中国生态农业学报(中英文)
Chinese Journal of Eco-Agriculture

山西省春玉米机械粒收质量及其影响因素分析

阎晓光，李　洪，董红芬，李爱军，王国梁，周　楠，胡　滢，杜艳伟

Analysis of mechanical grain harvesting quality and its influential factors of spring maize in Shanxi Province

YAN Xiaoguang, LI Hong, DONG Hongfen, LI Aijun, WANG Guoliang, ZHOU Nan, HU Ying, and DU Yanwei

在线阅读 View online: https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.210151

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

四川省夏玉米机械粒收适宜品种筛选与影响因素分析

Variety screening of mechanical grain harvest and analysis of influencing factors of summer maize in Sichuan Province

中国生态农业学报(中英文). 2020, 28(6): 835–842

收获时期对四川春玉米机械粒收质量的影响

Effects of harvesting date on mechanical grain–harvesting quality of spring maize in Sichuan Province

中国生态农业学报(中英文). 2020, 28(1): 50–56

玉米强弱势粒间机械脱粒破碎率的差异

Differences in mechanical threshing broken rate between superior and inferior maize grains

中国生态农业学报(中英文). 2020, 28(6): 843–851

提升土壤肥力可实现玉米机械粒收增产减损

Soil fertility improvement increases maize yield and reduces loss during mechanized grain harvest

中国生态农业学报(中英文). 2021, 29(6): 1061–1075

黄淮海夏玉米籽粒机收适宜光温指标研究

Suitable sunshine and temperature for mechanical grain harvesting of summer maize in the Huang–Huai–Hai Plain

中国生态农业学报(中英文). 2018, 26(8): 1149–1158

密度对春玉米生理成熟后倒伏变化的影响

Effect of planting density on lodging change of spring maize after physiological maturity

中国生态农业学报(中英文). 2021, 29(5): 855–869

关注微信公众号，获得更多资讯信息

中国生态农业学报(中英文) 2021 年 10 月 第 29 卷 第 10 期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, Oct. 2021, 29(10): 1704−1711

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.210151

阎晓光, 李洪, 董红芬, 李爱军, 王国梁, 周楠, 胡滢, 杜艳伟. 山西省春玉米机械粒收质量及其影响因素分析 [J]. 中国生态农业学报 (中英文), 2021, 29(10): 1704−1711
YAN X G, LI H, DONG H F, LI A J, WANG G L, ZHOU N, HU Y, DU Y W. Analysis of mechanical grain harvesting quality and its influential factors of spring maize in Shanxi Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(10): 1704−1711

山西省春玉米机械粒收质量及其影响因素分析*

阎晓光, 李 洪**, 董红芬, 李爱军, 王国梁, 周 楠, 胡 滢, 杜艳伟

(山西农业大学谷子研究所 长治 046001)

摘 要: 开展玉米机械粒收质量及其影响因素研究, 对推动山西省玉米机械粒收发展, 提升玉米产业核心竞争力有重要意义。本文以 5 个前期试验筛选的适宜机械粒收品种为材料, 设置 6 个收获时期, 在同一地块采用同一台机械与同一位农机手操作收获, 研究不同收获期对机械粒收质量与产量的影响。研究表明, 籽粒含水率随着收获时期的延迟降低; 籽粒破碎率与机收落粒率随着收获时期延迟前期快速降低后期趋于稳定略有升高; 杂质率随着收获时期的延迟逐步降低最后趋于稳定; 落穗损失率随着收获时期的延迟升高。10 月 15 日收获比 9 月 24 日收获平均增产 11.9%。高的籽粒破碎率是限制山西省春玉米机械粒收的主要因素。籽粒含水率与破碎率模型为 y=0.03x^2−1.224x+16.78 (R^2=0.802**)。当籽粒含水率为 20.4% 时, 籽粒破碎率最低。籽粒含水率在 15.6%~25.2% 区间收获, 破碎率能够达到≤5% 的国家标准。在山西省春玉米区选择适宜机械粒收品种, 收获时间推迟到 10 月 15 日, 可达到理想粒收质量并增产。‘长单 511’ ‘迪卡 159’和‘长单 716’在粒收质量与产量方面均表现优秀, 可作为山西省春玉米区机械粒收品种推广应用。

关键词: 玉米; 机械粒收; 破碎率; 籽粒含水率; 粒收产量

中图分类号: S513; S372 **开放科学码(资源服务)标识码(OSID):**

Analysis of mechanical grain harvesting quality and its influential factors of spring maize in Shanxi Province*

