

玉米生理成熟后籽粒脱水速率与 主要农艺性状的相关分析

张立国¹, 范骐骥², 陈喜昌¹, 李 波¹, 张 宇¹, 修丽丽³

(1. 黑龙江省农业科学院 玉米研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 3. 黑龙江省香坊实验农场子弟校, 黑龙江 哈尔滨 150038)

摘要:为选育脱水速率快的玉米新品种,以黑龙江省10个熟期相近而脱水速率差异较大的优良玉米自交系为试验材料,采用完全双列杂交设计配置杂交组合,对玉米的百粒重、穗粗等12个农艺性状与玉米生理成熟后籽粒脱水速率进行遗传相关和通径分析。结果表明:穗粗、穗行数、粒宽和胚重/胚乳重与玉米生理成熟后籽粒脱水速率之间均表现为显著或极显著正向相关;百粒重、穗长、胚占籽粒体积比和果皮厚度与玉米生理成熟后籽粒脱水速率之间均表现为极显著负向相关。通径分析结果表明:穗粗、穗行数、粒宽和胚重/胚乳重与玉米生理成熟后籽粒脱水速率直接通径系数为正值,百粒重、穗长、胚占籽粒体积比和果皮厚度与玉米生理成熟后籽粒脱水速率直接通径系数为负值。为获取脱水速率快的玉米,应主要选育果穗短粗、籽粒宽度较大、果皮薄和百粒重小的基因型的玉米杂交种。

关键词:玉米;脱水速率;农艺性状;相关分析

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)03-0001-05

玉米是中国第二大粮食作物,在粮食生产中占有重要地位,2011年全国玉米种植面积已超过3 300万hm²,总产量超过1.9亿t,玉米品种的商品品质受到育种工作者及使用者的极大关注,其中收获期含水量过高是造成玉米品质下降的重要原因之一,多数学者认为收获期含水量是由玉米生理成熟后脱水速率控制的,而选育脱水速率快的杂交种是最直接的方法^[1]。目前在我国玉米生育后期籽粒脱水速率育种研究较少,多停留在理论研究上,没有较一致的结论,为此以黑龙江省常用的东5414等10个熟期相近而脱水速率差异较大的优良玉米自交系为试验材料,采用Griffing方法1组配杂交组合,对玉米的百粒重、穗粗等12个农艺性状与玉米生理成熟后籽粒脱水速率进行遗传相关和通径分析,为选育脱水速率快的资源创造和新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为黑龙江省第一积温带熟期相近而

脱水速率差异较大的10个玉米自交系,即:东5414、东754、444、B73、吉16、3189、东172、81162、吉黄61和Mo17。

1.2 试验设计

按Griffing方法1完全双列杂交设计组配10×10的杂交组合,在东北农业大学实验基地种植这些杂交组合,田间试验对90个杂交组合和10个玉米自交系分别采用随机区组设计,3次重复,3行区,行长6m,行距70cm,株距30cm,小区面积12.6m²。

1.3 测定项目与方法

植株抽丝后,同一天抽丝株用相同标记挂牌,以保证取样天数一致。每小区挂牌20株左右,自抽丝后第45天开始取样,每5d取样1次,至第75天结束,根据抽丝挂牌的时间,每小区每次随机抽取一穗,然后分别立即脱粒,称重(w_1),放入网袋中,挂在温室内风干,风干后称重(w_2),再从风干样中取出20~30g(w_3)装入小盒中,放入(103±2)℃烘箱中烘36h,至恒重(w_4)^[2]。

1.3.1 各时期籽粒含水量的计算和玉米生理成熟期的确定 根据公式:籽粒含水率/% = $\frac{(w_1 w_3 - w_2 w_4)}{w_1 w_3} \times 100$,计算每次取样时的籽粒含水量。同时从风干籽粒中随机取300粒称重,根据风干样的含水率,将其换算成标准水分(14%)

收稿日期:2012-02-10

基金项目:“十二五”国家粮食丰产科技工程资助项目(2011BAD16B11);黑龙江省农业科技创新工程资助项目(2010-01-11)

第一作者简介:张立国(1978-),男,黑龙江省富锦市人,硕士,助理研究员,从事玉米栽培和育种研究。E-mail:zhangli-guo1023@163.com。

