

张莹莹, 卢道文, 孙海潮, 等. 黄淮海区域玉米收获期籽粒含水量与主要农艺性状的相关分析和通径分析[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(13): 119-123. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.13.019

黄淮海区域玉米收获期籽粒含水量与主要农艺性状的相关分析和通径分析

张莹莹¹, 卢道文¹, 孙海潮¹, 牛永锋¹, 董文恒¹, 李永江¹, 张盼¹, 史丽丽¹, 张晓辉¹, 庞文喜¹, 张君², 唐保军²

(1. 河南省安阳市农业科学院, 河南安阳 455000; 2. 河南省农业科学院粮食作物研究所, 河南郑州 450002)

摘要: 选用黄淮海地区有代表性的 8 个玉米品种为试验材料, 利用 SPSS 对收获期籽粒含水量及农艺性状进行相关分析、逐步回归分析、通径分析。多重比较表明, 8 个玉米品种的 13 个性状在不同品种间达到显著性水平, 行粒数除外。相关分析表明, 收获期籽粒含水量与苞叶含水量、穗轴含水量、生理成熟天数、出苗至授粉天数、穗粗、百粒质量、产量呈极显著或显著性正相关, 与籽粒脱水速率呈极显著负相关关系。逐步回归分析表明, 苞叶含水量、穗粗、穗行数、百粒质量、籽粒脱水速率这 5 个农艺性状可以解释 95% 的因变量变异。通径分析表明, 苞叶含水量、穗粗对收获期籽粒含水量的直接与间接作用均为正值, 穗行数对收获期籽粒含水量的直接与间接作用基本抵消, 百粒质量的间接正效用大于直接负效用, 籽粒脱水速率的直接与间接作用均为负值。因此, 在不影响产量的情况下, 为获得籽粒含水量低的品种应重点选育田间脱水速率快、苞叶含水量低、穗粗较细及百粒质量稍低的材料。

关键词: 玉米; 收获期籽粒含水量; 相关分析; 逐步回归; 通径分析

中图分类号: S513.037 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)13-0119-05

玉米是我国第一大粮食作物, 同时也是重要的畜牧业饲料和工业原料^[1]。近年来, 我国粮食安全问题尤为突出, 玉米已成为我国最主要的战略物资, 发展玉米产业至关重要。近年来, 随着城镇化和全程机械化步伐的加快, 籽粒机收已经成为玉米生产发展的主攻方向, 但目前籽粒机收面积只占我国玉米种植面积的 5%~6%^[2-4]。收获期籽粒含

水量偏高是影响玉米籽粒机收的关键因素之一, 含水量过高容易使破碎率、杂质率增加, 给玉米的收获、干燥、贮藏、运输及加工带来一系列困难^[5-6]。黄淮海夏玉米生产区是世界上独一无二的玉米生态区, 籽粒机收技术还不成熟, 大部分玉米品种收获期籽粒含水量偏高, 严重制约了玉米产业的高效可持续发展^[7-9]。筛选与选育适宜籽粒机收的玉米品种是当务之急, 品种的选育与农艺性状的表现密切相关, 弄清籽粒含水量与主要农艺性状的关系可为黄淮海区选育收获期含水量低或脱水快的品种提供指导作用。

相关研究表明, 玉米收获期籽粒含水量主要由

收稿日期: 2021-08-30

基金项目: 河南省重大公益专项(编号: 201300111100); 河南省现代农业产业技术体系建设专项(编号: S2015-02-G03)。

作者简介: 张莹莹(1986—), 女, 河南滑县人, 硕士, 助理研究员, 从事玉米遗传育种与种质资源创新研究。E-mail: zyyyumi@163.com。

[23] Su W, Liu B, Liu X W, et al. Effect of depth of fertilizer banded - placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. European Journal of Agronomy, 2015, 62: 38-45.

[24] 杨云马, 孙彦铭, 贾良良, 等. 氮肥基施深度对夏玉米产量、氮素利用及氮残留的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(3): 830-837.

[25] 李美玲, 王文第, 韩凯, 等. 旋耕深度、施氮量和栽植密度对水稻产量与氮素分配利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(4): 55-61.

