

文章编号: 1005-0906(2015)01-0085-07

1970s ~ 2000s 玉米主栽品种灌浆与脱水速率研究

刘艳秋¹, 李明顺², 李新海², 雍洪军², 颜娜², 周志强²,
张 晓 星², 夏仁培², 张德贵², 郝转芳², 翁建峰²,
白 丽², 史振声¹, 张世煌²

(1. 沈阳农业大学特种玉米研究所, 沈阳 110161; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘 要: 1970s 推广玉米单交种, 标志着我国利用玉米杂种优势育种从选育双交种转向选育单交种为主的阶段。不同年代玉米单交种的灌浆与脱水速率随着年代的更替所呈现的变化规律尚未引起关注。试验于 2013 年在中国农业科学院试验基地进行, 以 1970s ~ 2000s 大面积推广的 14 份单交种为试验材料, 对不同年代玉米单交种各个时期的子粒、苞叶、穗轴含水量进行分析, 计算和分析子粒、穗轴和苞叶的脱水速率及子粒灌浆速率。结果表明, 2000 年以后审定的新品种子粒灌浆速率快于以前的老品种; 新品种的子粒百粒干重高于老品种; 新品种的穗轴、苞叶和子粒的含水量均高于老品种。穗轴脱水速率则老品种明显快于新品种; 子粒、苞叶脱水速率在不同年代品种之间并无明显差异。

关键词: 玉米; 年代; 灌浆速率; 脱水速率

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Preliminary Study on Grain Filling and Dehydration Rate of Maize Hybrids Used Predominantly in 1970s–2000s

LIU Yan-qiu¹, LI Ming-shun², LI Xin-hai², YONG Hong-jun², YAN Na², ZHOU Zhi-qiang²,
ZHANG Xiao-xing², XIA Ren-pei², ZHANG De-gui², HAO Zhuan-fang²,
WENG Jian-feng², BAI Li², SHI Zhen-sheng¹, ZHANG Shi-huang²

(1. *Institute of Specialty Corn, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;*

2. *Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: With the release of maize single-cross hybrids in 1970s, it marks the transition of hybrid maize breeding from double-crosses to single-crosses in China. The objective of this study was to analyze the variation patterns of grain filling and dehydration rates among different maize single-cross hybrids with the decades when the hybrids released. Fourteen maize hybrids used predominantly in 4 decades, released from 1970s–2000s, were directly investigated for grain moisture, husk moisture and cob moisture in the Beijing experiment station of Chinese Academy of Agricultural Sciences, in 2013. Grain filling rate and dehydration rate, cob and husk were further calculated. The results showed that the modern hybrids performed higher moisture in cob, husk and grain than older hybrids. The same result was found for the trait of 100-grain weight. Modern hybrids showed a faster grain filling rate, but a slower cob dehydration rate than older hybrids. There was no significant variation identified in grain and husk dehydration rates.

Key words: Maize; Decade; Grain Filling rate; Dehydration rate

收稿日期: 2014-12-10

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-02-01)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项

作者简介: 刘艳秋(1989-), 女, 内蒙古赤峰人, 硕士, 从事玉米遗传育种研究。Tel: 13261108561 E-mail: liuyanqiu1017@163.com

李明顺为并列第一作者(1973-), 男, 河北昌黎人, 博士, 副研究员, 从事玉米遗传育种研究。E-mail: limingshun@caas.cn

史振声和张世煌为本文通讯作者。沈阳农业大学特种玉米研究所、中国农业科学院作物科学研究所对本文同等贡献。

20世纪70年代推广杂交种以来,我国玉米产量大幅度升高^[1,2]。慈晓科等^[3]计算的遗传产量增益,在1970s~2000s期间我国玉米育种对总产量增益的贡献率为52.9%。为了追求高产,生产上越来越倾向推广种植晚熟品种,致使部分品种收获时子粒含水量较高或不能按期成熟^[4]。玉米子粒收获时的最适含水量应在20%以下。中国北方春播玉米收获时子粒含水量在30%~40%^[5],导致收获后堆积晾晒过程中子粒霉变,直接影响产品的商用品质。另外,子粒含水量过高不利于机械收获,给予粒干燥、储藏等后续生产环节带来困难和增加成本。

