

玉米籽粒机收发展及其与品种的关系

王进军, 桑立君*

(铁岭市农业科学院, 辽宁 铁岭 112616)

摘要:玉米籽粒机收是实现全程机械化的重要一环,其发展进程受到了玉米品种的制约。本文通过品种抗倒性、生育期和收获时籽粒含水量三个方面阐述玉米品种与籽粒机收之间的关系,并提出适宜玉米籽粒机收的玉米品种的五点特点。

关键词:玉米;籽粒机收;品种特性

中图分类号:S513;S233.73

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)03-0022-03

Development of Mechanical Harvesting of Maize Grain and Its Relationship with Varieties

WANG Jinjun, SANG Lijun*

(Tieling Academy of Agricultural Sciences, Tieling 112616, China)

Abstract: As an important part of maize's full mechanization, the mechanical harvesting of maize grain was constrained by maize varieties. The relationship between maize varieties and mechanical harvesting of maize grain was discussed through lodging resistance, growth period, moisture content of kernel at harvesting. In this paper, five characteristics of maize varieties which are suitable for mechanical harvesting of maize grain was proposed.

Key words: Maize; Mechanical harvesting of maize grain; Characteristics of variety

玉米作为我国粮食作物的后起之秀,在面积和产量上均超过了小麦、水稻,但是玉米生产的机械化程度却低于小麦、水稻。发达国家玉米生产机械化始于20世纪初,目前玉米已经基本实现全程机械化作业;我国玉米生产的机械化近年来发展迅猛,实现全程机械化的发展目标和进程已提上日程,但也存在一些瓶颈问题,其中玉米籽粒机收作为玉米全程机械化的关键一环成为阻碍全程机械化发展的最大瓶颈之一。

1 国内外玉米籽粒机收的发展历程

1921年澳大利亚昆士兰文巴的艾伦(George Hand)研制出了世界上第一台玉米联合收获机,最终形成了成熟的玉米机械化收获技术。世界各国玉米收获的机械化历程均经历了由玉米收割机、剥皮机和脱粒机的单独推广向摘穗机发展,

最终到联合收割机的过程。目前欧美等西方发达国家多采取一年一季的玉米种植方式,收获时籽粒水分含量很低,且谷物烘干设备已经发展成熟,因此玉米机械化收获均采取摘穗并直接脱粒的方式。当前,世界上农业发达国家最为先进、推广最为广泛的玉米收割设备是玉米割台,它可以将摘穗、脱粒、秸秆粉碎(打包)一次性完成。

我国玉米收获机械的研制起始于1960年,后因“文革”一度中断;1971年中央组织召开全国农业机械化工作会议,玉米收获机械发展进入新时期,经过了引进、使用、仿制、改进国外样机的步伐,最终上升到基础理论研究和自行设计。上世纪八十年代开始的农村联产承包责任制和家庭农场的出现,使得单个生产单位的玉米生产规模较小,在一定程度上阻碍了玉米机械的发展。进入二十一世纪,玉米机械化收获有了长足的发展,尤其是近十年增速非常明显。2003年全国玉米机收水平仅有1.9%,2006年全国玉米机收面积1 248.03千公顷,机收水平4.6%;2011年全国玉米机收面积达到112 000千公顷,机收水平达到了33%;2012年全国玉米机收水平达到了40%,且连续4年增幅超过6个百分点;2014年全国玉米机收水平更是

收稿日期:2018-12-18

基金项目:国家玉米产业技术体系(CARS-02-45)

作者简介:王进军(1979-),男,农艺师,硕士,主要从事玉米遗传育种研究。

通讯作者:桑立君,男,硕士,研究员,E-mail: sanglijun1973@sina.com

达到了49%,虽然已接近一半,但是仍然落后于小麦、水稻的机收水平,后两者的机收水平已分别达到90%和70%。目前,我国玉米机械收获实现大面积推广的主要还是摘穗、剥皮、集箱等过程,推广使用直接可以剥除苞叶并脱粒入库的玉米割台却是比重较小,导致玉米割台推广缓慢的原因有各个方面,其中玉米品种不适宜籽粒机收是重要原因。