[26] Lynch J P, Wojciechowski T. Opportunities and challenges in the subsoil: pathways to deeper rooted crops [J]. Journal of Experimental Botany, 2015, 66(8): 2199-2210.

[27] Jing J, Zhang F, Rengel Z, et al. Localized fertilization with P plus N elicits an ammonium - dependent enhancement of maize root growth and nutrient uptake [J]. Field Crops Research, 2012, 133: 176-185.

[28] 张瑞富, 杨恒山, 范秀艳, 等. 施磷深度和深松对春玉米磷素吸收与利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(4): 880-887.

生理成熟前后的籽粒脱水速率决定的,该性状是可遗传的,品种间差异显著,籽粒脱水速率与苞叶、穗轴、籽粒特征及果穗大小等农艺性状相关^[10-12]。前人对籽粒含水量的相关研究主要集中在种植时期、密度、苞叶层数、籽粒大小及穗位高低等方面,冯鹏等研究发现,收获期籽粒含水量受种植密度影响较大^[13];张林等研究认为,粒宽、苞叶长等与籽粒含水量呈极显著正相关^[14];李璐璐等研究发现,减少苞叶层数更有利于籽粒脱水^[15];李凤海等认为,粒长、穗位高与籽粒脱水速率呈显著负相关关系^[16]。关于生育期、产量性状等其他农艺性状与籽粒含水量关系的研究报道很少。笔者所在课题组前期对 80 个玉米品种的含水量进行了初筛,最终筛选出有代表性的 8 个玉米品种为研究对象,采用相关分析、逐步回归分析、通径分析 3 种方法,探讨收获期籽粒含水量与主要农艺性状的关系,为机收品种的选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用前期筛选出的收获期籽粒含水量差异较大且生产上主推的玉米品种 8 种,分别为郑单 958、联创 808、先玉 335、安玉 308、宇玉 30、迪卡 516、华美 1 号、迪卡 517^[6]。

试验于 2019 年在安阳市农业科学院试验基地(地理位置 36°1'N、114°5'E)、河南省农业科学院现代农业科技试验示范基地(地理位置 35°10'N、113°47'E)进行(表 1),播种时间分别为 6 月 9 日、6 月 10 日。采用随机区组设计,设 8 个品种处理,重复 3 次,每个品种 8 行区,行长 5 m,密度为 75 000 株/hm²。中间 2 行收获测产,其他 6 行用于田间调查和取样。

表 1 试验地概况

试验地点	土壤类型	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)
安阳	潮土	57.50	15.98	175.30	15.35
原阳	潮土	52.35	17.86	226.35	8.21

1.2 测定项目与方法

1.2.1 生育期 田间性状调查记载生育期(出苗期、吐丝期、授粉期、生理成熟期),并计算出苗至授粉天数和生理成熟时间。

1.2.2 含水量与脱水速率 每小区雌穗套袋后统

一授粉。授粉后 35 d 开始取样,每 7 d 取样 1 次,直至授粉后 63 d 收获,共 5 次,每次取 2 穗,用烘干法测含水量。

各器官(籽粒、苞叶、穗轴)含水量(%)=(各器官鲜质量-各器官干质量)/各器官鲜质量×100;

籽粒脱水速率(%/d)=(授粉后 35 d 籽粒含水量-授粉后 63 d 籽粒含水量)/间隔天数。

1.2.3 产量及其构成因素 所有品种收获时(授粉后 63 d)测产,自然晾晒后测穗长、秃尖长、穗粗、轴粗、穗行数、行粒数、百粒质量,计算产量。

1.3 数据处理与分析

用 Excel 2010 进行数据处理,利用 SPSS 18.10 软件对试验数据进行多重比较、相关分析、回归分析、通径分析,其中处理间差异显著性采用 LSD 法进行检验($\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 参试玉米品种的农艺性状和收获期籽粒含水量的比较分析

