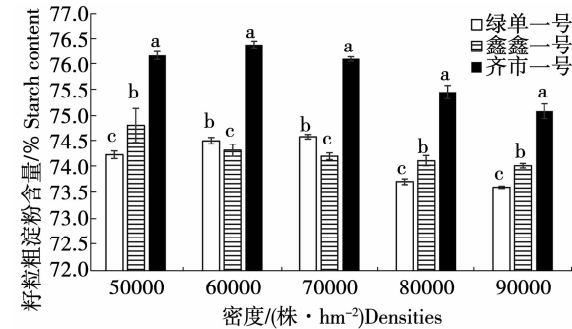


图 1 不同密度对玉米籽粒淀粉含量的影响
Fig.1 Effect of different density on individual starch content of maize

表 2 不同种植密度对籽粒 ADPG 焦磷酸化酶及 UDPG 焦磷酸化酶活性的影响

密度/ (株·hm ⁻²) Densities	籽粒 ADPG 焦磷酸化酶活性/(mg·g ⁻¹ FW·h ⁻¹) ADPG-PPase activity			籽粒 UDPG 焦磷酸化酶活性/(mg·g ⁻¹ FW·h ⁻¹) UDPG-PPase activity		
	绿单一号	鑫鑫一号	齐市一号	绿单一号	鑫鑫一号	齐市一号
50000	21.46±1.09 bc	11.89±1.59 c	31.42±3.12 ab	280.97±11.35 c	276.33±25.31 d	876.25±31.73 b
60000	22.47±2.36 b	12.14±1.10 b	31.26±3.05 bc	327.67±29.08 b	422.62±31.53 b	762.13±32.61 c
70000	25.55±2.11 ab	12.67±1.27 a	32.32±2.26 abc	317.05±31.73 bc	358.91±31.53 c	882.68±21.69 ab
80000	26.63±3.01 a	12.47±1.39 a	31.21±1.19 bc	361.41±23.46 a	403.67±16.53 bc	780.58±18.19 c
90000	21.45±1.44 bc	12.69±1.07 a	31.51±3.12 ab	321.63±16.73 b	481.22±23.15 a	905.33±24.04 a

3 结论与讨论

不同的种植密度会直接影响植株个体光合产物的生产和运输,也会同时会影响水分、养分等的自然吸收和利用,因此,通过调整种植密度,以达到充分利用太阳光照、土壤养分等自然资源的目的,就会发挥玉米生产潜力。同时,种植密度的调整不但影响玉米产量,而且还与玉米籽粒品质有关。有研究表明伴随着种植密度增加可以显著增加玉米的生物产量,而在高密度种植条件下,总干物质产量对籽粒部分的分配逐渐减少^[9],Cox、OitS 等^[10]指出,获得最大的生物产量的种植密度要高于获得最大的籽粒产量种植密度。本试验结果表明,高淀粉玉米群体产量因种植密度的不同而不同,产量开始随着种植密度呈先升高后下降的趋

之后随着密度的增加粗淀粉含量呈下降趋势。鑫鑫一号随密度增加粗淀粉含量呈下降趋势。

2.3 密度对高淀粉玉米淀粉合成相关酶活性的影响

由表 2 可以看出,齐市一号在各密度条件下 ADPG-PPase 活性和 UDPG-PPase 活性高于其他两个品种,ADPG-PPase 活性在 70 000 株·hm⁻² 时达到最大值,UDPG-PPase 活性在 90 000 株·hm⁻² 时达到最大值。绿单一号种植密度 80 000 株·hm⁻² 时玉米籽粒中的 ADPG-PPase 活性显著高于其他各处理,除 70 000 株·hm⁻² 外;绿单一号种植密度 80 000 株·hm⁻² 时玉米籽粒中的 UDPG-PPase 活性显著高于其他各处理。鑫鑫一号玉米籽粒中的 ADPG-PPase 活性随密度增加活性上升,50 000 株·hm⁻² 显著低于 60 000 株·hm⁻²,二者均显著低于其他处理;UDPG-PPase 活性随种植密度增加活性上升,90 000 株·hm⁻² 时达到最大值并显著高于其他各处理。

势,当到达一定适宜的群体密度时,产量达到最大值,不同品种最适密度不同,因此筛选高淀粉玉米最适种植密度具有重要意义。

淀粉、蛋白质和粗脂肪都是评价玉米品质的重要指标。栽培措施影响玉米籽粒品质,种植密度就是其中之一。有研究表明,高种植密度下,群体数量大,个体之间的竞争激烈,从而生长受到了严重影响,使得合成的淀粉减少;低种植密度下,个体生长空间大竞争小,但是群体的数量少,生长的前期叶面积指数相对过小,行间的漏光较严重,群体光能合成的干物质量较少,最终导致合成的淀粉也较少^[11]。本研究结果表明,不同品种间淀粉含量差异较大,同密度条件下齐市一号粗淀粉含量显著高于其他品种。不同的密度直接影响小区淀粉产量,而不同的品种在不同的密度下有不

