

球形花爆裂玉米爆花品质影响因子研究

孙淑凤, 张喜华, 王志斌, 王晓东, 史振声

(沈阳特亦佳玉米科技有限公司, 沈阳 110866)

摘要: 以国产球形花爆裂玉米佳球 105 为试材, 对影响爆花品质的多种因子进行研究。结果表明, 含水量和成熟度是影响膨爆倍数、爆花率、花形及玉米花大小的主要因子, 其中, 膨爆倍数、花形对水分含量和成熟度反应最为敏感。在含水量 13.4% ~ 13.8% 范围内膨爆倍数达到 27.4 ~ 27.5 倍, 继续增加或降低水分含量则膨爆倍数下降; 含水量在 13.8% 左右时玉米花最大、花形好且球形率较高, 继续降低含水量时花形更加圆滑、美观但玉米花变小。成熟度与子粒体积、粒重、爆花率、膨爆倍数、球花率均呈正相关关系, 同等重量的子粒, 成熟度越高、子粒体积越小, 粒重、爆花率、膨爆倍数、球花率越高。

关键词: 爆裂玉米; 球形花; 含水量; 膨爆倍数; 成熟度

中图分类号: S513.033

文献标识码: A

Study on Influencing Factors of Mushroom Popcorn Quality

SUN Shu-feng, ZHANG Xi-hua, WANG Zhi-bin, WANG Xiao-dong, SHI Zhen-sheng

(Shenyang Teyijia Corn Technology Co., Ltd., Shenyang 110866, China)

Abstract: The domestic mushroom Jiaqiu 105 was used as a test material to study various factors affecting the popping quality. The results showed that water content and maturity were the main factors for expansion multiple, popped flakes rate, popping shape and the size of popping, among them expansion multiple and popping shape were the most sensitive for water content and maturity. Within the range of 13.4% to 13.8% of water content, the expansion multiple reaches 27.4~27.5 times, continue to increase or decrease water content will result in explosion multiple declines; The popcorn was the largest, the popping shape was good and the mushroom popcorn rate was higher while the water content was about 13.8%. When the water content was lower, the flower shape was more sleek and beautiful, but the popcorn becomes smaller. There was a positive correlation between maturity and grain volume, grain weight, popping rate, explosion multiple and mushroom popcorn rate. With the same grain weight, the higher the maturity, the smaller the grain volume and the higher grain weight, popping rate expansion multiple and mushroom popcorn rate.

Key words: Popcorn; Mushroom popcorn; Water content; Expansion multiple; Maturity

爆裂玉米产业在我国已 30 年之久, 我国的爆裂玉米研究也已取得长足进步。1986 年中国农业科学院育成综合种“黄玫瑰”, 1997 年我国育成首个爆裂玉米单交种沈爆 2 号, 2003 年沈爆 3 号、特爆 1 号首批通过国家品种审定^[1-3], 推动了爆裂玉米产业在中国的发展乃至实现了部分替代进口。在育种研究同时, 科研工作者们对爆裂玉米育种技术、品质改

良、栽培措施以及加工技术方面也做了大量的研究工作^[4,5]。

在过去的 30 多年中, 我国育成的爆裂玉米均为蝶形花或蝶形与球形混合型品种。最近几年我国市场上由于焦糖玉米花十分流行, 因此, 球形爆裂玉米成为最热门和最畅销类型, 尤其在即食型玉米花产品中球形花占 80% 以上。由于产业的特殊性加之科研投入及市场等多种原因, 我国球形花爆裂玉米研究相对落后于蝶形花, 因此球形花玉米进口量最大。为了推进我国爆裂玉米科研与产业发展, 实现爆裂玉米国产化, 深入而系统地开展球形花爆裂玉米研究特别是爆花品质研究已迫在眉睫。本文以国产球形花爆裂玉米为试材, 对影响爆花品质的多种

录用日期: 2018-10-22

作者简介: 孙淑凤(1989-), 女, 内蒙古通辽人, 硕士, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: sfecho@sina.cn