YAN Xiaoguang, LI Hong**, DONG Hongfen, LI Aijun, WANG Guoliang, ZHOU Nan, HU Ying, DU Yanwei

(Millet Research Institute, Shanxi Agricultural University, Changzhi 046001, China)

Abstract: The study of mechanical grain harvesting quality and its influential factors is significant for popularizing mechanical maize harvesting technology in Shanxi Province and enhancing the core competitiveness of the maize industry. To study the influence of harvest time on the quality and yield of maize mechanically grain harvested, five maize varieties suitable for mechanical harvest were harvested at six times (Septmber 24th, and October 1st, 8th, 15th, 22th and 29th) by the same harvester and driver. The grain moisture content, broken rate, impurity rate, as well as ear loss rate, grain loss rate, total loss rate and yield of maize were investigated. The results were as follows: first, the grain moisture content declined gradually with a delayed harvest time. With a delayed harvest time, the grain broken rate and loss rate decreased rapidly in the early period but was stable and slightly increased in the later period. Furthermore, with a delayed harvest time, the impurity rate declined gradually and tended to be stable at the end. Finally, with a delayed harvest time, the ear loss rate increased gradually. The average yield when the field was harvested on October 15th was 11.9% higher

* 国家现代玉米产业技术体系建设专项 (nycytx-02) 和国家重点研发计划项目 (2017YFD0101104) 资助
** 通信作者: 李洪, 主要研究方向为玉米遗传育种。E-mail: liho0910@163.com
阎晓光, 主要研究方向为玉米高产栽培。E-mail: gzsyxg001@163.com
收稿日期: 2021-03-13 接受日期: 2021-06-10

* This study was supported by the Special Fund for the Industrial Technology System Construction of Modern Agriculture of China (nycytx-02) and the National Key Research and Development Program of China (2017YFD0101104).
** Corresponding author, E-mail: liho0910@163.com
Received Mar. 13, 2021; accepted Jun. 10, 2021

than that harvested on September 24th. The high grain broken is the main factor limiting the quality of mechanical grain harvesting of spring maize in Shanxi Province. The relationship between grain moisture content and broken rate could be fitted in the model $y=0.03x^2-1.224x+16.78$ ($R^2=0.802^{**}$). The grain broken rate was the lowest when its moisture content was 20.4%. When the grain moisture content was between 15.6% and 25.2%, its broken rate was less than the national standard of 5%. Choosing the optimal variety for mechanical harvest in the spring maize area of Shanxi Province and harvesting on October 15th could guarantee harvesting quality and yield. 'Changdan 511' 'Dika 159' and 'Changdan 716', which have both perfect mechanical harvest quality and high yield, could be used as mechanical harvest varieties in the spring maize area of Shanxi Province.

Keywords: Maize; Mechanical grain harvesting; Grain broken rate; Grain moisture content; Grain harvesting yield

玉米 (*Zea mays*) 是山西省第一大粮食作物[1]。近年来玉米种植面积和总产量分别占山西省粮食作物播种面积与总产量的 50% 和 70% 左右[2]。山西省春玉米种植面积占玉米种植总面积的 75% 左右。随着山西省玉米产业的稳步发展, 城镇化进程加快, 农村劳动人口逐年递减, 劳动力成本呈逐年增高的态势[3-5]。玉米全程机械化生产技术在玉米产业竞争力提升中起着关键性作用[6-9]。目前, 山西省春玉米生产过程中机械化程度已经很高, 但是在收获环节 90% 的面积是机械穗收, 机械粒收的面积较小。机械穗收在后期的运输、仓储、脱粒等环节增加了生产成本, 是玉米生产机械收获的过渡方式, 不是长久的机械收获方式, 最终的收获方式是机械籽粒直收, 只有实现机械籽粒直收技术的大面积推广, 山西省玉米产业的竞争力才能够得到关键提升。前人在西北、东北、黄淮海等地区对籽粒直收技术进行了大量研究[10-13]。郝引川等[14] 研究得出, 籽粒破碎率高是影响陕西灌溉春玉米区机械粒收质量的关键因素, 通过选择收获期含水率低的品种、适当的机收时间可以提高陕西春玉米机械粒收质量。李少昆等[15] 研究表明, 北京春玉米区延迟 10 d 收获, 能够显著降低籽粒含水率, 粒收质量得到明显改善。吕天放等[16] 研究认为, 籽粒含水率与破碎率和落粒率呈极显著正相关, 与杂质率显著正相关, 籽粒含水率是影响'京农科 828'机械粒收质量的主要因素。李璐璐等[17] 在黄淮海夏玉米区建立了以积温预测籽粒含水率动态变化及其适宜机械粒收时间的预测方法。