由表 2 可以看出,苞叶含水量的变化范围为 18.96%~30.12%,穗轴含水量范围为 42.46%~60.71%,生理成熟时间范围为 102.0~110.0 d,出苗至授粉时间范围为 52.0~55.0 d,穗长范围为 15.7~19.5 cm,秃尖长范围为 1.2~3.3 cm,穗粗范围为 4.4~5.0 cm,轴粗范围为 2.2~2.7 cm,穗行范围为 16.0~18.0,行粒数范围为 27.5~35.7 粒,百粒质量范围为 26.9~32.2 g,产量范围为 9 631~10 818 kg/hm²,籽粒脱水速率范围为 0.47%/d~0.88%/d,收获期籽粒含水量的变化范围为 19.00%~30.69%。

对参试品种主要性状数值进行多重比较,由显著水平可以看出,苞叶含水量、穗轴含水量、生理成熟天数、出苗至授粉天数、穗长、秃尖长、穗粗、轴粗、穗行数、百粒质量、产量、籽粒脱水速率及籽粒含水量在不同品种间达到显著性水平,说明参试品种在这 13 个性状之间存在真实差异。行粒数没有达到显著性水平。可以对上述 13 个达到显著性水平的性状与收获期籽粒含水量进行相关性分析和回归分析。

2.2 收获期籽粒含水量与主要性状的相关分析

由表 3 可知,苞叶含水量、穗轴含水量、生理成熟天数、出苗至授粉时间、穗粗、百粒质量、产量与收获期籽粒含水量存在显著或极显著正相关关系,

表 2 参试玉米品种的农艺性状和收获期籽粒含水量

品种	x_1 (%)	x_2 (%)	x_3 (d)	x_4 (d)	x_5 (cm)	x_6 (cm)	x_7 (cm)	x_8 (cm)	x_9 (行)	x_{10} (粒)	x_{11} (g)	x_{12} (kg/hm ²)	x_{13} (%/d)	y (%)
郑单 958	25.40ab	60.71a	110.0a	53.0bc	17.3ab	1.2c	5.0a	2.7a	18.0a	32.7a	31.5ab	10 210ab	0.47d	28.66ab
联创 808	30.12a	54.40b	110.0a	55.0a	19.5a	2.1abc	5.0a	2.3b	18.0a	33.1a	31.1b	10 818a	0.48d	30.69a
先玉 335	19.07c	42.46e	108.0b	54.0ab	18.4ab	2.2abc	5.0a	2.3b	18.0a	35.0a	32.2a	10 796a	0.72bc	22.55cd
安玉 308	22.65bc	48.92cd	106.0c	53.0bc	17.8ab	3.3a	4.8ab	2.4ab	16.0b	32.5a	32.0a	10 123b	0.80ab	22.96cd
宇玉 30	22.28bc	49.55bed	107.5bc	53.0bc	17.8ab	2.1abc	4.7abc	2.4b	17.3a	34.3a	30.0c	10 179ab	0.68c	22.28cd
迪卡 516	19.54c	52.60bc	109.0ab	54.0ab	17.5ab	1.6bc	4.6bc	2.2b	16.0b	35.5a	27.5e	9 631b	0.70bc	24.54bc
华美 1 号	18.96c	44.50de	102.0d	52.0c	18.4ab	1.9abc	4.4c	2.4b	18.0a	35.7a	26.9e	9 698b	0.88a	19.00d
迪卡 517	20.60bc	43.26e	108.0b	53.0bc	15.7b	2.7ab	4.5bc	2.4b	18.0a	27.5a	28.5d	9 977b	0.74bc	20.84cd

注: x_1 表示苞叶含水量; x_2 表示穗轴含水量; x_3 表示生理成熟时间; x_4 表示出苗至授粉天数; x_5 表示穗长; x_6 表示秃尖长; x_7 表示穗粗; x_8 表示轴粗; x_9 表示穗行数; x_{10} 表示行粒数; x_{11} 表示百粒质量; x_{12} 表示产量; x_{13} 表示籽粒脱水速率; y 表示收获期籽粒含水量。同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 3 对收获期籽粒含水量有显著影响的主要农艺性状简单相关分析