史振声为本文通讯作者。Tel: 024-88421178

E-mail: shi.zhensheng@163.com

因子进行研究,为生产提供理论和实践基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为佳球 105,由沈阳特亦佳玉米科技有限公司提供。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 含水量、百粒重、体积的测定

含水量的测定参照 GB 5009.3-2016 规定的 105℃恒重法;百粒重,在爆花取样(120 g,即爆 3 次花所需玉米的重量)的同时数粒,计算百粒重,重复 3 次,以 g/百粒表示;子粒体积,取玉米 120 g,将玉米倒入 100 mL 量筒,读取刻度,计算体积,以 mL/100 g 表示。

1.2.2 不同含水量样品的制备

本研究采用烘干法对整子粒进行烘干制样。取正常成熟的果穗脱粒,称重,保留一份原始样品,其余的在自然条件下风干;当重量不再下降时,利用烘干箱在 70℃下烘干,直至恒重,整个期间跟踪重量变化并保留样品;最后按照 GB 5009.3-2016 规定的 105℃恒重法,确定各样品的最终含水量,分别为 19.7%、18.4%、17.7%、16.6%、15.7%、14.6%、13.8%、13.4%、12.6%、11.3%、9.9%、7.0%、5.6%、5.2%、5.0%、4.8%、1.9% 的 17 个水分梯度样品。

1.2.3 玉米花的爆制

采用 BM-301 型国产气热型小型爆玉米花机爆花,功率 1 100 W。首次爆花之前进行预热,每次爆花后停机 6~7 min 后再进行下一次爆花。每次爆玉米 40 mL,用 1 000 mL 锥形量杯称量玉米花的气界体积。

1.2.4 爆花率、膨爆倍数、球花率、单花体积、单花直径的测定

爆花率=爆开的正常玉米花(有食用价值的)/试爆粒数×100%;膨爆倍数=玉米花体积/试爆玉米粒体积;球花率=球形花个数/玉米花总数×100%;单花体积=玉米花体积/玉米花个数,以 mL/个表示;单花直径=20 颗玉米花直线排列的总长度/20,以 cm/个表示。

1.2.5 爆花时间的测定

始爆时间即爆花起始时间(s),开机至第 1 个玉米花出现所用的时间;爆花总耗时(s)即开机至全部玉米粒爆完花所用的时间。每次爆玉米 40 g,重复 3 次,取平均值。

1.2.6 不同成熟度样品的制备

根据授粉后的天数,收获取样并制备出 11 个不

同成熟度的子粒:授粉后 18 d,此时子粒内部充满浆水,但无硬质;授粉后 24 d,靠近子粒顶端出现硬质;授粉后 30 d,有少部分硬质形成,乳线尚未出现;授粉后 34 d,子粒顶部开始出现乳线;授粉后 38 d,子粒顶端呈现明显的蜡质;授粉后 42 d,乳线贯穿子粒顶端两侧棱角处;授粉后 44 d,乳线近顶端 1/3 处;授粉后 46 d,乳线近顶端 1/2 处;授粉后 48 d,乳线近尖冠 1/3 处;授粉后 50 d,乳线消失,但未形成黑层;授粉后 52 d,子粒完熟,黑层形成。样品风干至最佳含水量范围时进行爆花测定,取样重量 120 g,重复 3 次,取平均值。

1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 处理数据并作图,用 DPS 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 含水量对膨爆倍数的影响

膨爆倍数是评价爆裂玉米品质的主要指标之一,含水量是影响膨爆倍数的最重要外界因子。当含水量达到最佳时膨爆倍数最大,花形、花色、适口性也最好。由图 1 可以看出,膨爆倍数随含水量的变化呈单峰曲线变化,当含水量低于最佳值时,膨爆倍数随含水量的增加而升高;当含水量达到最佳值以后,继续增加水分则膨爆倍数反而下降;含水量在 13.8% 时膨爆倍数达到最大值 27.5 倍。含水量在 13.4%~13.8% 范围内,膨爆倍数变化不大,处于 27.4~27.5 倍,即 13.4%~13.8% 属于最佳含水量范围。膨爆倍数与含水量之间的关系为: $y = -1E-05x^6 + 0.0014x^5 - 0.0501x^4 + 0.7047x^3 - 4.261x^2 + 12.57x - 11.807$, $R^2 = 0.96$, 式中, x 为含水量; y 为膨爆倍数。