当前, 玉米机械粒收技术研究主要集中在西北、东北地区。山西省春玉米区相关研究目前尚鲜见报道。为此, 本文在前人研究的基础上, 选用课题组在 2012—2017 年筛选出的 5 个适宜机械粒收品种, 通过 9 月 24 日—10 月 29 日的 6 次收获对山西省目前玉米机械粒收质量及其影响因素以及不同收获时期机收产量的变化趋势进行研究, 探讨收获时籽粒含水率与机械粒收质量之间的关系, 对确定山西省春玉米机械粒收的最佳收获时间以及机械粒收技术在山西省的大面积推广有重要意义。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试玉米品种为课题组 2012—2017 年在 4 地共 8 点次进行的机收籽粒品种筛选试验中选出的 5 个宜粒收品种, 分别为'长单 716'(CD716)、'迪卡 517'(DK517)、'金科玉 3306'(JKY3306)、'长单 511'(CD511) 和'迪卡 159'(DK159)。

1.2　试验设计

试验于 2019 年在山西省高平市河西镇仙井村进行。试验采用裂区设计, 主区为收获时期, 副区为品种。大田带状种植, 主区每个品种种植 7 行, 行距 0.6 m, 行长 300 m, 收获中间 3 行。试验于 4 月 26 日播种, 种植密度统一为 75 000 株·hm^{-2}, 全生育期管理同周边大田生产。当地传统生产收获时期为 10 月 1—5 日, 试验设置 6 个收获时期, 依次是 9 月 24 日、10 月 1 日、10 月 8 日、10 月 15 日、10 月 22 日和 10 月 29 日。收获时使用同一台收获机, 同一个农机手操作, 收获机选用的是春雨 CPS30 型玉米籽粒收获机, 割幅 3 行, 每个品种每次收获 30 m 长×1.8 m 宽。2019 年试验地玉米生长季气温与降雨如图 1 所示。

1.3　测定项目与方法

1.3.1　籽粒含水率

机收后随机取籽粒样品 5 份, 每份 200 g, 烘干法测定其含水率取平均值。

1.3.2　收获破碎率、杂质率

机收后随机取籽粒样品 5 份, 每份 500 g。人工将每份样品的破碎籽粒与非籽粒杂质挑拣出来分别称重, 求其 5 份样品破碎率与杂质率的平均值。

$$破碎率(\%) = 破碎籽粒重(g)/500\ g \times 100\% \quad (1)$$

$$杂质率(\%) = 非籽粒杂质重(g)/500\ g \times 100\% \quad (2)$$

1.3.3　落粒损失率、落穗损失率和总损失率

机收后在机收区随机选取 5 个样点, 每个样点长 3 m, 宽 1.8 m (一个割幅宽 3 行区)。人工拣拾样点内全部落粒与落穗, 分别对落粒、落穗的籽粒称

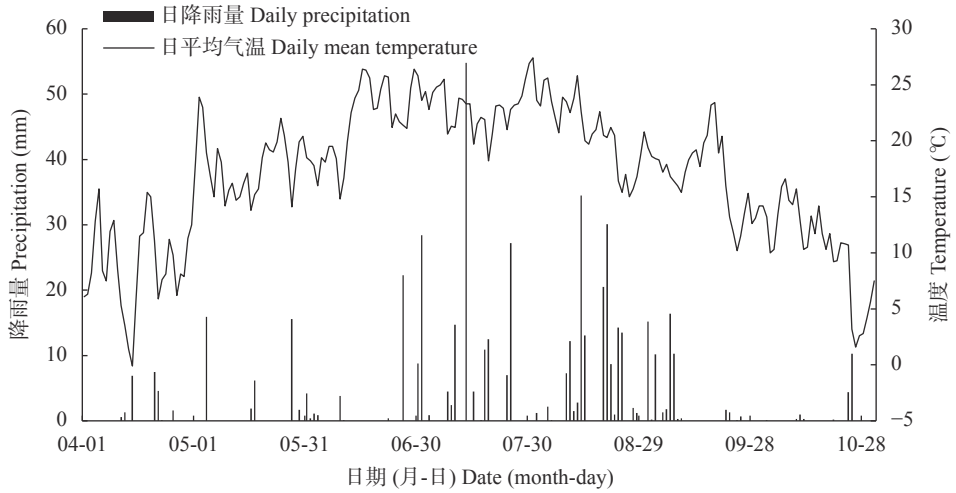

图 1 试验地区玉米季降雨与日平均气温

Fig. 1 Daily precipitation and average temperature in maize season of the experimental area

