

玉米籽粒脱水速率研究进展

师亚琴 孟庆立 杨少伟 张宇文

(陕西省宝鸡市农业科学研究院, 宝鸡 721000)

摘要:籽粒直收技术是当前中国实现玉米全程机械化的“瓶颈”。收获时玉米籽粒含水量偏高是制约该技术应用推广的关键因素。从玉米种质类群、农艺性状入手,综述了影响玉米籽粒脱水速率的各种因素,展望了利用分子标记手段加快材料脱水速率的可能性,以期脱水快、宜机收玉米品种的选育提供科学依据。前人研究表明,籽粒脱水速率快的玉米品种,其籽粒具有果皮薄、籽粒窄且长,苞叶长度适中,苞叶层数少、苞叶和穗轴脱水速率快等特点。在选育脱水速率快的材料中,分子标记辅助育种具有较大的应用潜力。

关键词:玉米;籽粒脱水速率;杂种优势群;农艺性状;分子标记

玉米作为全球第一大作物,我国第一大粮食作物,在畜牧业、工业基础原料以及新能源开发利用上也具有重要的应用价值^[1]。然而随着城镇化和土地流转的加速,生产成本的增加,全程机械化已成为粮食生产的必然趋势,而玉米籽粒直收是玉米全程机械化生产的“瓶颈”。众多研究表明:收获时玉米籽粒含水量偏高不仅影响玉米机械收获效率和收获质量,同时也限制了玉米粒收技术的推广^[2-4]。本文对当前玉米籽粒脱水速率研究进展进行综述。

1 不同玉米杂种优势群籽粒脱水速率的研究

众多研究表明,玉米籽粒的脱水速率受基因加性效应控制,相关遗传参数估计,玉米籽粒脱水速率的广义遗传力为81.24%,狭义遗传力为72.68%,并且可稳定遗传,早代选择有效。因此,掌握各类型玉

米自交系脱水速率的遗传规律,可为选育脱水速率快的玉米品种提供理论依据,对育种工作起到指导作用。

朱宇光等^[5]选用可代表4种不同种质类群、脱水速率差异明显的常用自交系郑58、HD586、PH4CV、08LF、昌7-2、PH6WC和K17作父本,以自选系ZX1-ZX8为母本,组配成56个杂交组合,解析玉米脱水速率与玉米籽粒机收时适宜含水量的遗传机理。结果表明:籽粒含水量在出苗后95d前主要受非加性效应影响,接近收获时主要受加性效应影响,与P.L.Crane^[6]、张立国^[7]研究结果一致。籽粒脱水速率变化明显的关键时期是出苗后的95~98d,在选育宜机收、脱水速率快品种时应重点关注这一时期脱水较快的组合。PH4CV、08LF和ZX7在培育脱水速率快的玉米杂交种方面具有较大的应用潜能。

基金项目:陕西省科技厅重点研发计划(2017ZDXM-NY-01);陕西省农业协同创新与推广联盟(LMZD201701)

4 企业使命

未来,中国种业拥抱世界是必然趋势。中国种企在修炼好内功,读懂自己、读懂环境、读懂行业的基础上,扬帆出海。

随着中国“一带一路”等桥梁的成功搭建,国力的进一步增强,百姓消费水平和档次提升,多方面对中国农业和种业都十分利好。种业须把握趋势,实现企业的跨越式发展。种业是属于高精尖行业,须牢牢把握两个立命之本——人才与资源。中国种企

要勇于在颠覆性技术及创新育种方法上强化投入,构建并不断强化创新人才梯队和种质资源库。同时,还需注重企业知识产权体系建设,为“走出去”做准备。

中国种企需要从自身做起,摆脱“小、散、弱”的现状,构建自己的商业化育种体系,做出特色和特点,朝着集约化、专业化的方向发展,成为中国农业走向世界的先锋部队。

(修回日期:2018-04-20)

郭晋杰等^[8]选取了代表中国玉米主产区在生产上应用的170份种质基础为研究材料,采用烘干法测定170份玉米自交系籽粒脱水速率及其相关性状,利用覆盖玉米全基因组的210对SSR标记进行全基因组扫描,通过Structure V2.3.4软件揭示其群体结构。170份自交系被分成5个杂种优势群,分别为P群、旅大红骨、瑞德、兰卡斯特和塘四平头。各杂种优势群的平均脱水速率表现各不相同,兰卡斯特群脱水速率表现为快-快-快模式;旅大红骨群则是快-慢-快的脱水模式;瑞德群随着灌浆进程的推进呈加快趋势;塘四平头群脱水速率在整个过程中表现都较慢。授粉后40d脱水速率依次是瑞德群0.92%、兰卡斯特群0.85%、旅大红骨群0.82%、混合群0.80%、P群0.76%、塘四平头群0.56%。试验筛选出2年收获时籽粒含水率均低于21%的自交系10份W182bn、RS710、W64a、L127、L135、PHP55、LH162、98F1、697、B37。授粉后40d籽粒的脱水速率均高于1%瑞德群中有1610、W499、468-3、郑32、3335;P群有DH138、802、619、P138;旅大红骨群中有698-3、E601、953、200B、丹9046、海9-21、A619;塘四平头群在该方面表现一般。