玉米子粒产量与子粒灌浆特性关系密切,灌浆速率和灌浆持续时间决定最终子粒产量^[6,7],直接影响着玉米子粒整个生理期的含水量。目前,国内外对玉米子粒灌浆和脱水速率的研究多集中在影响玉米灌浆和脱水速率的性状和环境方面,针对不同生育时期的玉米灌浆和脱水速率的变化规律研究报道很少,不同年代培育的玉米品种灌浆和脱水速率的相关研究尚未引起重视。在提高普通玉米产量的同时,提高玉米的商用品质,能够满足机械化收获的需求,降低玉米干燥、贮藏及收获成本是当前玉米育种面临的新课题。本试验选取我国20世纪70年代以来,年推广面积超过66.7万hm²的玉米单交种作为试验材料,研究不同年代玉米种子粒灌浆与脱水速率的变化规律。试验在75 000株/hm²的种植密度下,在不同生育时期对玉米子粒的百粒干重、含水量、灌浆和脱水速率进行分析,从而了解和掌握14份玉米单交种子粒百粒干重、含水量、灌浆和脱水速率的变化特点;了解不同生育时期不同材料子粒百粒干重、含水量、子粒灌浆与脱水速率的变化;分析玉米灌浆和脱水速率的变化规律,为当前育种方向提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用20世纪70年代以来大面积推广的玉米单交种。1970s品种为中单2号、吉单101;1980s品种为掖单4号、沈单7号、丹玉13和掖单2号;1990s品种为本玉9号、掖单13、四单19和农大108。2000s品种为郑单958、沈单16、鲁单981和登海9号。

1.2 试验方法

试验于2013年在中国农科院试验基地进行。采用裂区设计,75 000株/hm²的种植密度,设3次重复,两次重复取样,1次重复收获测产。5行区,行长5 m,行距60 cm。吐丝期套袋,选择生长一致的植

株统一授粉,记录授粉日期,以便后续取样。授粉后5 d开始取样,之后每10 d取样1次,直到收获共取样7次。由于部分倒折,掖单13和四单19授粉的样本量只够6次取样。

1.3 测定方法

将每次取样的苞叶、穗轴、子粒分开并称鲜重,之后放入烘箱105℃杀青30 min,80℃烘干至恒重,称干重。子粒灌浆速率=(后1次百粒干重-前1次百粒干重)/两次取样间隔天数^[8],子粒灌浆速率为每百粒玉米种子每天增加干物质的重量(g);含水量=(鲜重-烘干重)/鲜重×100%;脱水速率=(前1次含水量-后1次含水量)/两次取样相隔天数。依照上述公式计算穗轴、苞叶脱水速率与子粒灌浆速率。

利用Excel 2007和SAS统计软件计算自授粉5 d后每次取样期间的穗轴、苞叶和子粒的含水量及子粒灌浆和脱水速率,对试验数据进行描述性统计,并对其在不同品系间、不同取样时间进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 玉米单交种含水量、百粒干重、子粒灌浆与脱水速率方差分析

表1结果表明,玉米子粒、苞叶和穗轴的含水量及子粒干重在重复之间差异不显著,品种之间、不同取样时间都有极显著差异。方差分析表明,不同品种的子粒、苞叶和穗轴的含水量随基因型和年代的不同存在显著差异。

2.2 不同年代玉米单交种子粒灌浆、子粒脱水、苞叶脱水及穗轴脱水速率的方差分析

表2结果表明,苞叶和子粒的脱水速率在不同品种之间、重复之间差异不显著,穗轴脱水速率和子粒灌浆速率在品种之间、重复之间差异显著或极显著。

2.3 玉米授粉后不同时期子粒、穗轴、苞叶的含水量和百粒干重的分析

穗轴含水量:随着不同年代品种的更替而降低,不同品种之间存在一定差异。在授粉5 d时各品种的穗轴含水量差异不大,均在86.1%~93.1%之间,本玉9号最高,达93.1%;中单2号最低,为86.1%。吉单101收获时含水量最低,为48.5%,其次是掖单2号;最高的是鲁单981,为66.7%,其次是沈单16和郑单958,为63.9%和63.5%。在灌浆过程中,穗轴含水量下降得平稳缓慢,到收获时含水量仍然较高(51%~66.7%)。