2 籽粒机收对玉米品种的要求

2.1 抗倒性

优异的玉米品种需要多个方面突出的抗逆性,如抗倒性、抗病性、耐旱性、耐贫瘠性等。众多抗逆性中对于籽粒机收最为重要的是抗倒性。玉米倒伏对产量的影响从个体层面上讲,是通过降低穗粒数和千粒重来降低产量的,然而籽粒机收需要从群体层面上考虑,玉米群体上的倒伏率会直接形成产量的减产率,因此籽粒机收对倒伏是零容忍的。

曹庆军等综合考虑多方面因素提出了玉米抗茎倒品种的理想株型^[1]。总的来看,品种的抗倒性是由形态学、材料学与力学共同作用决定的。形态学上,玉米茎秆直径与其抗倒性呈正相关,同时节间长度也是影响倒伏的重要指标。程富丽等研究认为第3、4节间茎长与茎粗比值小会增加玉米的抗茎折能力,因此缩短第3、4节间长度对于提高玉米抗茎折能力具有重要意义^[2]。虽然增加茎粗会提高玉米的抗倒性,但是适宜籽粒机收的品种茎秆需要在收获机械和生物量之间取得平衡,因此在保证产量和不影响抗倒性的基础上,需要降低茎粗。株高、穗位也是影响品种倒伏性的重要因素,丰光等报道,倒伏与株高、穗位高的相关极显著,相关系数分别达到0.415和0.367^[3]。Horner等对群体进行7轮选择研究表明,穗位降低9%,倒伏率减少25%^[4]。李川等研究表明玉米品种的穗位高与落穗率呈显著正相关,对籽粒破碎率也有显著的影响,他认为随着穗位高的增加,玉米容易发生倒伏,籽粒机收时果穗不能够完全被收净,从而导致破碎率和落穗率提高^[5]。根系也影响着玉米的抗倒性,刘武仁等研究认为抗倒性品种郑单958的根系发达,其根系干重较先玉335高100%,二者差异达到显著水平,这可以在一定程度上解释生产中郑单958倒伏较先玉335轻^[6]。

从材料学看,茎秆强度作为影响抗倒性的重要因素与茎秆结构、物质构成有关。Thompson D、孙世贤等均研究认为皮层厚度与玉米茎秆倒伏呈负相关^[7-8],增加皮层在茎秆中的比例能提高茎秆的抗压强度。王群瑛等研究表明玉米茎秆内维管束鞘厚度大、维管束密度大、内部机械组织发达,植株的抗倒能力强^[9]。总体上来说,抗倒能力强的玉米茎秆从解剖学上应具有皮层组织厚、机械组织发达、维管束鞘厚、单位面积内维管束多、纤维细胞机械性能好、木质化薄壁细胞多等特性。

在力学方面,与玉米倒伏特性密切相关的指标为拉弯力、压碎力和穿刺力。拉弯力对于玉米的抗倒伏特性最为重要,李得孝研究表明玉米茎倒伏主要受茎粗、穿刺强度和最大拉折力影响,其中最大拉折力影响最大,可以反映品种的抗倒伏能力^[10]。勾玲等使用茎秆最大抗弯应力反映茎秆的抗折能力,同时使用茎秆的弯曲弹性模量反映茎秆的耐密能力,认为可以利用抽雄前茎秆基部弯曲力学性能来评价玉米茎秆的抗倒和耐密性^[11]。袁志华等利用力学理论和方法,提出使用作物茎秆临界力来评价其抗倒伏能力,茎秆临界力适用于包括玉米的多种作物,临界力越大抗倒伏能力越强^[12]。

2.2 生育期

理论上在气候条件允许的情况下,选用生育期较长的品种,可以尽可能多地利用积温,形成较多的干物质,从而提高玉米产量。事实上却不同,调查显示1979~2005年美国玉米品种生育期从125天减少到115天,而玉米单产却增加了50%。因此,延长生育期与玉米产量的提高并不存在必然联系,生育期延长却造成了玉米收获时籽粒含水量较高的缺点,严重制约了玉米籽粒机收的发展。

