

辽东地区玉米籽粒机械化收获影响因素分析与品种筛选

薛兵东, 张丽丽*, 樊叶, 卢全会, 杨海龙, 付俊
(丹东农业科学院, 辽宁 凤城 118109)

摘要:【目的】探明辽东地区玉米籽粒机械化收获现状及适宜籽粒直收品种。【方法】2016~2019年在丹东农业科学院, 选用45个玉米品种大区种植, 每品种种植1 000~1 500 m², 测定品种产量、籽粒含水率、机收损失率、籽粒破碎率等指标。【结果】辽东地区玉米产量低且年际间变异幅度大。生理成熟时籽粒含水率在29.2%~30.9%, 变异幅度较小。延迟收获可降低籽粒含水率, 10月中下旬收获时籽粒含水率在18.5%~24.5%。2018年平均籽粒破碎率为5.25%, 其他年份均低于5%。2016~2019年损失率均低于5%, 杂质率均低于1%。籽粒含水量与破碎率呈正相关, 与损失率呈负相关, 籽粒含水率在21.4%~25.5%, 籽粒破碎率与损失率均低于5%, 达到国家标准。郑单958、铁研58、铁研388、宏硕899、辽单522、粒收1号、东单1331、丹玉631、丹玉530等品种收获时籽粒含水率低、产量高, 可作为籽粒直收品种。【结论】辽东地区玉米产量年际间变异大、稳产性差、籽粒破碎率高是机收的主要问题, 延迟收获可实现籽粒直收。

关键词: 辽东; 玉米; 籽粒收获; 籽粒含水率; 品种筛选; 影响因素

中图分类号: S233.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)01-0059-06

Study on the Factors Influencing Maize Mechanical Grain Harvest Quality and Hybrids Selection in Eastern Liaoning

XUE Bingdong, ZHANG Lili*, FAN Ye, LU Quanhui, YANG Hailong, FU Jun
(Dandong Academy of Agricultural Sciences, Fengcheng 118109, China)

Abstract: To investigate the present situation of mechanical grain harvest and to select appropriate mechanical harvest grain hybrids in eastern of Liaoning, field experiment was conduct in 2016–2019, 45 hybrids were planted with the block size of 1000–1500 m². Grain yield, kernel moisture content, yield loss rate, grain breakage rate, impurity rate was test to evaluate mechanical harvest quality in eastern of Liaoning. Maize yield was unstable in this region and varied in different years. Kernel moisture content at maturity stage range from 29.2% to 30.9%. Kernel moisture content was at 18.5%~24.5% when harvest in later October. Kernel brokage rate was 5.25% in 2018, and less than 5% in other years. Yield loss rate was less than 5% and impurity rate was less than 1% during 2016 to 2019. Kernel moisture content was positive relative with kernel grain breakage rate and negative relative with yield loss rate. When the kernel moisture content was at the range of 21.4%~25.5%, grain breakage rate and yield loss rate were both lower than 5%, which meet national standards. Hybrids ZhengDan958, Tieyan 58, Tieyan 388, Hongshuo 899, Liaodan 522, Lishou 1, Dongdan1331, Danyu 631, Danyu 530 with high yield and low kernel moisture content in harvest, were suggested as appropriate mechanical harvest grain hybrids. Low and unstable grain yield, high grain breakage rate were the main limiting factors for maize mechanical grain harvest in eastern of Liaoning. Delaying harvest was benefit to realize mechanical grain harvest.

Key words: Eastern of Liaoning; Maize; Grain harvest; Kernel water content; Hybrids selection; Influence factors

收稿日期: 2020-12-02

基金项目: 粮食丰产增效科技创新项目(2017YFD0300705-A04、2016YFD0300304); 辽宁省自然基金项目(2019-MS-108)