2.2 含水量对玉米花直径的影响

玉米花直径大小是重要的商业品质,花大则外形美观、裹糖加工时用糖量少、出产率高。由图 2 可以看出,单花直径随含水量增大而呈单峰曲线变化,在含水量较低时单花直径随含水量的增加而增大,在 13.8% 时达到最大值,平均单花直径为 2.12 cm;继续增加水分时玉米花则开始变小。多项式回归分析表明,含水量与单花大小之间存在非线性回归关系,可用回归方程 $y = -0.0091x^2 + 0.2291x + 0.6402$, 式中, x 为含水量; y 为单花直径, $R^2 = 0.98$ 。这一结果和含水量与膨爆倍数间的变化规律相一致。

2.3 含水量对子粒体积的影响

膨爆倍数是玉米花体积与玉米粒体积的比值,即膨爆倍数的大小与玉米粒体积密切相关。由图 3 可以看出,子粒体积随含水量变化呈“V”字形变化;

在含水量低于13.8%时,子粒体积随含水量的增加而下降;当含水量高于13.8%时,子粒体积反而随含

水量的增加而增大;含水量在13.8%时子粒体积最小,为148 mL/100 g。

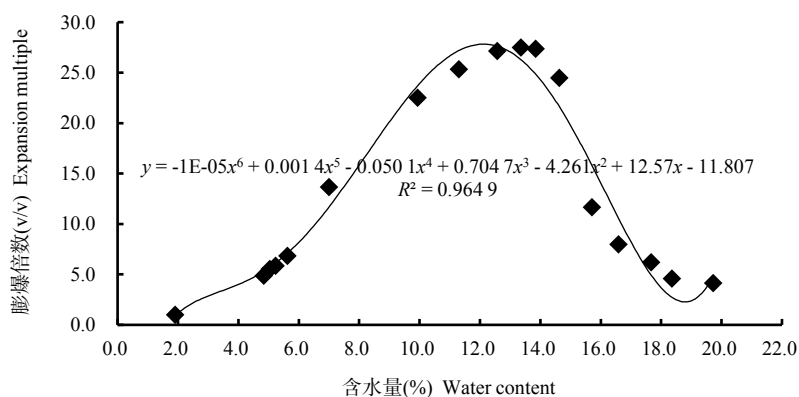


图1 含水量对膨爆倍数的影响

Fig.1 Effect on expansion multiple of water content

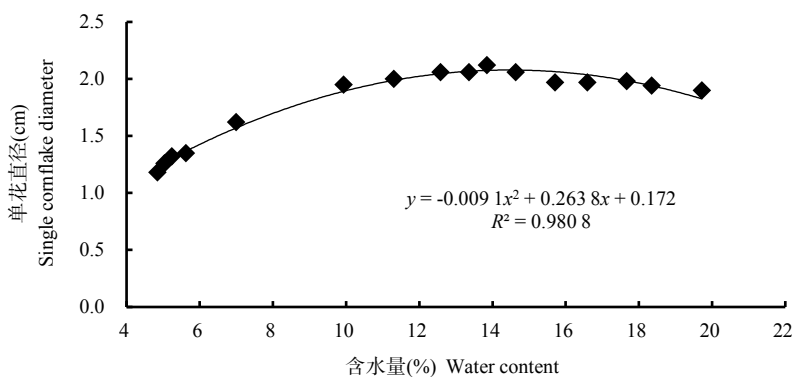


图2 含水量对单花直径的影响

Fig.2 Effect on single cornflake diameter of water content