的百粒重,作为确定玉米生理成熟期的依据。

1.3.2 生理成熟后 10 d 内籽粒平均脱水速率的计算 平均脱水速率/ $\% \cdot d^{-1} = (\text{生理成熟时含水率} - 10 \text{ d 后含水率})/10$ 。

1.3.3 主要农艺性状的测定 主要产量性状有百粒重、穗粗、穗长、穗行数、行粒数和小区产量;主要籽粒性状有粒宽、果皮厚度、胚占籽粒体积比、胚重/胚乳重、胚乳占籽粒体积比和粒长。

1.4 数据处理

试验结果的数据分析采用 DPS 6.0 数据统

计分析软件和 Excel 2007 来完成。

2 结果与分析

2.1 玉米生理成熟后籽粒脱水速率与玉米产量性状相关分析

2.1.1 玉米生理成熟后籽粒脱水速率与主要产量性状方差分析 对供试杂交组合和自交系的 6 个产量性状与脱水速率进行方差分析可知,供试杂交组合和自交系的 6 个产量性状和脱水速率之间均达到极显著水平,说明杂交组合间籽粒脱水速率和产量性状差异性真实存在(见表 1)。

表 1 各产量性状方差分析

Table 1 Variance analysis for yield traits

性状 Traits	百粒重 100-kernel weight	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Rows per ear	行粒数 Kernels per row	小区产量 Plot yield
F 值	5.0204**	5.339**	4.08**	4.332**	5.55**	4.001**
F _{0.05(99,198)}	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
F _{0.01(99,198)}	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48

2.1.2 玉米生理成熟后籽粒脱水速率与主要产量性状的遗传相关分析 对生理成熟后籽粒脱水速率与 6 个产量性状的相关性进行分析。从表 2 可以看出,穗粗和穗行数与生理成熟后脱水速率达到显著和极显著正相关,遗传相关系数分别为 0.228 8 和 0.413 7,说明适当提高穗行数和穗粗有利于提高生理成熟后籽粒脱水速率。

百粒重和穗长与生理成熟后籽粒脱水速率达

到极显著负相关,遗传相关系数分别为-0.377 2 和-0.344 8,说明适当降低穗长和百粒重有利于提高生理成熟后籽粒脱水速率。行粒数、小区产量与生理成熟后籽粒脱水速率相关较小,遗传相关系数分别为 0.069 9 和-0.004 1,没有达到显著水平,说明脱水速率与产量不矛盾,快速脱水品种的选育不会影响玉米产量的提高。

表 2 产量性状与脱水速率的遗传相关系数阵

Table 2 Genetic correlation coefficient matrix between the yield traits and dry-down rate of kernel

相关系数 Correlation coefficient	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Rows per ear	行粒数 Kernels per row	小区产量 Plot yield	籽粒脱水速率 Dry-down rate of kernel
百粒重 100-kernel weight	0.2841	0.6336	0.1215	0.3098	0.4795	-0.3772**
穗粗 Ear diameter		0.5581	0.5013	0.5578	0.5830	0.2288*
穗长 Ear length			0.3598	0.6151	0.6751	-0.3448**
穗行数 Rows per ear				0.7289	0.6414	0.4137**
行粒数 Kernels per row					0.8245	0.0699
小区产量 Plot yield						-0.0041

2.1.3 主要产量性状对生理成熟后籽粒脱水速率的通径分析 为了进一步明确产量性状各因素对

脱水速率的直接作用和间接作用,对遗传相关系数达到显著水平的性状进行通径分析(见表 3)。

表 3 主要产量性状对脱水速率通径分析

Table 3 Path analysis for main yield traits to dry-down rate of kernel

性状 Traits	直接通径 Direct path	百粒重 100-kernel weight	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Rows per ear
百粒重 100-kernel weight	-0.1366		0.1123	-0.4094	0.0565
穗粗 Ear diameter	0.3953	-0.0388		-0.3606	0.2329
穗长 Ear length	-0.6461	-0.0866	0.2206		0.1672
穗行数 Rows per ear	0.4647	-0.0166	0.1982	-0.2325	