作者简介: 薛兵东(1979-), 男, 助理研究员, 从事玉米高产栽培研究。

通讯作者: 张丽丽, 女, 博士, 副研究员, E-mail: zhanglili4892@163.com

玉米籽粒机械化收获是玉米生产的主要方向^[1-3],辽东地区机收质量现状及适宜籽粒机收品种尚不明确,探明辽东地区籽粒机收现状及其关键影响因子,明确含水率与机收质量的关系,并以此指导宜机收品种筛选,对满足机械粒收技术与玉米生产的需求具有重要意义。研究表明,收获时籽粒含水率高导致破碎率超标,严重影响机械粒收质量^[4-6]。但籽粒含水率过低,也会增加落粒数与落穗数,同样会提高田间损失率。按照《玉米收获机械技术条件(GB/T 21962-2008)》中规定籽粒破碎率与田间损失率均应 $\leq 5\%$ 。受收获机械及其作业操作、生态气象因素、栽培措施、收获时期等因素影响,满足籽粒破碎率 $\leq 5\%$ 时的籽粒含水率在各地区有所差异。对黑龙江寒地玉米研究发现,籽粒含水率 $\leq 25.97\%$ 能满足要求^[7]。北京地区研究发现,籽粒含水率在23%时,破碎率最低^[8]。国外学者研究发现,16.7%~22.1%含水率时籽粒破碎率最低^[9]。辽宁东部地区热量资源丰富,

玉米适收期长,有利于籽粒机械收获的开展^[10]。然而,辽东地区降雨量大,花期光照不足,倒伏严重,品种生育期长,收获时籽粒含水量偏高,对籽粒直收造成一定困难。辽东地区宜机收玉米品种籽粒含水率适宜范围尚不明确。本研究通过调查机收破碎率、损失率、杂质率等机收质量指标,探明辽东地区籽粒收获现状及其关键影响因子,明确含水率与机收质量的量化关系,筛选出适宜籽粒机械化收获的玉米品种,以此指导当地玉米生产。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2016~2019年在辽宁凤城丹东农业科学院试验地进行,选用45个玉米品种大区种植,随机排列,品种及播种日期见表1。每品种种植1 000~1 500 m²,60 cm等行距播种,田间管理按当地大田生产进行。2016~2019年播种至收获气象条件见表2。

表1 2016~2019年试验基本情况

年份	品种	品种数	播种日期 (月.日)	收获日期 (月.日)
2016	丹8663、丹8662、丹8653、丹8439、良玉99、桥玉8号、丹8420、利民33、迪卡516	9	4.30	10.26
2017	丹玉311、宏硕585、良玉199、铁研388	4	4.29	10.16
2018	丹玉311、宏硕899、铁研58、丹玉672、丹玉465、丹玉530、辽单537、辽单5201、宏途1821、丹玉288、丹玉207、联达191、联达522、宏途769、辽单522、粒收1号	16	5.3	10.12
2019	铁机玉1901、铁机玉1902、HS9061、雷育899、J20、铁研58、铁研368、宏硕899、粒收1号、郑单958、锦华228、东单1331、丹玉661、丹玉439、丹玉631、丹玉530	16	5.5	10.19

表2 试验站4~10月气象条件

年份	活动积温/ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$	降雨量/mm	日照时数/h
2016	3 571.3	879.3	1 131.9
2017	3 552.3	684.6	1 225.4
2018	3 503.4	758.2	1 114.0
2019	3 497.8	654.1	1 087.0

1.2 测试方法

使用硕阳牌玉米收获机,割幅为4行,进行籽粒全区收获,收获后按14%水分计算实际产量。收获后每品种随机取3个样点,样点宽为1个割幅,面积4.8 m²(宽2.4 m,长2 m),拾取样点内所有落粒、落穗然后称重,计算产量损失率。产量损失率($\%$)=[(单位面积田间落粒重+单位面积田间落穗籽粒重)/单位面积产量] $\times 100$ 。

每品种随机取2 kg收获籽粒作为样品,人工将破碎籽粒与非籽粒部分挑出,分别计重。籽粒

部分称重记为KW1,非籽粒部分称重记为NKW;再将籽粒部分分为完整籽粒和破碎籽粒,并分别称重,完整籽粒质量记为KW2,破碎籽粒质量记为BKW^[4]。杂质率($\%$)=[NKW/(KW1+NKW)] $\times 100$,籽粒破碎率($\%$)=[BKW/(KW2+BKW)] $\times 100$ ^[4]。

按照产量与收获时籽粒含水率双向作图法,对品种进行分类^[11]。其中产量以平均值为界限,由于年际间产量变异幅度较大,因此对产量进行归一化处理^[12],即以每年平均产量为1,其他品种进行逐一对比,形成相对产量。