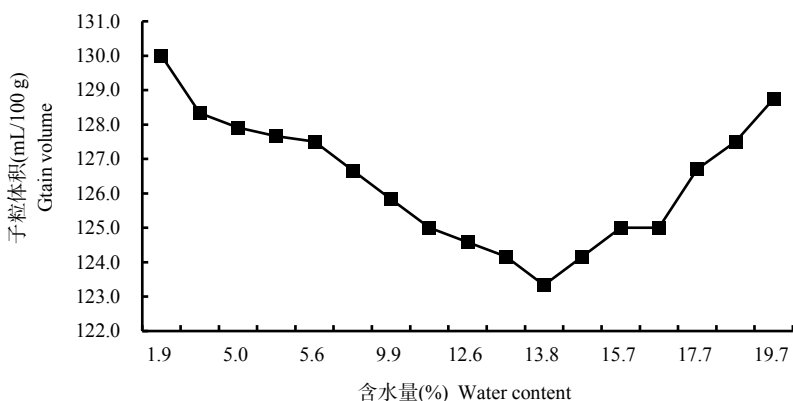


图3 含水量对子粒体积的影响

Fig.3 Effect on grain volume of water content

水分对子粒及玉米花体积的影响,一方面由于子粒吸水膨胀而使体积增大;另一方面又由于子粒体积的增大会使单位容积内玉米粒数即玉米花的个数减少,最终导致膨爆倍数的变化。图4可以看出,含水量在13.8%以下时,随含水量的增加,由粒数减

少导致的体积降低作用大于子粒吸水膨胀对体积的增加作用,最终使体积下降;当含水量超过13.8%时,由粒数减少导致的体积降低的作用要小于子粒吸水膨胀对体积的增加作用,最终使体积增大。

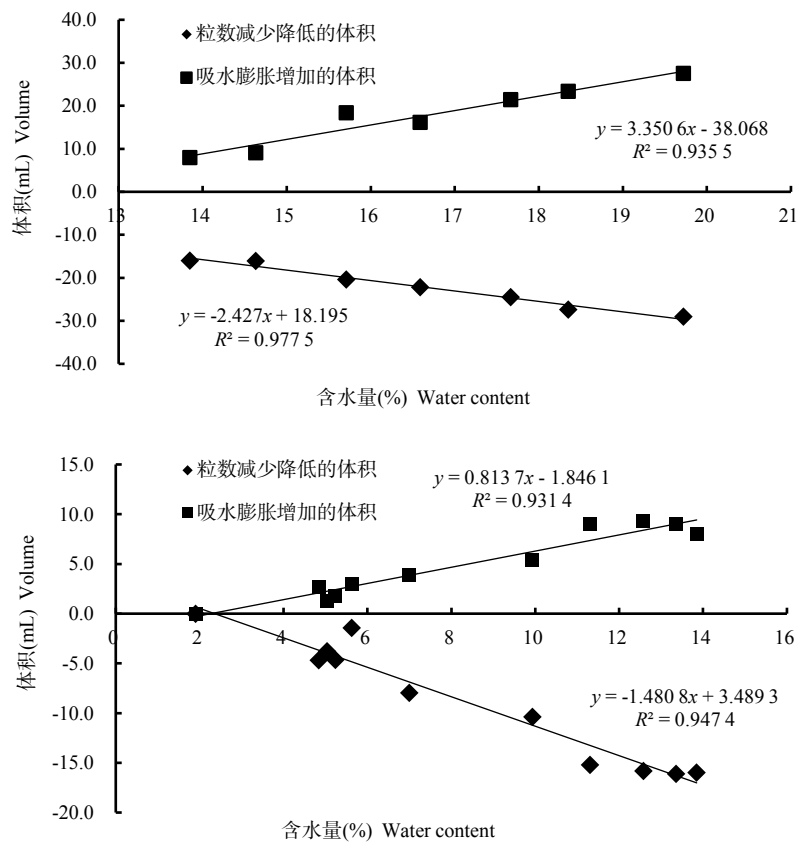


图4 在高于或低于最佳含水量时粒数减少致体积下降与吸水膨胀致体积增加的关系变化
Fig.4 The relationship between volume reduction of seeds number reduction and volume increase of imbibition when above or below the optimum water content

2.4 含水量对球花率、爆花率、单花体积、爆花时间的影响

表1 含水量对球花率、爆花率、单花体积、爆花时间的影响
Table 1 Effect on mushroom popcorn rate, popped flakes rate, completion time of water content