从表 3 可看出,各性状对生理成熟后籽粒脱水速率的直接贡献大小为穗行数(0.464 7) > 穗粗(0.395 3) > 百粒重(−0.136 6) > 穗长(−0.646 1)。

(1)百粒重对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。百粒重与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是−0.136 6,通过穗粗与穗行数所起的间接效应为正值,而通过穗长所起间接效应为负值,其中穗长达到−0.409 4,因此要想选育籽粒脱水速率快的杂交种,就应该选育百粒重略小的,但是要协调好百粒重与穗长的关系。

(2)穗粗对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。穗粗与生理成熟后籽粒脱水速率直接通路系数是0.395 3,通过穗行数所起间接效应为正值,通过百粒重与穗长所起间接效应为负值,其穗长达到−0.360 6,选育脱水速率快的杂交种,穗应该较粗,但是要协调好穗粗与穗长和穗行数之间的关系。

(3)穗长对生理成熟后脱水速率的影响。穗

长与与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是−0.646 1,通过穗粗与穗行数所起的间接效应为正值,而通过百粒重所起间接效应为负值,因此短穗玉米有利于籽粒快速脱水,但是也要协调好穗长与穗粗、百粒重、穗行数之间的关系。

(4)穗行数对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。穗行数与生理成熟后籽粒脱水速率直接通路系数是0.464 7,通过百粒重和穗长所起的间接效应为负值,而通过穗粗起间接效应为正值,所以穗行数的增加有利于籽粒快速脱水。但是要协调好穗行数与穗粗和穗长的关系。

2.2 生理成熟后籽粒脱水速率与籽粒性状相关分析

2.2.1 主要籽粒性状方差分析 供试杂交组合和自交系的 6 个籽粒性状的方差分析表明,供试杂交组合和自交系的 6 个籽粒性状间均达到极显著水平,说明供试材料的籽粒性状间存在真实差异(见表 4)。

表 4 籽粒性状方差分析

Table 4 Variance analysis of kernel traits

性状 Traits	粒宽 Kernel width	果皮厚度 Pericarp thickness	胚占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	胚重/胚乳重 Rate of embryo weight to endosperm	胚乳占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	粒长 Kernel length
F 值	3.424 **	22.1917 **	1.625 **	5.794 **	17.187 **	3.689 **
F _{0.05 (99,198)}	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
F _{0.01 (99,198)}	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48

2.2.2 玉米生理成熟后籽粒脱水速率与主要籽粒性状的遗传相关分析 由表 5 可以看出,胚占籽粒体积比、果皮厚度与生理成熟后籽粒脱水速率达到极显著负相关,遗传相关系数分别为−0.415 6、−0.542 5,说明适当降低果皮厚度、胚占籽粒体积比有利于提高生理成熟后籽粒脱水速率。粒宽、胚重/胚乳重与生理成熟后籽粒脱水

速率达到极显著正相关,遗传相关系数分别为0.695 6、0.515 0,说明适当提高粒宽、胚重/胚乳重有利于提高生理成熟后籽粒脱水速率。粒长、胚乳占籽粒体积比与生理成熟后籽粒脱水速率相关系数较小,遗传相关系数分别为−0.006 9、0.077 0,没有达到显著水平,说明粒长、胚乳占籽粒体积比对生理成熟后籽粒脱水速率影响不大。

表 5 籽粒性状与脱水速率的遗传相关系数阵

Table 5 Genetic correlation coefficient matrix between kernel traits and dry-down rate of kernel

相关系数 Correlation coefficient	果皮厚度 Pericarp thickness	粒宽 Kernel width	胚重/胚乳重 Rate of embryo weight to endosperm weight	胚乳占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	粒长 Kernel length	籽粒脱水速率 Dry-down rate of kernel
胚占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	0.4846	−0.3234	−0.2032	−0.1548	0.5086	−0.4156 **
果皮厚度 Pericarp thickness		−0.4779	−0.3188	−0.1679	−0.037	−0.5425 **
粒宽 Kernel width			0.6135	0.1418	−0.0100	0.6965 **
胚重/胚乳重 Rate of embryo weight to endosperm weight				−0.0816	0.1032	0.5150 **
胚乳占籽粒体积比 Volume rate of endosperm to kernel					0.2246	0.0770
粒长 Kernel length						−0.0069