1.3 数据分析与统计

数据采用Excel 2019和SPSS 19.0软件进行ANOVA方差分析与做图。

2 结果与分析

2.1 辽东玉米机收质量整体情况

辽东玉米机收质量主要指标见表3。年际间

表3 2016~2019年玉米机收质量

年份	产量 /kg·hm ⁻²	生理成熟时 籽粒含水率/%	收获时 籽粒含水率/%	籽粒破碎率 /%	损失率 /%	杂质率 /%
2016	6 515±695c	30.6±1.49a	19.4±1.19b	-	1.85±1.15a	-
2017	10 159±1 294a	29.5±1.35a	19.1±4.43b	4.43±1.22a	-	-
2018	7 661±1 166b	30.9 ±2.02a	24.0±1.98a	5.25±1.70a	1.92±2.21a	0.36±0.15a
2019	10 290±824a	29.2±2.50a	21.7±2.4ab	2.60±1.10b	1.70±1.10a	0.10±0.10b

注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

玉米产量整体水平较低并且变异幅度较大,年际间玉米产量表现为2019年>2017年>2018年>2016年,其中2017年、2019年显著高于2018年,2016年显著低于其他年。生理成熟时籽粒含水率在29.2%~30.9%,变异幅度较小,年际间无显著差异。收获时籽粒含水率在19.1%~24.0%,籽粒破碎率表现为2017年、2018年显著高于2019年,2018年平均籽粒破碎率5.25%,超过国家机收标准。2016~2019年损失率均低于5%,且年际间无显著差异。杂质率均低于1%,2018年显著高于2019年,均达到国家机收标准。可见,辽东地区玉米产量年际间变异大、稳产性差、籽粒破碎率高是机收主要问题。

2.2 收获时籽粒含水率分布

图1显示,2016~2019年45个玉米品种收获时籽粒含水率平均为21.8%,分布范围为12.6%~28.4%。含水率主要集中在20%~25%,分布比例为43.3%;其次为15%~20%,分布比例为16.7%;再次为25%~30%,分布比例为13.3%;15%以下仅

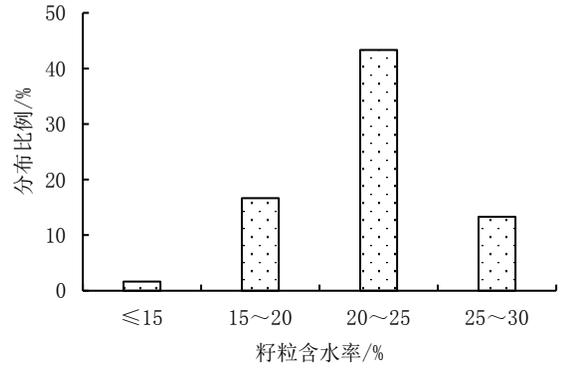


图1 收获时籽粒含水率分布

占1.7%。说明在适收期内,辽东地区玉米品种籽粒含水率多数能够达到国家机收标准。

2.3 收获时籽粒含水率与机收质量关系分析

2018~2019年数据分析显示,籽粒含水率与破碎率呈正相关(图2),籽粒含水率与破碎率符合方程 $y=0.039 2x^2-1.325 3x+13.452$, $R^2=0.414 6^{**}$ 。分析显示,籽粒含水率低于25.5%,籽粒破碎率低于5.0%。

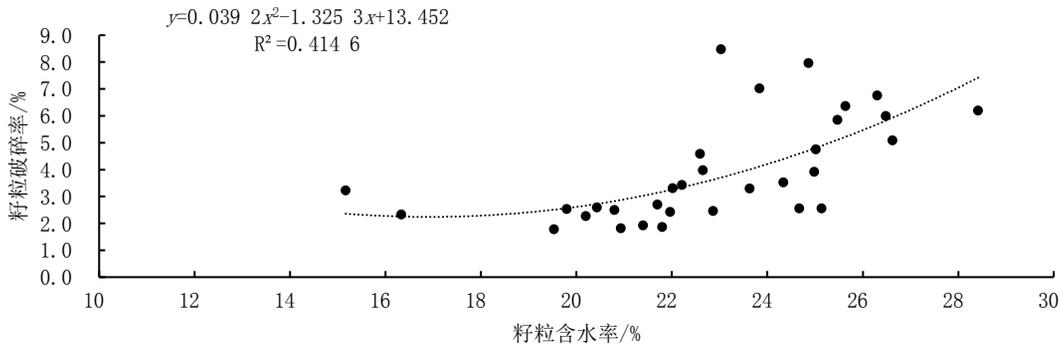


图2 籽粒含水率与破碎率关系

图3显示,籽粒含水率与田间损失率呈负相关,二者之间符合方程 $y=0.035 1x^2-1.864 5x+25.833$, $R^2=0.352 6^{**}$ 。籽粒含水率≥21.4%,田间损失率能够达到国家标准。分析显示,籽粒含水率为21.4%~25.5%,同时满足损失率与破碎率≤5%的要求。