性状	相关系数											
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{11}	x_{12}	x_{13}	y
x_1	0.58**	0.51*	0.38	0.18	-0.01	0.47*	0.24	0.17	0.43*	0.47*	-0.70**	0.79**
x_2		0.55**	0.24	0.15	-0.50*	0.48*	0.46*	-0.15	0.24	0.05	-0.73**	0.78**
x_3			0.64**	-0.05	-0.28	0.61**	0.07	0.02	0.45*	0.38	-0.78**	0.75**
x_4				0.40	-0.11	0.55**	-0.42	0.01	0.34	0.53*	-0.42	0.55**
x_5					-0.25	0.32	-0.10	0.05	0.26	0.28	-0.14	0.26
x_6						-0.18	-0.09	-0.17	0.16	0.20	0.31	-0.23
x_7							0.24	0.11	0.82**	0.70**	-0.61**	0.68**
x_8								0.25	0.31	0.01	-0.42	0.26
x_9									0.06	0.29	-0.23	0.04
x_{11}										0.71**	-0.43*	0.48*
x_{12}											-0.41	0.46*
x_{13}												-0.91**

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。表 5 同。

简单相关系数变化范围为 0.46 ~ 0.79, 籽粒脱水速率与籽粒含水量呈极显著负相关关系($r = -0.91$)。

2.3 收获期籽粒含水量与主要性状的回归分析

进行收获期籽粒含水量与主要性状的逐步回归, 会自动剔除无显著性的变量, 以筛选出影响收获期籽粒含水量的重要性状, 得到农艺性状与收获期籽粒含水量的回归模型(即回归方程)为 $y = 27.61 + 0.33x_1 + 5.39x_7 - 0.84x_9 - 0.38x_{11} - 15.54x_{13}$ 。其中方差比 F 为 52.06, 相关系数 R 为 0.97, 确定系数 $R^2 = 0.95^{**}$ 。由回归方程可知, 苞叶含水量、穗粗、穗行数、百粒质量、籽粒脱水速率这 5 个农艺性状可以解释 95% 的因变量变异, 苞叶含水量、穗粗对收获期籽粒含水量的作用为正, 穗

行数、百粒质量、籽粒脱水速率对收获期籽粒含水量的作用为负(表 4)。

2.4 收获期籽粒含水量与主要性状的通径分析

通径分析结果(表 5)表明, 由简单相关系数可知对收获期含水量起正向贡献的为苞叶含水量 > 穗粗 > 百粒质量 > 穗行数; 籽粒脱水速率起负向贡献作用。

各性状对收获期籽粒含水量直接贡献的大小依次为籽粒脱水速率(-0.60) > 穗粗(0.34) > 苞叶含水量(0.33) > 穗行数(-0.20) > 百粒质量(-0.19)。

2.4.1 苞叶含水量(x_1) 苞叶含水量通过穗粗、籽粒脱水速率对收获期籽粒含水量的间接作用均为正值, 分别为 0.16、0.42; 通过穗行数、百粒质量

表4 收获期籽粒含水量(y)与主要性状(x)回归模型系数

自变量	非标准化系数		标准系数		
	回归系数	标准误差	标准回归系数	t 值	P 值
常量	27.61	8.71		3.17	0.00
x_1	0.33	0.09	0.33	3.83	0.00
x_7	5.39	1.93	0.34	2.79	0.01
x_9	-0.84	0.27	-0.20	-3.18	0.00
x_{11}	-0.38	0.21	-0.19	-1.77	0.10
x_{13}	-15.54	2.54	-0.60	-6.12	0.00

表5 收获期籽粒含水量与主要性状的通径系数

性状	相关系数	直接通径系数	间接通径系数				
			x_1	x_7	x_9	x_{11}	x_{13}
x_1	0.79**	0.33		0.16	-0.04	-0.08	0.42
x_7	0.68**	0.34	0.16		-0.02	-0.16	0.36
x_9	0.04**	-0.20	0.07	0.04		-0.01	0.14
x_{11}	0.48**	-0.19	0.14	0.28	-0.01		0.26
x_{13}	-0.91**	-0.60	-0.23	-0.21	0.04	0.08	

对收获期籽粒含水量的作用为负值,但是数值仅为-0.04、-0.08,相比正效应可以忽略不计,与直接作用互作使苞叶含水量对收获期籽粒含水量的效应提高到0.79,由此推断出降低苞叶含水量,收获期籽粒含水量也随之下降。