2.2.3 主要籽粒性状对生理成熟后籽粒脱水速率的通路分析 为了进一步明确籽粒性状各因素对脱水速率的直接作用和间接作用,对遗传相关系数达到显著水平的性状进行通路分析(见表6)。

表6 主要籽粒性状对脱水速率通路分析

Table 6 Path analysis for main kernel traits to dry-down rate of kernel

性状 Traits	直接通路 Direct path	胚占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	果皮厚度 Pericarp thickness	粒宽 Kernel width	胚重/胚乳重 Rate of embryo weight to endosperm weight
胚占籽粒体积比 Volume rate of embryo to kernel	-0.1345		-0.1016	-0.1528	-0.0266
果皮厚度 Pericarp thickness	-0.2098	-0.0651		-0.2257	-0.0417
粒宽 Kernel width	0.4723	0.0435	0.1002		0.0803
胚重/胚乳重 Rate of embryo weight to endosperm weight	0.1310	0.0273	0.0669	0.2898	

(1)胚占籽粒体积比对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。胚占籽粒体积比与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是-0.1345,通过果皮厚度、粒宽、胚重/胚乳重所起的都是间接负效应,其中粒宽所起间接效应达到-0.1528,说明降低胚占籽粒体积比,可以提高生理成熟后籽粒脱水速率,但是粒宽所起效应相对较大,因此在胚占籽粒体积比进行选择时,应主要考虑粒宽与胚占籽粒体积比的相互关系。同时也要考虑果皮厚度、胚重/胚乳重的搭配。

(2)果皮厚度对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。果皮厚度与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是-0.2098,通过胚占籽粒体积比、粒宽、胚重/胚乳重所起间接效应都为负值,可见粒宽对籽粒脱水速率间接效应最大,为-0.2257,选择果皮薄的杂交种有利于籽粒快速脱水。同时要协调好果皮厚度与粒宽的相关关系。

(3)粒宽对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。粒宽与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是0.4723,通过胚占籽粒体积比、果皮厚度、胚重/胚乳重所起间接效应都为正值,使得粒宽成为贡献率最大的性状。籽粒的宽度应该选择宽一些,有利于籽粒快速脱水。

(4)胚重/胚乳重对生理成熟后籽粒脱水速率的影响。胚重/胚乳重与生理成熟后籽粒脱水速率的直接通路系数是0.1310,而通过粒宽、果皮厚度、胚占籽粒体积比所起间接效应都为正值,主要是粒宽起效应最大为0.2898,胚重/胚乳重适当的增加,有利于籽粒快速脱水。但是要协调好

从表6可看出,各性状对生理成熟后籽粒脱水速率的直接贡献大小为粒宽(0.4723)>胚重/胚乳重(0.1310)>胚占籽粒体积比(-0.1345)>果皮厚度(-0.2098)。

胚重/胚乳重与粒宽的关系。

3 结论与讨论

关于生理成熟后籽粒脱水速率与产量性状的相关研究较多,但观点各异。李艳杰等^[3]指出百粒重与脱水速率呈显著负相关。该文研究结果表明百粒重与生理成熟后籽粒脱水速率呈极显著负相关,这与前人结果基本一致。Purdy^[4]和谷思玉^[3]研究指出较小的果穗有利于加快生理成熟后籽粒脱水速率,但 Misevic 等^[6]研究表明,生理成熟后籽粒脱水速率与果穗长呈显著或极显著正相关,但品种间有差异。该试验研究表明穗长与生理成熟籽粒脱水速率呈极显著负相关,这与 Purdy^[4]和谷思玉^[5]研究结果一致,而与 Misevic 等^[6]研究结果相反,还有待于进一步研究。

吕香玲^[7]和闫淑琴等^[8]在研究玉米籽粒脱水速率的遗传与性状相关中指出脱水速率与穗粗负相关,而杨村^[9]指出,穗粗与生理成熟时籽粒脱水速率呈正相关。该文试验研究结果表明,穗粗与生理成熟时籽粒脱水速率呈正相关,这与杨村结果一致,而与吕香玲和闫淑琴研究结果相反,需进一步细致研究。Crane 等^[10]指出,籽粒干燥速度间接与籽粒渗透压有关,而直接与果皮的渗透性有关。该文试验研究表明,果皮厚度与生理成熟后籽粒脱水速率达到极显著负相关,这与 Grane 指出果皮透性好利于籽粒快速脱水的结论基本一致。