图4显示,杂质率与籽粒含水率呈正相关,在2016~2019年试验期间,所有品种杂质率均低于1%,达到国家机收标准,因此在辽东地区,杂质率对机收质量影响较小。图5分析显示,杂质率与籽粒破碎率呈正相关关系,破碎率提高将降低机收质量。

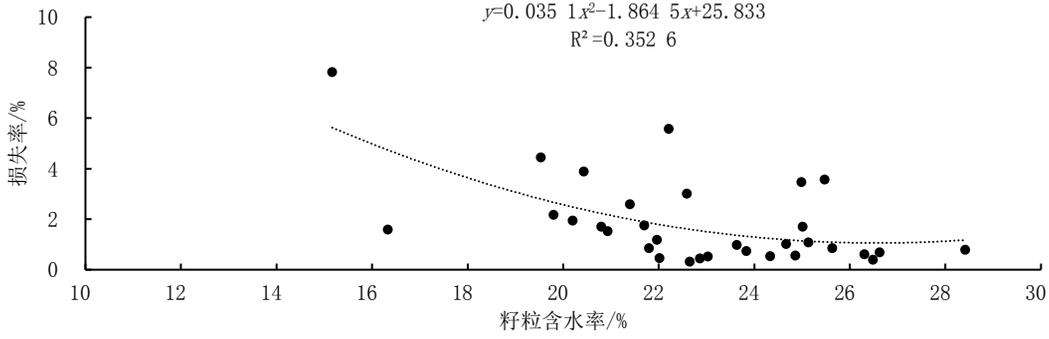


图3 籽粒含水率与损失率关系

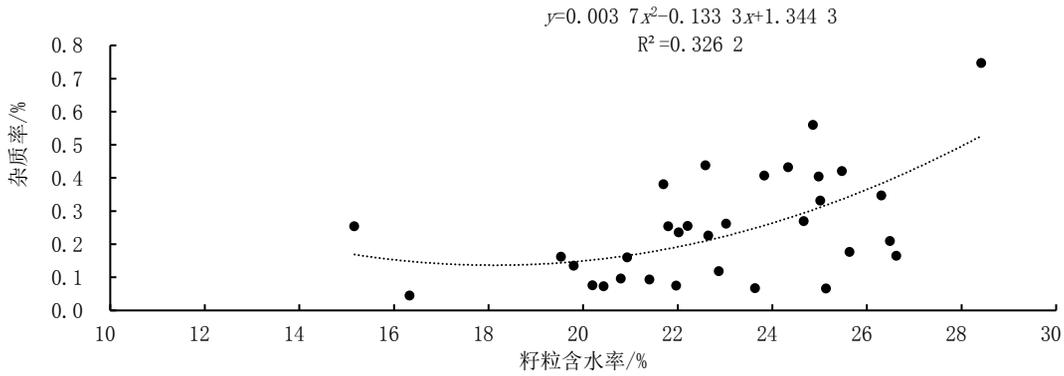


图4 籽粒含水率与杂质率相关性分析

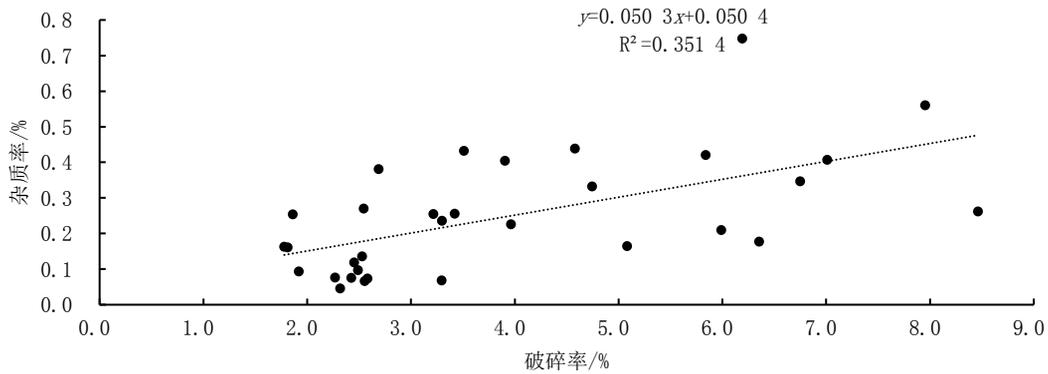


图5 籽粒破碎率与杂质率相关性分析

2.4 宜机收玉米品种筛选

根据前人研究结果,籽粒含水率以 25.5% 为界限,超过此界限为高水分品种。位于第 I 象限为高水高产的品种,即籽粒含水率高于 25.5%、产量高于平均值;位于第 II 象限为低水高产的品种,即籽粒含水率低于 25.5%、产量高于平均值;位于第 III 象限为低水低产的品种,即籽粒含水率低于 25.5%、产量低于平均值;位于第 IV 象限为高水低产的品种,即籽粒含水率高于 25.5%、产量低于平均值。

图 6 显示,第 I 象限有 4 个品种,占比 8.89%;