2.4.2 穗粗(x_7) 穗粗通过苞叶含水量、籽粒脱水速率对收获期籽粒含水量的间接作用均为正值,分别为0.16、0.36;通过穗行数、百粒质量对收获期籽粒含水量的间接作用为负值,分别为-0.02、-0.16,与正向效应比,数值相对较小,加上穗粗的直接作用为0.34,最终使穗粗对收获期籽粒含水量的效应提高到0.68,可以看出穗粗变细有利于降低籽粒含水量。

2.4.3 穗行数(x_9) 通过百粒质量的间接作用为负值,数值为-0.01,与正效应相比微乎其微。直接与间接效应数值接近,说明降低穗行数对降低收获期籽粒含水量的作用不太明显。

2.4.4 百粒质量(x_{11}) 通过苞叶含水量、穗粗、籽粒脱水速率对收获期籽粒含水量的间接效应为正值,分别为0.14、0.28、0.26,而穗行数对收获期籽粒含水量的作用为负值,仅为-0.01,与正效应相差太多。直接效应为负值,但与间接效应差距较大,最终使百粒质量对收获期籽粒含水量的效应提高到0.48,说明百粒质量越大,收获期籽粒含水量越高。

2.4.5 籽粒脱水速率(x_{13}) 通过苞叶含水量、穗

粗对收获期籽粒含水量的作用为负值,分为-0.23、-0.21,穗行数、百粒质量对收获期籽粒含水量的作用为正值,为0.04、0.08,正效应与负效应相比作用较小,直接作用为-0.60,结果使籽粒脱水速率对收获期籽粒含水量的效应提高到-0.91。

3 结论与讨论

黄淮海夏玉米种植区受小麦、玉米一年两熟种植模式的影响,玉米生长期热量资源紧缺,籽粒机收推广难度很大。因此,筛选与选育收获期籽粒含水量低、产量稳的玉米品种是育种工作者面临的严峻问题。

相关研究表明,籽粒脱水速率是影响收获期籽粒含水量的主要因素之一,该性状是可以遗传的^[17],并且不同品种间呈显著性差异,籽粒脱水速率与穗部性状诸如穗长、穗粗、苞叶的松紧度、苞叶长短、苞叶层数、果皮透性等密切相关^[18-20],弄清现阶段主栽玉米品种籽粒含水量与主要农艺性状的关系对筛选与选育收获期籽粒含水量低或脱水快的玉米品种具有指导作用。前人对收获期籽粒含水量的影响因素研究中,主要集中在栽培模式对收获期籽粒含水量的影响方面^[21],本研究采用相关性分析、逐步回归分析、通径分析从穗部性状、生育期、产量性状方面进一步研究与收获期籽粒含水量的关系。

对8个玉米品种的14个性状进行了多重比较,

行粒数没有达到显著性水平,其他13个性状直接存在真实性差异,可以进一步做相关性分析与回归分析。相关分析是2个变数间的关系是一种共同变化特点,相关系数反映了2个性状之间的密切程度,并测验其显著性。本研究结果发现,苞叶含水量、穗轴含水量、生理成熟天数、散粉期、穗粗、百粒质量、产量与收获期籽粒含水量存在显著或极显著的正相关关系;籽粒脱水速率起负向贡献,速度越快,籽粒含水量越低,这与张树光等的研究结果^[22-23]基本一致。

在实际应用中,回归关系可以通过回归分析、根据试验数据得到一个表示 y 随 x 的改变而改变的回归方程。在自变量很多时,有的变量可能对因变量的影响不是很大,而且 x 之间不是相互独立的,可能存在互作关系,在这种情况下,进行 x 因子的筛选,这样建立的回归模型预测效果更好。本研究通过采用逐步回归分析,自动剔除了统计分析中的不显著性状,13个农艺性状中苞叶含水量、穗粗、穗行数、百粒质量、籽粒脱水速率这5个农艺性状可以解释95%的因变量变异。通径分析可用于分析多个自变量与因变量之间的线性关系,是回归分析的拓展。本研究发现,穗行数、百粒质量的简单相关系数与直接通径系数差别很大,由于各个性状之间存在相互作用,依靠单一的简单相关系数不能客观地评价某一个性状对收获期籽粒含水量的影响,通径分析可以直观反映各个性状与收获期籽粒含水量的关系,这与闫淑琴等的研究结果^[24-25]一致。