苞叶含水量:授粉后5~65 d,14个品种的苞叶

平均含水量分别为83.1%、77.2%、74.3%、68.8%、43.8%、21.7%和16.1%，前期下降缓慢，后期下降较快。在授粉5d时各品种的苞叶含水量差异不大，在80.0%~87.1%之间。收获时吉单101和本玉9号苞

叶含水量最低，均为11.3%；郑单958为12.1%。2000s的沈单16在整个生育期间含水量都很高，且下降缓慢，收获时苞叶含水量最高，为23.7%；其次是登海9号，为20.7%。

表1 玉米子粒含水量、苞叶含水量、穗轴含水量及百粒干重方差分析

Table 1 ANOVA for grain moisture, husk moisture, cob moisture and grain dry weight

变异来源 ABC	穗轴含水量 Cob moisture			苞叶含水量 Husk moisture			子粒含水量 Grain moisture			子粒干重 Grain dry weight		
	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值
	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value
模型	97	0.038 28	35.53***	97	0.2720 9	105.21***	97	0.182 2	850.96***	97	601.2 0	159.77***
品种	13	0.016 35	15.18***	13	0.0497 8	19.25***	13	0.014 4	67.38***	13	84.95 1	22.58***
授粉后天数	6	0.463 67	430.35***	6	3.536 5	1 367.47***	6	2.447 7	11 430.30***	6	7 908. 4	2 101.60***
重复	5	0.000 5	0.47	5	0.005 1	2.01	5	0.000 1	0.47	5	3.093 2	0.82
误差	318	0.001 0		307	0.002 5		328	0.000 2		230	3.762 9	

注：*、**和***分别表示达到0.05、0.01和0.001显著水平。下表同。

Note: *, ** and *** indicated significance at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively. The same below.

表2 不同年代玉米苞叶、穗轴和子粒脱水速率与灌浆速率的方差分析

Table 2 Analysis of variance for husk dehydration rate, cob dehydration rate, grain filling and dehydration rate (ANOVA)

变异来源 ABC	穗轴脱水速率 Cob dehydration rate			苞叶脱水速率 Husk dehydration rate			子粒脱水速率 Grain dehydration rate			子粒灌浆速率 Grain filling rate		
	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值	自由度	均方	F值
	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value	DF	MS	F-value
模型	82	0.317 2	7.68***	82	2.276 6	11.47***	82	0.538 7	21.89***	82	0.200 9	6.29***
品种	13	0.097 9	2.37*	13	0.056 7	0.29	13	0.035 39	1.44	13	0.048 60	1.52**
授粉后天数	5	2.036 4	49.27***	5	23.164 9	116.71***	5	6.871 7	279.20***	5	2.553 8	79.94***
重复	1	0.002 38	0.06	1	0.009 3	0.05	1	0.002 0	0.08	1	0.000 89	0.000 1
误差	59	0.041 33		59	0.198 4		59	0.024 6		59	0.031 94	

表3 授粉后14份单交种不同时期穗轴含水量分析

Table 3 Analysis of maize cob moisture in different days after pollination of 14 single cross hybrids

品种 Cultivar	年代 Era	授粉后不同天数(d) Different days after pollination							%
		5	15	25	35	45	55	65	
中单2号	1970s	86.173	79.823	72.260	71.627	64.918	61.236	58.177	
吉单101	1970s	87.001	71.449	64.726	60.181	57.429	53.561	48.565	
掖单4号	1980s	87.596	75.649	69.471	66.675	61.931	57.104	54.876	
丹玉13	1980s	87.711	79.143	78.898	70.351	66.423	60.155	53.764	
掖单2号	1980s	86.723	80.786	69.194	66.862	63.847	58.865	51.703	
沈单7号	1980s	89.936	76.109	70.128	67.304	62.498	57.112	55.141	
本玉9号	1990s	93.158	79.383	73.112	71.056	63.524	58.268	51.083	
掖单13	1990s	86.648	76.506	71.931	65.305	64.916	63.020	-	
四单19	1990s	86.378	78.860	68.266	65.518	63.062	62.950	-	
农大108	1990s	89.416	68.534	66.573	61.188	60.857	57.322	55.648	
郑单958	2000s	88.408	71.208	66.268	65.325	65.076	63.747	63.566	
沈单16	2000s	86.283	75.940	70.864	69.228	68.194	64.221	63.888	
鲁单981	2000s	87.691	73.086	71.933	70.924	68.498	68.407	66.724	
登海9号	2000s	87.149	77.041	69.667	66.737	64.436	63.425	63.243	