第 II 象限品种数量为 20 个(表 4),占比 44.4%,第 III 象限为 20 个品种,占比 44.4%;第 IV 象限只有 1 个,品种占比 2.2%。按照产量增加、籽粒脱水快的目标,宜机收品种应在 II 象限中筛选,按照前文结果,籽粒含水率应为 21.4%~25.5%,才能够同时满足损失率与破碎率≤5%的要求。因此,在第 II 象限中共 12 个品种符合条件,通过对籽粒破碎率指标与杂质率指标进一步筛选,只有郑单 958、铁研 58、铁研 388、宏硕 899、辽单 522、粒收 1 号、东单 1331、丹玉 631、丹玉 530 等共 9 个品种可作为宜籽粒直收品种。

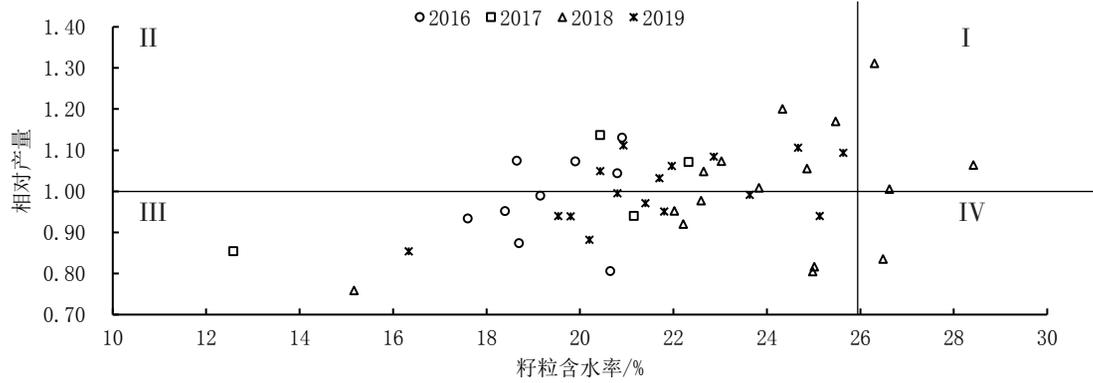


图6 玉米品种籽粒含水率与产量分布

表4 玉米品种籽粒含水率与产量分类结果

象限	品种
I	高产高水 宏硕 899、辽单 537、粒收 1 号、铁研 368
II	高产低水 丹 8662、良玉 99、桥玉 8 号、迪卡 516、铁研 388、丹玉 311、丹玉 311、铁研 58、丹玉 530、 丹玉 207、联达 522、辽单 522、粒收 1 号、郑单 958、锦华 228、东单 1331、 丹玉 631、丹玉 530、铁机玉 1901、宏硕 899
III	低产低水 丹 8663、丹 8653、丹 8439、丹 8420、利民 33、良玉 199、宏硕 585、丹玉 672、丹玉 465、 辽单 5201、宏途 1821、丹玉 288、宏途 769、铁机玉 1902、HS9061、雷育 899、J20、 铁研 58、丹玉 661、丹玉 439
IV	低产高水 联达 191