含水量 (%) Water content	球花率(%) Mushroom popcorn rate	爆花率(%) Popped flakes rate	始爆时间(s) Start popping time	爆花总耗时(s) Completion time	单花体积(mL/个) Single popping volume	粒数 Grains	单个子粒体积 (mL/个) Single grain volume
19.7	6	6.1	49	87	1.40	458	0.34
18.4	9	6.5	51	82	1.52	461	0.33
17.7	13	7.7	54	94	2.03	469	0.33
16.6	26	11.6	57	94	2.53	474	0.32
15.7	70	21.6	55	100	3.74	468	0.32
14.6	62	94.1	60	107	7.67	476	0.31
13.8	62	100.0	53	94	8.35	491	0.30
13.4	56	100.0	46	82	8.25	491	0.30
12.6	77	100.0	64	110	8.25	492	0.30
11.3	92	100.0	54	93	7.69	494	0.30
9.9	85	100.0	61	102	6.68	509	0.30
7.0	79	100.0	71	107	4.02	517	0.29
5.6	52	85.3	87	125	1.95	539	0.28
5.2		87.0			1.70	528	0.29
5.0	60	88.1	82	128	1.60	531	0.29
4.8		82.0			1.42	528	0.29

生产上,球形花所占比率即球形率的高低是衡量球形花玉米好坏的最重要指标之一。球形率越高,外观越好,裹糖越容易,用糖量越少,出产率越高,成本也越低。由表1可以看出,球形花比率随含水量的降低整体呈上升趋势,含水量在11.3%时最大,为92%。说明在一定含水量范围内降低含水量有利于球花率的提高;含水量过高或过低都会影响爆花率,在7.0%~13.8%时爆花率均为100%,低于或高于该水分都将导致爆花率下降;含水量过高或过低都将使玉米花体积减小;无论是爆花起始时间还是爆花总耗时,均随含水量的降低而呈增加趋势,表明高水分使蒸汽压升高快进而导致爆花时间提前。

2.5 成熟度对爆花品质的影响

成熟度不仅影响玉米产量,在爆裂玉米中更重要的是影响其品质。成熟度低的子粒,灌浆不充实,胚乳疏松,粒重、子粒体积、容重降低,进而导致爆花率、膨爆倍数、球花率降低,花形差;不成熟的子粒颜色浅淡、光泽度低,且尖冠较长,商业品质差。

由表2、表3可以看出,子粒成熟度与子粒体积呈极显著负相关,子粒成熟度与粒重、爆花率、膨爆倍数、球花率均呈极显著正相关关系。同等重量的子粒,成熟度越高子粒体积越小,粒重越大,爆花率和膨爆倍数越高。可见,适时晚收是保证爆裂玉米品质的重要措施之一。

表2 成熟度对爆花品质的影响
Table 2 Effect on popping quality of maturity

授粉后天数(d) Days after pollination	气界体积 (mL/120 g) Gas volume	爆花率 (%) Popped flakes rate	粒 重 (g/100粒) 100-grain weight	膨爆倍数 Popping exploded multiples	花 形 Flower shape	球花率(%) Typical mushroom popcorn rate
18	199.3	56.0	7.3	6.3	蝶 形	0.0
24	183.3	74.1	8.9	12.8	蘑菇花	0.0
30	174.4	88.0	10.2	15.3	蘑菇花	0.0
34	168.6	95.3	12.6	16.5	中间型	50.0
38	165.5	97.3	13.7	19.1	中间型	63.6
42	156.3	99.7	18.3	21.5	中间型	65.4
44	156.6	99.6	21.8	22.5	近球形	75.0
46	151.0	99.8	22.2	22.8	近球形	76.4
48	148.8	100.0	23.5	26.2	近球形	80.0
50	150.0	100.0	23.3	26.7	球 形	90.9
52	149.0	100.0	24.4	27.5	球 形	100.0

表3 成熟度与爆花品质的相关性
Table 3 Correlation of maturity and burst quality

项 目 Item	气界体积 Gas volume	爆花率 Popped flakes rate	粒 重 100-grain weight	膨爆倍数 Popping exploded multiples	球花率 Mushroom popcorn rate
授粉后天数(d)	-0.98**	0.90**	0.97**	0.99**	0.96**

注:**表示达到1%显著水平。
Note: ** represent significant at the 1% level.