注：“-”是由于倒折样本量不够，没有数据。下表同。

Note: - refers to no data owing to pour down. The same below.

表4 授粉后14份单交种不同时期苞叶含水量分析

Table 4 Analysis of husk moisture in different days after pollination of 14 single cross hybrids

%

品种 Cultivar	年代 Era	授粉后不同天数(d) Different days after pollination						
		5	15	25	35	45	55	65
中单2号	1970s	82.113	77.216	74.549	67.049	39.050	22.916	19.688
吉单101	1970s	80.070	70.311	68.111	60.888	40.462	18.294	11.399
掖单4号	1980s	82.067	75.719	69.851	55.384	30.701	15.890	13.146
丹玉13	1980s	87.150	78.440	75.333	66.804	26.751	15.260	12.842
掖单2号	1980s	81.699	77.503	76.039	72.905	45.637	28.957	17.386
沈单7号	1980s	87.040	79.209	76.475	73.168	61.659	30.401	17.495
本玉9号	1990s	81.807	73.251	72.777	67.332	36.960	19.806	11.368
掖单13	1990s	81.362	80.577	75.385	74.724	50.387	21.455	-
四单19	1990s	83.824	76.924	76.775	74.239	26.368	14.700	-
农大108	1990s	81.813	77.319	76.106	74.486	60.048	32.484	17.298
郑单958	2000s	84.660	76.726	76.468	67.912	55.041	15.641	12.165
沈单16	2000s	82.928	77.864	75.942	71.265	52.850	25.619	23.765
鲁单981	2000s	81.971	77.965	74.385	66.326	44.941	19.656	16.978
登海9号	2000s	85.561	82.447	73.149	71.845	43.222	24.067	20.726

子粒平均含水量:授粉后5~65 d,14个品种的子粒平均含水量分别是89.1%、71.5%、54.5%、43.9%、35.4%、29.5%、24.4%,玉米品种子粒含水量前期下降较快,后期下降缓慢。在授粉5 d时各品种的子粒含水量差异不大,在87.2%~90.6%之间。

中单2号子粒含水量前期下降较慢,后期下降较快,授粉后5~25 d的含水量为88.9%、74.1%、60.6%;到授粉后35 d时含水量下降到46.5%,下降近15个百分点;从35 d到65 d以每天10%的速度下降,到收获时降到了14.4%。

1980s的掖单4号,收获时含水量为20.3%。掖单4号子粒含水量一直处于较低水平,从授粉15 d到55 d,子粒含水量在所有品种中一直处于最低值;到收获时(授粉65 d)中单2号的子粒含水量才超过掖单4号。

2000s的鲁单981子粒含水量下降较缓,收获时含水量高达29.4%,处于最高水平;同年代的郑单958子粒含水量下降缓慢,收获时含水量较高,达27.3%。1990s品种农大108在整个灌浆期子粒含水量都较高,且含水量下降缓慢,收获时高达29.1%。