2 农艺性状对籽粒脱水速率的影响

研究发现,玉米籽粒形状、果皮物理结构^[6,9]、果皮渗透压^[10]、玉米苞叶包裹度和脱水速率、穗轴脱水速率等影响玉米生理成熟后籽粒的脱水速率。

2.1 玉米籽粒性状对籽粒脱水速率的影响 果皮透性好有利于籽粒快速脱水。郭佳丽等^[11]对56个杂交组合籽粒果皮厚度进行遗传分析,发现果皮厚度与籽粒脱水速率呈负相关,且籽粒厚度主要受遗传控制,以加性效应为主;籽粒的长、宽、厚均与籽粒脱水速率呈正相关,且籽粒长与籽粒脱水速率的相关性显著。张树光等^[12]研究了不同熟期的600余份材料果穗性状与籽粒含水量的关系,发现高产、含水量低的品种具有穗轴细、穗粗适中、籽粒偏硬或中间型、长籽粒、单穗粒重和百粒重均高的特点。张立国等^[13]运用相关分析和通径分析对12个农艺性状与生理成熟后籽粒脱水速率的关系进行了研究,发现粒宽与脱水速率相关性表现为显著正相关,直接通径系数为正值;果皮厚度与玉米

生理成熟后籽粒脱水速率呈极显著负相关,直接通径系数为负值。雷蕾等^[14]研究认为厚籽粒可降低收获时籽粒含水量。张林等^[15]研究发现,随着粒宽增加,收获时籽粒含水量也随之增加,粒长与籽粒生理成熟后的脱水速率或收获时籽粒含水量相关性不大,这与雷蕾等^[14]研究结论基本一致。因此适当降低果皮厚度、粒宽,增加粒长和粒厚可提高生理成熟后籽粒的脱水速率,降低收获时的含水量。

2.2 玉米穗部性状对籽粒脱水速率的影响

H.Z.Cross^[16]研究表明:增加玉米苞叶层数或苞叶干质量会降低籽粒脱水速率,而苞叶过厚、过长或过短都不利于果穗的生长发育和收获。霍仕平等^[17]研究表明,苞叶数和苞叶宽在遗传上符合加性-显性遗传模型,苞叶长和苞叶重除受加性效应影响外,还受显性效应和上位效应影响。何丹等^[18]研究发现,苞叶层数与苞叶干重相关性极显著,苞叶总长、总宽、总面积、干重相互呈显著或极显著相关,且苞叶性状主要受加性基因效应控制。马智艳等^[19]分析了161个杂交种的苞叶性状及其环境效应,苞叶性状同时受基因型、环境以及基因型与环境互作影响。以适宜机收杂交种先玉335为标准,对161个杂交种进行筛选,苞叶长度 (21.47 ± 1.82) cm、层数 ≤ 9.39 、包裹度0.74~0.77为适宜机械收获籽粒的品种标准。

刘思奇等^[20]以德美亚1号、郑单958、先玉335和丹玉39为材料,对影响玉米籽粒含水量和脱水速率的相关性状进行了研究,发现苞叶和穗轴含水量与玉米籽粒含水量呈正相关,苞叶和穗轴脱水速率与籽粒脱水速率呈正相关,苞叶和穗轴脱水快的品种,其玉米籽粒的脱水速率也较快。

3 玉米籽粒脱水速率的分子标记研究

20世纪80年代以来,分子标记研究取得飞速发展。利用分子标记与决定目标性状基因紧密连锁的特点,通过检测分子标记,即可检测到目的基因的存在,达到选择目标性状的目的,具有快速、准确、不受环境条件干扰的优点。随着植物的一些主基因及数量性状位点的发现和定位,一个崭新的分子育种领域正在形成。借助分子标记开展育种工作,可加快育种进程,提高育种效率。

R.G.Sala等^[21]以181份F_{2,3}家系为作图群体,

通过1年2点试验,发现3个控制玉米收获前1周至收获期玉米籽粒脱水速率的QTL。刘显君等^[22]以吉846(脱水快)和掖3189(脱水慢)组配衍生的232个F₇重组自交系为作图群体和性状评价群体,以374对SSR引物进行筛选,构建的遗传连锁图谱含101个SSR标记位点,总长1941.7cM,标记间平均距离为19.22cM;通过1年2点试验,共检测出9个显著影响玉米籽粒生理成熟后脱水速率的QTL,分别位于第2、第3、第4、第5和第6号染色体上,且加性效应均来自亲本吉846,在2个环境下均稳定表达的QTL有2个,分别是qKdr-2-1(chr.2)和QTLqKdr-6-1(chr.6)。