我国北方玉米成熟时籽粒含水量均在30%以上,最高可达到40%,这样的籽粒含水量完全不能满足籽粒机收。玉米籽粒机收就需要收获时籽粒含水量降低到合理的范围,2017年国家机收试验要求收获时籽粒含水量 $\leq 25\%$ (东北中熟组)或 $\leq 28\%$ (黄淮海夏播组)。由成熟时含水量降到适宜籽粒机收标准,就需要玉米在成熟后继续在田间进行一段时间的降水,今后在玉米籽粒机收生产中,应将玉米籽粒含水量在田间降至适宜区间作为适宜收获期,因此按照农时需要将田间降水时

间预留出来,这就需要在当前品种生育期基础上适当缩短玉米生育期。

2.3 收获时籽粒含水量

收获时玉米籽粒含水量影响着籽粒机收的破碎率、损失率和杂质率等重要指标,因此成为影响籽粒机收的关键问题。柳枫贺研究表明籽粒含水量在11.3%~30.2%范围内时,籽粒含水量与籽粒破碎率显著正相关;籽粒含水量与籽粒损失率极显著负相关,主要影响落穗率,而对落粒率影响较小;籽粒含水量与收获时籽粒中的杂质率呈显著正相关^[13]。王克如、李少昆对西北春玉米区85块玉米籽粒机械收获田块的跟踪调查表明籽粒破碎率、杂质率、落粒率与籽粒含水量之间存在极显著的正相关关系,其中破碎率与籽粒含水量之间关系最为密切,其次为杂质率^[14]。柳枫贺进一步研究表明,以中国(中单909、良玉88、良玉99、农华101)、美国(先玉335)、德国(KWS2564)为代表的不同玉米品种收获时籽粒含水量范围分别为18.6%~30.2%、14.8%~24.4%、19.5%~29.0%,与机收籽粒破碎率、籽粒损失率、杂质率关系不尽相同;中、美、德代表品种收获时籽粒含水量与机收籽粒破碎率均为正相关关系,相关系数分别为 $r=0.13$ 、 $r=0.14$ 、 $r=0.49^*$;中、美、德代表品种收获时籽粒含水量与机收杂质率均为正相关关系,相关系数分别为 $r=0.77^{**}$ 、 $r=0.48$ 、 $r=0.02$;而收获时籽粒含水量与机收籽粒损失率之间的关系在中、美、德品种中差异却不尽相同,且均未达到显著水平^[13]。

作为籽粒机收的重要影响因素,收获时籽粒含水量主要取决于生理成熟前后籽粒的含水量和脱水速率,两个性状具有可遗传特点,具有品种间的差异。Kang等对不同玉米品种进行研究发现晚熟品种收获时籽粒含水量较高,后期籽粒脱水慢^[15]。Hallauer等认为籽粒脱水速率较快的品种在杂交后代中同样具有较快的脱水速率^[16]。李淑芳等研究认为玉米籽粒脱水速率广义遗传力为81.24%,狭义遗传力为72.68%,该性状可高度遗传并可进行后代选择^[17]。关于硬粒型品种和马齿型品种的脱水速率差异具有较大分歧;Troyer等认为硬粒型品种较马齿型籽粒脱水速率更快^[18],但李艳杰等认为马齿型品种脱水快于硬粒型品种^[19]。这可能是由于脱水速率不但与籽粒类型有关,还和苞叶、穗轴、群体结构等多个因素有关。李绍长研究认为玉米灌浆速率快、强度大,籽粒

失水快,从而获得较低的生理成熟时含水量^[20]。李德新对10个生育期相近的玉米杂交种进行研究,显示不同玉米杂交种的籽粒脱水速率变幅为0.983%/d~1.850%/d,收获时籽粒含水量变幅为31.2%~39.1%,两个性状在品种间均具有较大差异,研究表明收获时籽粒含水量与籽粒脱水速率呈显著负相关,因此在育种上通过对脱水速率的选择达到降低收获时籽粒含水量的目的是有效的^[21]。王振华等对38个玉米自交系进行研究,结果表明自然脱水速率在自交系间存在显著差异,变幅为0.326%/d~1.371%/d^[22]。卫勇强等对9个玉米品种进行研究,籽粒自然脱水速率变幅为0.48%/d~0.98%/d,且黑层出现前后均有显著差异^[23]。