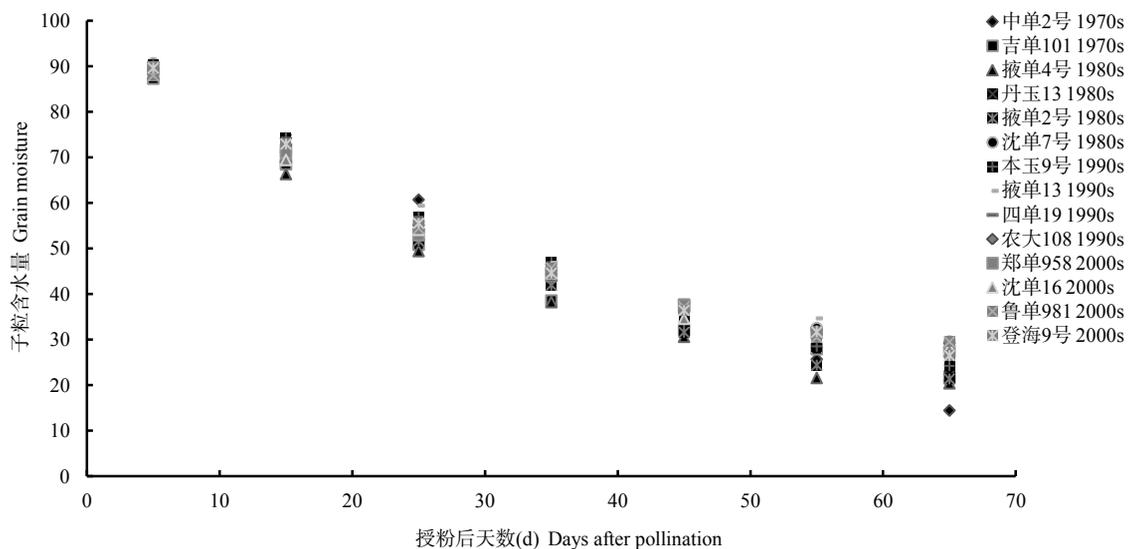


图1 授粉以后14份单交种子粒含水量的变化

Fig.1 The grain moisture of 14 single cross hybrids after pollination

子粒百粒干重结果表明,2000s品种鲁单981、沈单16子粒干重在各个时期均明显高于其他品种,收获时分别达到42.9和45.0 g。1990s的农大108子粒干重也很高,收获时高达38.3 g。1980s的掖单2号

子粒干重处于较低水平,收获时百粒干重为34.1 g。1970s的品种吉单101处于最低水平,收获时子粒干重为32.5 g。

表5 授粉后14份单交种不同时期子粒干重分析

Table 5 Analysis of grain dry weight in different days after pollination of 14 single cross hybrids

g

品种 Cultivar	年代 Era	授粉后不同天数(d) Different days after pollination						
		5	15	25	35	45	55	65
中单2号	1970s	1.088	7.554	19.517	26.299	33.305	34.255	34.743
吉单101	1970s	0.917	8.282	17.695	24.322	31.574	32.484	32.570
掖单4号	1980s	0.707	8.495	19.855	27.053	33.265	33.309	35.048
丹玉13	1980s	0.896	8.149	19.764	25.969	34.197	35.543	35.681
掖单2号	1980s	0.928	7.686	20.441	28.476	32.962	33.607	34.185
沈单7号	1980s	0.623	7.475	16.761	23.923	33.414	33.546	36.592
本玉9号	1990s	0.726	7.954	19.950	29.144	35.789	37.664	38.220
掖单13	1990s	0.629	7.949	15.588	25.132	33.965	37.175	-
四单19	1990s	0.555	7.476	18.868	25.951	30.499	30.534	-
农大108	1990s	0.659	7.568	17.724	27.543	32.960	36.412	38.383
郑单958	2000s	0.690	8.212	18.501	26.222	32.371	34.147	36.881
沈单16	2000s	0.595	9.713	22.516	33.984	42.238	44.047	45.050
鲁单981	2000s	0.873	8.931	21.116	32.869	41.191	42.009	42.942
登海9号	2000s	0.545	7.649	20.933	29.083	34.363	37.530	39.991

2.4 14份玉米单交种穗轴脱水速率、子粒灌浆速率的分析

不同玉米品种穗轴脱水速率出现的高峰时间不同,吉单101、掖单4号、丹玉13、沈单7号、本玉9号、掖单13、农大108、郑单958、沈单16、登海9号、鲁单981都在授粉后15 d出现峰值,分别为每天脱水1.55%、1.18%、0.85%、1.38%、1.37%、1.01%、

2.08%、1.72%、1.03%、1.01%、1.46%;中单2号、掖单2号、四单19在授粉后25 d出现峰值,分别为每天脱水0.75%、1.15%、1.05%。