该试验还得出,粒长与生理成熟后籽粒脱水速率相关系数较小,没有达到显著水平,说明粒长对生理成熟后籽粒脱水速率影响不大。同时胚乳

占籽粒体积比与生理成熟后籽粒脱水速率相关系数较小,没有达到显著水平,说明胚乳占籽粒体积比对生理成熟后籽粒脱水速率影响不大,胚占籽粒体积与生理成熟后籽粒脱水速率呈极显著负相关,说明胚占籽粒体积适当减少有利于籽粒快速脱水。胚重/胚乳重与生理成熟后籽粒脱水速率达到极显著正相关,且直接效应为正值,表明胚重/胚乳重对生理成熟后籽粒脱水速率影响较大,在今后的育种中值得注意。

为获得脱水速率快的玉米杂交种,应着重选育果穗短粗、籽粒宽度较大、果皮薄、百粒重小的基因型。同时协调好果穗长短、果穗粗细、籽粒宽度、果皮厚度、百粒重之间的关系,才能选育出脱水速率快的玉米杂交种。

参考文献:

- [1] 张林,张宝石,王霞,等. 玉米收获期籽粒含水量与主要农艺性状相关分析[J]. 东北农业大学学报,2009,40(10):9-12.
- [2] 张立国,张林,金益,等. 玉米生理成熟后籽粒脱水速率与品质性状的相关分析[J]. 东北农业大学学报,2007,38(5):582-585.
- [3] 李艳杰. 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.
- [4] Purdy J D, Crane P L. Inheritance of drying rate immature corn[J]. Crop Sci., 1967, 7: 294-297.
- [5] 谷思玉. 玉米成熟时籽粒脱水速率配合力及相关性状的分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学,1991.
- [6] Miseric D, Jones R J, Kang M S, et al. Twenty four cycles of phenotypic recurrent selection for percent oil in maize: I. persend test-cross performance[J]. Crop Sci., 1989, 29(2): 320-324.
- [7] 吕香玲. 玉米籽粒含水量及脱水速率的遗传与性状相关[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2000.
- [8] 闫淑琴,苏俊,李春霞,等. 玉米籽粒灌浆、脱水速率的相关与通径分析[J]. 黑龙江农业科学,2007(4):1-4.
- [9] 杨村. 玉米籽粒水分含量及脱水速率的遗传研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,1997.
- [10] Crane P L, Hicks D R, Cross H Z, et al. Factors associated with varietal differences in rate of field drying in corn[J]. Agron. J. 1959, 51: 318-320.

Correlation Analysis on Dry-down Rate and Main Agricultural Traits in Maize after Physiological Maturity

ZHANG Li-guo¹, FAN Qi-ji², CHEN Xi-chang¹, LI Bo¹, ZHANG Yu¹, XIU Li-li³

(1. Maize Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Agronomy College of Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319; 3. Children School of Heilongjiang Xiangfang Experimental Farm, Harbin, Heilongjiang 150038)

Abstract: In order to breed new maize variety with rapid dry-down rate, a set of complete diallel cross used 10 inbred lines with different dry-down rate in Heilongjiang province was adopted to study genetic correlation and path analysis between 12 main agricultural traits and dry-down rate after physiological maturity. The results showed that the performance of 4 traits including the ear diameter, rows per ear, kernel width and rate of embryo weight to endosperm weight were significantly positively corrected with kernel dry-down rate, and the performance of 4 traits including 100-kernels weight, ear length, volume rate of embryo to kernel and pericarp thickness were significantly negatively corrected with kernel dry-down rate. Path analysis showed that the direct path coefficients of 4 traits including the ear diameter, rows per ear, kernel width and rate of embryo weight to endosperm weight and kernel dry-down rate after physiological maturity were positive, and the 4 traits including 100-kernels weight, ear length, volume rate of embryo to kernel and pericarp thickness were negative. The maize hybrid with rapid dry-down rate should be wide and short ear, wide kernel, thin pericarp, low 100-kernels weight.

Key words: maize; dry-down rate; agronomic traits; correlation analysis