Z.Wang等^[23]以吉846(Ji846)和掖3189(Ye3189)组配的衍生系进行多年多环境下玉米籽粒生理成熟后脱水速率的定位研究,其结果为:通过2年2点田间试验,发现位于第2、第3、第5、第6和第8号染色体上共14个QTL控制玉米籽粒生理成熟后的脱水速率,且加性效应均来自Ji846,其中QTLqKdr-2-1(chr.2)和QTLqKdr-3-6(chr.3)在2个地点均可被定位到,对表型变异贡献率分别为15.59%和10.28%。QTLqKdr-2-1将在分子辅助选育具有较快脱水速率的材料中具有较大的应用潜力。

综上所述,籽粒脱水速率快的玉米品种,其籽粒具有果皮薄、籽粒窄且长,苞叶长度适中、层数少,苞叶和穗轴脱水速率快的特点,应重点对这些性状进行改良和选择。此外,仍存在一些问题需要进一步解决,例如:评判脱水速率最快速有效的指标是什么;在比较脱水速率的时候,如何对不同熟期的材料加以比较;脱水速率与产量、抗性之间的关系等。

参考文献

- [1] Lawrence C J, Walbot V. Translational genomics for bioenergy production from fuelstock grasses: maize as the model species[J]. Plant Cell, 2007, 19(7): 2091-2094
- [2] 李璐璐, 雷晓鹏, 谢瑞之, 等. 夏玉米机械粒收质量影响因素分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11): 2044-2051
- [3] 柴宗文, 王克如, 郭银巧, 等. 玉米机械粒收质量现状及其与含水率的关系[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11): 2036-2043
- [4] 柳枫贺, 王克如, 李健, 等. 影响玉米机械粒收质量因素的分析[J]. 作物杂志, 2013(4): 116-119
- [5] 朱宇光, 韩托, 豆丹丹, 等. 玉米籽粒机收后期脱水速率的配合力分析[J]. 玉米科学, 2017, 25(2): 18-23
- [6] Crane P L. Factors associated with varietal differences in rate of field drying in corn[J]. Agron J, 1959, 51: 318-320
- [7] 张立国. 玉米生理成熟后子粒脱水速率的配合力分析[J]. 作物杂志, 2007(3): 52-55
- [8] 郭晋杰, 赵永锋, 张冬梅, 等. 不同杂种优势群玉米籽粒脱水速率分析[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(1): 39-48
- [9] Purdy J D, Crane P L. Inheritance of drying rate immature corn[J]. Crop Sci, 1967, 7: 294-297
- [10] Troyer A F, Ambrose W B. Plant characteristics affecting field drying rate of ear corn[J]. Crop Sci, 1971, 11(4): 529-531
- [11] 郭佳丽, 吕志尧, 吕颖颖, 等. 玉米粒部性状对籽粒脱水速率的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(4): 33-38
- [12] 张树光, 冯学民, 高树仁, 等. 玉米成熟期子粒含水量与果穗性状的关系[J]. 中国农学通报, 1994, 10(2): 15-17
- [13] 张立国, 范骥骥, 陈喜昌, 等. 玉米生理成熟后子粒脱水速率主要农艺性状的相关分析[J]. 黑龙江农业科学, 2012(3): 1-2
- [14] 雷蕾, 王威振, 方伟, 等. 影响夏玉米生理成熟后子粒脱水的相关因素分析[J]. 玉米科学, 2016, 24(3): 103-109
- [15] 张林, 张宝石, 王霞, 等. 玉米收获期子粒含水量与主要农艺性状相关分析[J]. 东北农业大学学报, 2009(10): 9-12
- [16] Cross H Z. A selection procedure for ear drying-rates in early maize[J]. Euphytica, 1985, 34: 409-418
- [17] 霍仕平, 晏庆久, 许明陆, 等. 玉米果穗苞叶性状的遗传分析[J]. 杂粮作物, 2000, 20(2): 8-12
- [18] 何丹, 王秀全, 刘昌明, 等. 玉米苞叶几个农艺性状的相关关系及其遗传研究[J]. 玉米科学, 2001, 9(1): 43-45
- [19] 马智艳, 董永斌, 乔大河, 等. 不同种质玉米杂交种苞叶性状特征分析[J]. 河南农业科学, 2015, 44(2): 15-18
- [20] 刘思奇, 钟雪梅, 史振声. 玉米果穗各部性状对籽粒含水量和脱水速率的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 130-132
- [21] Sala R G, Andrade F H, Camadro E L. Quantitative trait loci for grain moisture at harvest and field grain drying rate in maize (*Zea mays* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2006, 112: 462-471
- [22] 刘显君, 王振华, 王霞, 等. 玉米籽粒生理成熟后自然脱水速率QTL的初步定位[J]. 作物学报, 2010, 36(1): 47-52
- [23] Wang Z, Wang X, Zhang L, et al. QTL underlying field grain drying rate after physiological maturity in maize (*Zea mays* L.) [J]. Euphytica, 2012, 185(3): 521-528

(收稿日期: 2018-02-11)

更正

接热心读者电话,本刊2018年第4期73页《玉米品种MC812配套高产高效制种与栽培技术》一文提到的“MC812在甘肃制种每667m²产量达到7500kg以上”中数据有误,经编辑再次核实,特此更正为“MC812在甘肃制种每hm²产量达到7500kg以上”。感谢热心读者的监督批评!