1970s品种吉单101穗轴脱水速率较快,授粉后15 d脱水速率为1.56%,收获时脱水速率是0.49%;同年代品种中单2号在授粉后35 d时穗轴脱水速率达到0.063%,45 d上升到0.67%,收获时为0.30%。

表6 授粉后14份单交种不同时期穗轴脱水速率分析

Table 6 Analysis of cob dehydration rate in different days after pollination of 14 single cross hybrids

%/d

品种 Cultivar	年代 Era	授粉后不同天数(d) Different days after pollination						
		15	25	35	45	55	65	
中单2号	1970s	0.635	0.756	0.063	0.671	0.368	0.306	
吉单101	1970s	1.555	0.672	0.454	0.275	0.387	0.499	
掖单4号	1980s	1.195	0.618	0.280	0.474	0.483	0.223	
丹玉13	1980s	0.857	0.025	0.855	0.393	0.627	0.639	
掖单2号	1980s	0.594	1.159	0.233	0.301	0.498	0.716	
沈单7号	1980s	1.383	0.598	0.282	0.481	0.539	0.197	
本玉9号	1990s	1.378	0.627	0.206	0.753	0.526	0.718	
掖单13	1990s	1.014	0.457	0.663	0.228	0.190	-	
四单19	1990s	0.752	1.059	0.275	0.246	0.011	-	
农大108	1990s	2.088	0.196	0.539	0.033	0.353	0.167	
郑单958	2000s	1.720	0.494	0.094	0.025	0.133	0.018	
沈单16	2000s	1.034	0.508	0.164	0.103	0.397	0.033	
鲁单981	2000s	1.460	0.115	0.101	0.243	0.177	0.168	
登海9号	2000s	1.011	0.737	0.293	0.331	0.101	0.119	

1980s 品种掖单2号穗轴脱水速率较平缓,在授粉后 25 d 达到峰值 1.15%,随后逐渐下降,但一直较高,到收获时为 0.71%。

1990s 品种农大 108 授粉后 15 d 脱水速率很高,达到了 2.08%,之后快速下降,到收获时降到了 0.16%。

2000s 品种郑单 958 与农大 108 相仿,在授粉 15 d 时穗轴脱水速率达到峰值 1.72%,之后快速下降,收获时穗轴脱水速率为 0.018%;沈单 16 穗轴含水量一直较高,直到收获时含水量也依然高达 63.8%,但该品种穗轴的脱水速率一直较慢,收获时脱水速率只有 0.03%。

表 7 授粉后 14 份单交种不同时期子粒灌浆速率分析

Table 7 Analysis of grain filling rate in different days after pollination of 14 single cross hybrids g/d

品种 Cultivar	年代 Era	授粉后不同天数(d) Different days after pollination					
		15	25	35	45	55	65
中单 2 号	1970s	0.647	1.196	0.678	0.701	0.095	0.049
吉单 101	1970s	0.737	0.941	0.663	0.725	0.091	0.009
掖单 4 号	1980s	0.779	1.136	0.720	0.621	0.004	0.174
丹玉 13	1980s	0.725	1.161	0.621	0.823	0.135	0.014
掖单 2 号	1980s	0.676	1.275	0.804	0.449	0.065	0.058
沈单 7 号	1980s	0.685	0.929	0.716	0.949	0.013	0.305
本玉 9 号	1990s	0.723	1.200	0.919	0.664	0.187	0.056
掖单 13	1990s	0.732	0.764	0.954	0.883	0.321	-
四单 19	1990s	0.692	1.139	0.708	0.455	0.003	-
农大 108	1990s	0.691	1.016	0.982	0.542	0.345	0.197
郑单 958	2000s	0.752	1.029	0.772	0.615	0.178	0.273
沈单 16	2000s	0.912	1.280	1.147	0.825	0.181	0.100
鲁单 981	2000s	0.806	1.218	1.175	0.832	0.082	0.093
登海 9 号	2000s	0.710	1.328	0.815	0.528	0.317	0.246