本研究发现,在不影响产量情况下,为获得收获期籽粒含水量低的品种,应重点选育田间籽粒脱水速率快、苞叶含水量低、穗粗较细及百粒质量稍低的材料。

参考文献:

[1] 赵久然,王荣焕. 中国玉米生产发展历程、存在问题及对策[J]. 中国农业科技导报,2013,15(3):1-6.
 [2] 李璐璐,王克如,谢瑞芝,等. 玉米生理成熟后田间脱水期间的籽粒重量与含水率变化[J]. 中国农业科学,2017,50(11):2052-2060.
 [3] 柳枫贺,王克如,李健,等. 影响玉米机械收粒质量因素的分析[J]. 作物杂志,2013(4):116-119.
 [4] 李少昆,王克如,谢瑞芝,等. 实施密植高产机械化生产 实现玉

米高产高效协同[J]. 作物杂志,2016(4):1-6.
 [5] 王克如,李璐璐,郭银巧,等. 不同机械作业对玉米籽粒收获质量的影响[J]. 玉米科学,2016,24(1):114-116.
 [6] 卢道文,张莹莹,李永江,等. 8个玉米杂交种籽粒脱水特性研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):122-125.
 [7] 王振华,鲁晓民,张新,等. 我国玉米全程机械化育种目标浅析[J]. 河南农业科学,2011,40(11):1-3,21.
 [8] 谢瑞芝,雷晓鹏,王克如,等. 黄淮海夏玉米籽粒机械收获研究初报[J]. 作物杂志,2014(2):76-79.
 [9] 黄璐,乔江方,刘京宝,等. 夏玉米不同密植群体抗倒性及机收指标探讨[J]. 华北农学报,2015,30(2):198-201.
 [10] 邓杰,孙丽芳,王霞,等. 玉米收获期籽粒含水量与穗部性状的关联分析[J]. 种子,2019,38(10):93-96.
 [11] 张采波,余庭跃,文守云,等. 成熟期玉米籽粒含水量与主要农艺性状的相关分析[J]. 种子,2019,38(8):34-38.
 [12] 张凤启,王邑双,丁勇,等. 玉米籽粒脱水速率研究进展[J]. 农学学报,2018,8(11):4-8.
 [13] 冯鹏,申晓慧,郑海燕,等. 种植密度对玉米籽粒灌浆及脱水特性的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(6):92-100.
 [14] 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.
 [15] 李璐璐,谢瑞芝,王克如,等. 去苞叶对玉米籽粒脱水过程的影响[J]. 作物杂志,2018(2):114-117.
 [16] 李凤海,郭佳丽,于涛,等. 不同熟期玉米杂交种及其亲本籽粒脱水速率的比较研究[J]. 玉米科学,2012,20(6):17-20,24.
 [17] 赵宽厚,苏治军,高聚林,等. 玉米籽粒脱水速率与农艺性状相关分析[J]. 北方农学报,2018,46(4):16-21.
 [18] Zuber M S. Effect of the Y-y factor pair on yield and other agronomic characters in corn [D]. Ames: Iowa State University,1950.
 [19] Cross H Z, Kabir K M. Evaluation of field dry-down rates in early maize[J]. Crop Science,1989,29(1):54-58.
 [20] 王利强,张任领,何东伟,等. 河南省不同类型玉米杂交种籽粒脱水性研究[J]. 江苏农业科学,2021,49(16):93-97.
 [21] 李文才,刘治先,杨菲. 不同类型玉米自交系籽粒脱水速率研究[J]. 山东农业科学,2018,50(4):37-39.
 [22] 张树光,冯学民,高树仁,等. 玉米成熟期籽粒含水量与果穗性状的关系[J]. 中国农学通报,1994,10(2):15-17.
 [23] 李璐璐,明博,谢瑞芝,等. 玉米品种穗部性状差异及其对籽粒脱水的影响[J]. 中国农业科学,2018,51(10):1855-1867.
 [24] 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.
 [25] 闫淑琴,李德新. 玉米籽粒脱水速度的遗传及相关分析和技术措施对脱水的影响[J]. 黑龙江农业科学,1994(6):9-11.