同的淀粉产量潜力,不同密度小区淀粉产量的差异主要由小区产量和品种差异引起的,此结果与许崇香等^[12]研究相一致。

籽粒淀粉的生物合成是在可溶性淀粉合成酶、束缚态淀粉合成酶、ADPG 焦磷酸化酶和 UDPG 焦磷酸化酶共同催化下完成的。ADPG 焦磷酸化酶催化 1-磷酸葡萄糖形成 ADPG,作为合成淀粉的直接底物,是淀粉生物合成的重要调节位点和枢纽,在籽粒淀粉积累过程中起着关键作用,显著影响淀粉产量^[13]。UDPG-PPase 主要催化 SS 降解蔗糖产生的 UDPG 与无机焦磷酸反应生成 1-磷酸葡萄糖和 UDPG,是籽粒中淀粉合成的第一步^[13]。对 3 个高淀粉玉米品种采用 5 个种植密度研究了密度对籽粒淀粉的生物合成 ADPG 焦磷酸化酶和 UDPG 焦磷酸化酶的影响。结果表明,不同品种本身淀粉合成酶的活性不同,同时又受到密度直接影响,齐市一号玉米籽粒中的 ADPG-PPase 活性和 UDPG-PPase 活性随种植密度增加呈上升-下降-上升趋势,两种酶活性显著高于其他品种。3 个品种统一表现为在种植密度最大时,淀粉生物合成酶活性最强,可能是由于密度的加大使光照受到限制,抑制了淀粉的合成,淀粉生物合成酶活性升高,调节淀粉合成。

参考文献:

[1] 史振声,王志斌,李凤海,等.国内外高直链淀粉玉米的研究[J].辽宁农业科学,2002(1):30-33.

- [2] 李进,阿不来提,李铭东,等.工业用高淀粉玉米及其品质改良[J].新疆农业科学,2000(6):283-285.
- [3] 曹广才.特用玉米[M].北京:中国农业科技出版社,2001:3.
- [4] 于振文.作物栽培学各论(北方本)[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [5] 刘玉兰.密度及氮肥量对高淀粉玉米产量与品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2007.
- [6] Doehlert D C, Kuo T M, Felker F C. Enzymes of sucrose and hexose metabolism in developing kernels of two inbreds of maize[J]. Plant Physiology, 1988, 86: 1013-1019.
- [7] Thomas H. Proteolysis in senescing leaves[M]//Interactions between nitrogen and growth regulators in the control of plant development. Monograph, Oxfordshire: British Plant Growth Regulator Group, 1988: 45-59.
- [8] 洪艳华,时启宏,杨克军.种植密度对高淀粉玉米郑单 19 产量和产量构成因素的影响[J].黑龙江农业科学,2007(9): 10-13.
- [9] 薛珠政,卢和顶,林建新,等.种植密度对玉米单株和群体效应的影响[J].玉米科学,1999,7(2):52-54.
- [10] Sangoi L, Gracietti M A, Rampazzo C, et al. Response of Brazilian maize hybrids from different areas to changes in plant density [J]. Field Crops Research, 2002, 79 (1): 39-51.
- [11] 王明泉.不同种植密度对玉米生理性状、产量和品质影响的研究进展[J].中国农学通报,2014(8):25-30.
- [12] 许崇香,王红霞,左淑珍,等.中早熟玉米品种淀粉积累规律的研究[J].玉米科学,2005,13(4):74-76.
- [13] 张智猛,戴良香,胡昌浩,等.氮素对玉米淀粉累积及相关酶活性的影响[J].作物学报,2005,31(7): 956-962.

Effect of Different Density on Yield and Starch Synthesis Enzyme Activities of High Starch Maize Varieties

ZHAO Suo, FAN Jing-sheng, LIAN Yong-li, QU Zhong-cheng, XU Ting, WU Lin-lin, DONG Yang

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In order to select out the best cultivation scheme of high starch maize varieties suitable for Qiqihar region, the experiment selected the high starch maize variety Qishi No. 1, Lyudan No. 1 and Xinxin No. 1 which mainly planted in Qiqihar as the test materials. By adjusting the planting density, the effects of different planting density on the yield, crude starch content, ADPG-PPase and UDPG-PPase activity of high starch maize were investigated. The results showed that under different density conditions, the yield of Qishi No. 1 was higher than that of Lyudan No. 1 and Xinxin No. 1. The yield of Qishi No. 1 was the highest at 70 000 plants per hectare, but there was no significant difference between Qishi No. 1 and 70 000 plants per hectare, but both of them were significantly higher than other density treatments. The activity in Qishi No. 1 of ADPG-PPase and UDPG-PPase were significantly higher than those of other varieties, the maximum value was reached at 70 000 and 90 000 plant per hectare, respectively. The crude starch content of Qishi No. 1 was significantly higher than that of other varieties, and reached the maximum at 60 000 plant per hectare. To sum up, Qishi No. 1 in Qiqihar area was suitable for planting and the optimum planting density was 70 000 plant per hectare.

Keywords: high starch maize varieties; yield; the content of crude starch