虽然上述研究均显示玉米籽粒脱水速率存在品种间的差异,但是各研究间的玉米籽粒脱水速率也不尽相同。玉米籽粒脱水速率本身受数量性状基因调控,不仅受自身遗传因素影响,更受后期环境因素影响,如栽培措施、生态气象因素等,还受两者互作效应的影响。李淑芳等认为对玉米籽粒脱水速率的选择,需要从籽粒发育、农艺性状、籽粒品质等多方面的因素考虑,兼顾亲本效应,对 F_2 代以上群体进行早期选择,并注意外部影响因素^[17]。

3 适宜籽粒机收品种选择的建议

当前我国玉米实现籽粒机收的关键瓶颈在于品种,较好的抗倒性、适当早熟的生育期、收获时较低的籽粒含水量、较快的脱水速度是籽粒机收品种应有的特性。综合以上分析可见,适宜籽粒机收的品种应具有以下主要特点:(1)品种抗倒性较好,特别是生理成熟后抗倒伏性好,倒伏、倒折之和应低于5%,低于3%最佳;(2)品种达到生理成熟时具有较低的籽粒含水量。适宜机收品种在生理成熟时籽粒水分含量应低于30%,低于25%最佳,在收获时可降至20%以下;(3)生育期适当早熟,使玉米在茎秆上基本完成脱水;(4)株型合理、通透性好;苞叶少而蓬松、长度适中,穗轴细、易脱粒,籽粒脱水速率快;(5)茎秆细、韧性好,品种耐密植、籽粒产量高。

参考文献:

- [1] 曹庆军,杨粉团,姜晓莉,等.玉米抗茎倒能力评价及理想株型[J].东北农业科学,2017,42(2):17-21.

- 粒产量影响研究[J]. 中国土壤与肥料, 2009(3): 48-50.
- [11] 高玉山, 刘慧涛, 边秀芝, 等. 吉林省西部淡黑钙土玉米钾肥适宜用量初探[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(2): 39-41.
- [12] 尹彩侠, 谢佳贵, 侯云鹏, 等. 钾对玉米正常生长发育及其生理机能的影响[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(5): 24-25.
- [13] 金凤霞, 颜秀娟, 林艳波, 等. 玉米氮、磷、钾肥料效应的研究[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6): 48-50.
- [14] 孔丽丽, 杨晓丹, 李 前, 等. 钾肥不同施用方式对春玉米钾素吸收、利用和产量的影响[J]. 玉米科学, 2017, 25(3): 111-116, 122.
- [15] 郑福丽, 刘兆辉, 张文君, 等. 不同钾肥用量对玉米产量和土壤养分的影响[J]. 山东农业科学, 2006, 20(6): 50-52.
- [16] 倪大鹏, 刘 强, 阴卫军, 等. 施钾时期和施钾量对玉米产量形成的影响[J]. 山东农业科学, 2007, 21(4): 76-80.
- [17] 于振文, 张 炜, 余松烈. 钾营养对冬小麦养分吸收分配、产量形成和品质的影响[J]. 作物学报, 1996, 22(4): 442-447.
- [18] 李文娟, 何 萍, 金继运. 钾素营养对玉米生育后期干物质和养分积累与转运的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 799-807.
- (责任编辑: 王 昱)

(上接第 24 页)