3 结论与讨论

含水量对膨爆倍数及玉米花体积的影响国内外已有较多研究,但研究的对象基本都属于蝶形花或混合花品种。史振声等^[6]研究表明,蝶形花品种沈爆1号在最佳含水量时膨爆倍数最大可达37.9倍。Hallauer A.R.^[7]指出,商业上可接受的蝶形花品种膨

爆体积应达到40 cc/g(相当于我国标准的膨爆倍数35)。史振声等对进口爆裂玉米产品的品质分析表明,蝶形花的膨爆倍数在30~40倍,球形花的膨爆倍数在20~25倍。可见,球形花品种膨爆倍数较低是一种普遍现象。这种差异是玉米花形状即玉米花展开程度不同对空间的占有度不同所致。本试验结果表明,佳球105的最佳含水量在13.4%~13.8%,

与HallauerA.R.等^[8]研究结果一致。

水分对花形的影响在蝶形花品种上似乎无关紧要,但在球形花品种上则十分重要。本试验表明,过高的含水量会导致球形花比率明显下降,当含水量达到或超过14.6%时,玉米花则不够圆滑,表面粗糙呈多刺状;水分偏低时球形率则大幅度提高,且玉米花形状更圆,表面纹理细致,但玉米花体积较小。这一特性提示,在球型花玉米生产中需要更精准地控制水分,可以通过降低含水量来提高球形花比率。

本试验表明,成熟度不足会引起粒重、爆花率、膨爆倍数、球花率下降,但最主要的问题是导致膨爆倍数和球花率的降低。含水量对子粒体积、爆花率及爆花所需时间均有一定影响但影响均较小,在玉米花加工生产中几乎可以忽略。相对于蝶形花而言,球形花爆裂玉米的膨爆倍数较低,对加工品质要求较高。因此,在种植、贮藏、加工生产过程中,对品种选择、土壤条件、肥水调控、田间管理、收获方法、贮藏条件以及在加工过程中都需要更严格的管理。

参考文献:

- [1] 李 丹. 爆裂玉米综合种“黄玫瑰”[J]. 中国种业, 1988(3): 45.
Li D. A Comprehensive seed of popcorn “Yellow Rose”[J]. China Seed Industry, 1988(3): 45. (in Chinese)
- [2] 史振声, 王志斌, 李凤海. 沈爆2号爆裂玉米新品种选育报告[J]. 辽宁农业科学, 2001(4): 48-49.
Shi Z S, Wang Z B, Li F H. Breeding report of popcorn single hybrid Shenbao No.2[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2001(4): 48-49. (in Chinese)
- [3] 史振声, 钟雪梅, 孙淑凤, 等. 中美几个爆裂玉米品种产品品质的比较[J]. 玉米科学, 2018, 26(5): 7-13.
Shi Z S, Zhong X M, Sun S F, et al. Comparison of the quality of popcorn in China and America[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(5): 7-13. (in Chinese)
- [4] 史振声. 综合因素对爆裂玉米花产量和品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1990, 21(专辑): 39-43.
Shi Z S. The effect of comprehensive factors on yield and quality of popping[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1990, 21 (Album): 39-43. (in Chinese)
- [5] 史振声. 我国爆裂玉米科研和产业现状与发展战略[J]. 玉米科学, 2002, 10(3): 3-6.
Shi Z S. Current situation and development strategy on popcorn research and production in China[J]. Journal of Maize Sciences, 2002, 10(3): 3-6. (in Chinese)
- [6] 史振声, 张喜华. 特种玉米育种·栽培·加工[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 1994.
- [7] Arnel R. Hallauer. Special Corns[M]. U.S.: CRC Press LLC, 2001: 7.
- [8] Metzger D D, Hsu K H, Ziegler K E, et al. Effect of moisture content on popcorn popping volume for oil and Hot-Air Popping[J]. Cereal Chem, 1989, 66(3): 247.

(责任编辑: 朴红梅)