3 讨论与结论

籽粒破碎率高是降低籽粒机械化收获质量的关键问题。籽粒破碎不仅降低玉米销售价格还会增加烘干成本、贮藏霉变率。研究显示,籽粒含水率对破碎率影响显著,籽粒含水率与破碎率呈正相关^[13],收获时籽粒含水率高会大大提高破碎率。从国内外研究与生产实践来看,当玉米籽粒含水率为18%~23%时收获破碎率最低,机收质量较好^[9,13-14]。辽东地区玉米籽粒直收,破碎率高是主要限制因素。相关分析显示,籽粒含水率与破碎率呈正相关($R^2=0.4146^{**}$),本研究中2016~2019年,其中2018年平均籽粒破碎率超过5%,高于国家标准,平均籽粒含水率最高,这说明降低籽粒破碎率可从降低籽粒含水率入手。此外,机收损失率也直接影响籽粒机收质量,本研究中籽粒含水率与损失率呈负相关($R^2=0.3526^{**}$),籽粒含水率在21.4%~25.5%,籽粒破碎率与损失率均低于5%,达到国家标准。

辽东地区玉米产量年际间变异大、品种稳产

性差,种植密度低,品种种植以稀植型为主^[15]。本研究中2016~2019年,玉米平均产量在6 611~11 364 kg/hm²,主要受降雨量与日照时数影响。分析显示,产量与降雨量呈负相关($y=-0.0406x+1108.5$, $R^2=0.8066$),与日照时数呈正相关($y=0.0127x+1025.3$, $R^2=0.2201$)。因此,适宜籽粒机械化收获品种要适应阴雨寡照条件,同时具有丰产性。目前以中早熟、中熟、中晚熟品种为对象进行的品种筛选,中早熟、中熟品种虽然籽粒含水率在收获时较低,但产量均较低,本研究中第Ⅲ象限品种为低水低产品种,占比44.4%,占比最多。由此,以熟期换水分来实现籽粒机械化收获,在辽东地区优势不显著。选用中晚熟高产、稳产品种,延迟收获是辽东地区实现籽粒机械化收获的关键。本研究中,郑单958、铁研58、铁研388、宏硕899、辽单522、粒收1号、东单1331、丹玉631、丹玉530等品种均为熟期相对较晚的品种,通过延迟收获,收获时籽粒含水率低于25.5%、籽粒破碎率与损失率均能达到国家标准,可作为籽粒机械化收获品种进行推广。因此,选用中晚熟、丰产性、稳产

性强的品种,延迟收获,是实现辽东地区籽粒机械化收获的可行途径。

参考文献:

- [1] 王进军,桑立君.玉米籽粒机收发展及其与品种的关系[J].东北农业科学,2020,45(3):22-24,40.
- [2] 房海悦,李毅丹,曲文丽,等.玉米倒伏影响因素及其QTL定位研究进展[J].东北农业科学,2016,41(5):42-45.
- [3] 王克如,李少昆.玉米机械粒收破碎率研究进展[J].中国农业科学,2017,50(11):2018-2026.
- [4] 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.
- [5] 李少昆.我国玉米机械粒收质量影响因素及粒收技术的发展方向[J].石河子大学学报(自然科学版),2017,35(3):265-272.
- [6] 赵如浪,王永宏,李少昆,等.宁夏宜机收玉米品种的初步筛选[J].玉米科学,2019,27(1):130-135.
- [7] 庞晨,张翼飞,王玉凤,等.寒地不同玉米品种影响机收质量关键因素研究[J].玉米科学,2019,27(2):138-145.
- [8] 宋卫堂,封俊,胡鸿烈.北京地区夏玉米联合收获的试验研究[J].农业机械学报,2005(5):45-48.
- [9] Plett S. Corn kernel breakage as a function of grain moisture at harvest in a prairie environment[J]. Canada Journal Plant Science, 1994, 74(3): 543-544.
- [10] 王克如,李少昆,王延波,等.辽宁中部适宜机械粒收玉米品种的筛选[J].作物杂志,2018(3):97-102.
- [11] 李少昆,王克如,王立春,等.吉林玉米机械粒收质量影响因素研究及品种筛选[J].玉米科学,2018,26(4):55-62.
- [12] 孙雪芳.玉米耕层冠层协同优化对密植早衰的调控机制及其模式构建[D].北京:中国农业大学,2018.
- [13] 李璐璐,雷晓鹏,谢瑞芝,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.
- [14] 李少昆,王克如,谢瑞芝,等.玉米子粒机械收获破碎率研究[J].作物杂志,2017(2):76-80,173.
- [15] 付俊.丹东地区玉米机械化收获存在的问题及对策[J].农业科技通讯,2017(12):13-14.

(责任编辑:王昱)