- [2] 程富丽, 杜 雄, 刘梦星, 等. 玉米倒伏及其对产量的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(1): 105-108.
- [3] 丰 光, 景希强, 李妍妍, 等. 玉米茎秆性状与倒伏性的相关和通径分析[J]. 华北农学报, 2010, 25(S1): 72-74.
- [4] Horner E S, Lutrick M C, Chapman W H, et al. Effect of Recurrent Selection for Combining Ability with a Single-Cross Tester in Maize [J]. Crop Science, 1976, 16(1): 5-8.
- [5] 李 川, 乔江方, 谷利敏, 等. 影响玉米籽粒直接机械化收获质量的生物学性状分析[J]. 华北农学报, 2015, 30(6): 164-169.
- [6] 刘武仁, 郑金玉, 罗 洋, 等. 自然倒伏对玉米根系和产量的影响[J]. 东北农业科学, 2014, 39(1): 6-9.
- [7] Thompson D. L. Stalk Strength of Corn as Measured by Crushing Strength and Rind Thickness1 [J]. Crop Science, 1963, 3: 323-329.
- [8] 孙世贤, 戴俊英, 顾慰连. 氮、磷、钾肥对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 中国农业科学, 1989, 22(3): 28-35.
- [9] 王群瑛, 胡昌浩. 玉米茎秆抗倒特性的解剖研究[J]. 作物学报, 1991, 17(1): 70-75.
- [10] 李得孝. 玉米抗倒性指标及其遗传研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2001.
- [11] 勾 玲, 赵 明, 黄建军, 等. 玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(4): 653-661.
- [12] 袁志华, 冯宝萍, 赵安庆, 等. 作物茎秆抗倒伏的力学分析及综合评价探讨[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 30-31.
- [13] 柳枫贺. 影响玉米机械收粒质量的主要因素研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- [14] 王克如, 李少昆. 玉米籽粒脱水速率影响因素分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11): 2027-2035.
- [15] Kang M. S., Zuber M. S., Horrocks R. D. An electronic probe for estimating ear moisture content of maize [J]. Crop Science, 1978, 18(6): 1083-1084.
- [16] Hallauer A R, Russell W A. Estimates of maturity and its inheritance in maize [J]. Crop Science, 1962, 2(4): 289-294.
- [17] 李淑芳, 张春宵, 路 明, 等. 玉米籽粒自然脱水速率研究进展[J]. 分子植物育种, 2014, 12(4): 825-829.
- [18] Troyer A F, Ambrose W B. Plant characteristics affecting field drying rate of ear corn [J]. Crop Science, 1971, 11(4): 529-531.
- [19] 李艳杰, 史纪明, 鞠成梅, 等. 玉米籽粒水分与品种性状相关性研究初报[J]. 玉米科学, 2000, 8(4): 37-38.
- [20] 李绍长, 周锦瑶, 盛 茜. 五种基因型玉米籽粒灌浆特性的研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1997(3): 190-193.
- [21] 李德新, 宫秀杰, 钱春荣. 玉米籽粒灌浆及脱水速率品种差异与相关分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27): 92-97.
- [22] 王振华, 张忠臣, 常华章, 等. 黑龙江省 38 个玉米自交系生理成熟期及籽粒自然脱水速率的分析[J]. 玉米科学, 2001, 9(2): 53-55.
- [23] 卫勇强, 雷晓兵, 梁晓伟, 等. 不同夏玉米品种籽粒自然脱水速率的研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 167-168.
- (责任编辑: 王 昱)

(上接第 29 页)

- [1] 张桂英, 张喜文, 杨 斌, 等. 不同品种小米淀粉理化特性的主成分分析与聚类分析[J]. 现代食品科技, 2017(11): 224-229.
- [2] 李 星, 王海寰, 沈 群. 不同品种小米品质特性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(7): 248-254.
- [3] 杨 春, 田志芳, 卢健鸣, 等. 小米蛋白质研究进展[J]. 中国粮油学报, 2010(8): 123-128.
- [4] Fan G Y, Yuan J C, Zhang L N, et al. Nutrient Composition of Different Foxtail Millet Seeds[J]. Agricultural Biotechnology, 2018, 7(5): 35-37, 96.
- [5] 李淑杰, 高 鸣, 胡喜连, 等. 优质、抗除草剂谷子新品种公谷 80 的创制与应用[J]. 东北农业科学, 2017, 42(6): 8-9.
- (责任编辑: 王 昱)