子粒灌浆速率呈单峰曲线,不同品种峰值出现时间不一样。中单 2 号、吉单 101、掖单 4 号、丹玉 13、掖单 2 号、沈单 7 号、本玉 9 号、四单 19、农大 108、郑单 958、鲁单 981、登海 9 号、沈单 16 在授粉后 25 d 出现峰值,分别为 1.19、0.84、1.13、1.16、1.27、0.94、1.19、1.13、1.01、1.02、1.21、1.32、1.28 g/d;沈单 7 号在授粉后 45 d 出现峰值,但峰值较低,为 0.94 g/d;掖单 13 在授粉后 35 d 出现峰值,峰值也比较低,为 0.95 g/d。1970s 品种中单 2 号、1980s 品种掖单 2 号子粒灌浆速率在整个灌浆期都比较平稳,在授粉后 25 d 达到峰值,分别为 1.19、1.27 g/d,之后下降,收获时为 0.049、0.058 g/d。1990s 品种农大 108 授粉后 15~35 d 灌浆速率都较高,随后缓慢下降,收获时为 0.19 g/d。2000s 品种登海 9 号在授粉后 25 d 最高,为 1.32 g/d,授粉 35 d 时降到了 0.81 g/d,随后缓慢下降,收获时为 0.24 g/d。

3 结论与讨论

我国育种家在不同年代、不同的生产需求和环境条件下,选育了具有不同优良适应性的玉米品种。中单 2 号是我国具有里程碑意义的玉米品种,

其推广面积和推广年限都是我国其他玉米品种很难超越的。本研究结果表明,中单 2 号最大的优点是收获时子粒含水量低,仅为 14.4%。中单 2 号授粉 5 d 后的子粒含水量差异不大,在 87.2%~90.6%之间,在授粉 60 d 后水分降到 14.4%,而其他年代的 13 个品种授粉 60 d 后均在 20%以上。授粉 60 d 后 14%水分是我国实行全程机械化所需要的收获时含水量。

沈单 16 的穗轴和子粒的含水量在授粉后各个阶段一直都比较低,而且脱水速度也很慢,这在一定程度上显示出某些类似的高大晚熟型品种的表面特征。本研究结果启示,今后有必要对中单 2 号及欧美品种的子粒灌浆特征和脱水过程与国内近二十年培育的高大晚熟型品种进行深入对比分析,为进一步调整育种方向、技术路线和深入种质改良寻找正确的育种方向和奠定部分理论基础。

生物体的能量是有限的。玉米品种提高子粒的灌浆速率和延长灌浆时间势必与脱水速率建立某种动态平衡关系才能保证培育的品种既优质又高产和适宜机械收获。我国自 1990s 以来,育种家过分强调单株产量,育成的品种子粒干物质积累和收获时子粒含水量都很高。在育种过程中为了最大限度地

利用外界条件获得高产,育种家们通常选择灌浆时间长的自交系^[9],使新品种灌浆期延长,但受季节限制,收获时间不能改变,导致玉米子粒含水量较高,无法施行机械收获。

1970s和1980s的6个品种百粒子粒干重最高的是沈单7号,为36.6 g;1990s之后育成的8个品种中7个品种百粒子粒干重都超过沈单7号,郑单958最低,为36.8 g;2000s的品种大部分在40 g以上,沈单16为45 g,鲁单981为42 g,登海9号为40 g,这些品种收获时子粒含水量在26.4%~29.4%之间。90年代以后的品种没有协调好子粒灌浆速率、灌浆持续时间和脱水过程的动态平衡,无法协调优质、高产和宜机收之间的关系,这样的品种可能不能适应未来生产需要,这样的育种方向也可能束缚了产量和品质的进一步提高。该结果与丁佳奇对不同年代子粒的含水量和干物质积累分析相同^[10]。

1990s以后培育的高秆、大穗、大子粒的晚熟品种,穗轴和子粒的脱水速率都比较慢。针对这一现象需要进一步深入研究,以明确和调整我国玉米育种的方向。我国90年代以后选育的新品种片面追求产量,延长灌浆时间,但灌浆速率不高,或者高速灌浆持续的时间短,导致玉米子粒收获时含水量过高。中单2号玉米品种在授粉后5~35 d期间一直保持较高而平稳的灌浆速度,分别为0.64、1.20、0.68和0.70 g/d,后期子粒和穗轴仍保持很高的脱水速度,这些是玉米机械收获所必须的优良特性。收获期子粒含水量是影响玉米品质和生产成本的主要因素之一,也是决定机械化收粒及子粒干燥、储藏、异地运输及深加工等环节的决定性因素。研究表明,将玉米子粒含水量降低17个百分点至安全含水量所消耗的能量高于生产等量玉米所需的能量^[11]。因此,这就要求我国育种家积极转变育种方向,在追求高产的同时兼顾收获时子粒含水量。

本试验观察到,优良品种穗轴脱水峰值出现得较晚,这可能有利于保持子粒的灌浆活性。这个现象背后与灌浆、脱水、子粒产量有关联的因素及它们之间的动态平衡尚不清楚,需要进一步研究予以证实或澄清。本研究是在北京特殊条件下完成的,所测品种的子粒和穗轴含水量普遍较低,灌浆和快速灌浆的持续时间较短。东北春玉米和黄淮海夏播玉米区的玉米子粒灌浆过程和子粒、穗轴脱水动态可能表现出不同的特征,今后,有必要在环境约束的条件下用这批材料进行同类型测试,将能够获得更多

更有参考价值的信息。

参考文献:

- [1] 张世煌,徐志刚.耕作制度改革及其对农业技术发展的影响[J].作物杂志,2009(1):1-3.
Zhang S H, Xu Z G. Cultural system changes and its effect on agricultural technique[J]. Crops, 2009(1): 1-3. (in Chinese)
- [2] 董树亭.玉米生态生理与产量品质的形成[C].北京:高等教育出版社,2006.
- [3] 慈晓科,张世煌,谢振江,等.1970—2000年代玉米单交种的遗传产量增益分析方法的比较[J].作物学报,2010,36(12):2185-2190.
Ci X K, Zhang S H, Xie Z J, et al. Comparison of analysis method of genetic yield gain for the single-cross hybrids released during 1970s-2000s[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(12): 2185-2190. (in Chinese)
- [4] 向葵.玉米子粒脱水速率测定方法优化及遗传研究[D].四川:四川农业大学博士论文,2011.
- [5] 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子粒自然脱水速率的分析[J].玉米科学,2001,9(2):53-55.
Wang Z H, Zhang Z C, Chang H Z, et al. Analysis of physiological mature stage and kernel naturally dry-down rate in 38 corn inbred lines in Heilongjiang[J]. Journal of Maize Sciences, 2001, 9(2): 53-55. (in Chinese)
- [6] Borrús L, Zinselmeier C, Senior M L, et al. Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm[J]. Crop Sci., 2009 (49): 999-1009.
- [7] Sadras V O, Egli D B. Seed size variation in grain crops: allometric relationships between rate and duration of seed growth[J]. Crop sci., 2008(48): 406-408.
- [8] Gambín B L, Borrús L, Otegui M E. Kernel water relations and duration of grain filling in maize temperate hybrids[J]. Field Crops Research, 2007, 101(1): 1-9.
- [9] 高树仁,王振华,王云生,等.不同类型玉米生育后期子粒含水量变化和干物质积累速度差异的研究[J].黑龙江农业科学,1998(2):8-10.
Gao S R, Wang Z H, Wang Y S, et al. The difference of late growth stage between change of seed moisture and dry matter accumulation rate in different types maize[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1998(2): 8-10. (in Chinese)
- [10] 丁佳琦,王红武,刘志芳,等.玉米单交种和自交系生理成熟后子粒脱水速率的研究[J].作物杂志,2012(5):26-29.
Ding J Q, Wang H W, Liu Z F, et al. The research of grain dehydration rate of maize hybrids and inbred lines[J]. Crops, 2012(5): 26-29. (in Chinese)
- [11] 姜艳喜,王振华,金益,等.玉米收获期子粒含水量相关性状的遗传及育种策略[J].玉米科学,2004,2(1):21-25.
Jiang Y X, Wang Z H, Jin Y, et al. Genetics on water content at harvesting and correlative traits and breeding strategy[J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(1): 21-25. (in Chinese)

(责任编辑:李万良)