重, 根据样点面积计算出单位面积的落粒重与落穗粒重。对应机收面积和机收籽粒重来计算机收单位面积产量。

落粒损失率(%) = 落粒重/(机收产量 + 落粒重 + 落穗粒重) × 100% (3)

落穗损失率(%) = 落穗粒重/(机收产量+落粒重+落穗粒重)× 100% (4)

总损失率(%) = 落粒损失率(%)+落穗损失率(%) (5)

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 处理数据作图, SPSS 19 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同收获时期籽粒含水率的变化

据图 2 可知, 玉米收获时各品种籽粒含水率均表现为随着收获时期的推后而降低, 不同品种在同一个收获时期内籽粒含水率差异明显。6 个收获时期

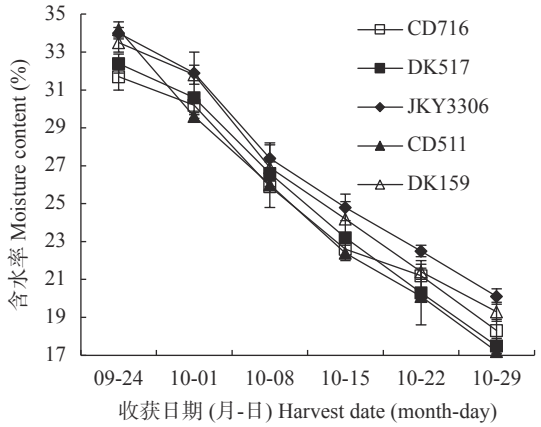

图 2 不同收获时期不同玉米品种的籽粒含水率

Fig. 2 Grain moisture contents of different maize varieties harvested in different dates

5 个品种的籽粒含水率平均值由高到低分别为 33.16%、 30.82%、 26.56%、 23.44%、 21.10% 和 18.48%。5 个供试品种中 CD511 在 9 月 24 日第 1 次收获时籽粒含水率最高, 但从 10 月 15 日收获开始籽粒含水率在 5 个供试品种中最低, 说明该品种在生理成熟后田间站秆脱水速率快。JKY3306 在后 5 次收获中籽粒含水率均高于其余 4 个品种。

2.2 收获时期对机械粒收破碎率和杂质率的影响

随着收获时期的推后, 试验品种的籽粒破碎率呈前期降低后期趋于稳定略有升高的趋势。杂质率随着收获时期的推后表现为逐步降低并趋于稳定的趋势, 杂质率品种间的差异随着收获时期推后而逐步缩小 (图 3)。6 次收获中籽粒破碎率平均值依次为 9.54%、8.28%、5.64%、4.78%、3.78% 和 5.16%, 9 月 24 日到 10 月 8 日的 3 次收获各品种的籽粒破碎率均超过“玉米收获机械技术条件”(GB/T 21962—2008)[18] 中≤5% 的国家标准, 10 月 15 日和 10 月 22 日两次收获中, 只有 JKY3306 破碎率>5%, 10 月 29 日收获中 CD511 和 DK159 破碎率≤5%, CD511 和 DK159 在 10 月 8 日后的 4 次收获中破碎率均符合国家标准, CD511 的破碎率最低, 10 月 15 日后的 3 次收获均在 4% 以下, 10 月 22 日收获时破碎率仅为 2.4%。9 月 24 日收获时 5 个品种的杂质率均>3% 的国家标准, 后 5 次收获 5 个品种的杂质率均≤3%, 6 次收获杂质率平均值依次为 4.50%、2.64%、1.74%、0.80%、0.84% 和 0.50%。不同收获时期品种间破碎率、杂质率差异不同, JKY3306 在 10 月 8 日之外的 5 次收获中破碎率均表现最高, CD511 在 9 月 24 日和 10 月 8 日之外的 4 次收获中破碎率均表现最低, DK159 在 9 月 24 日和 10 月 8 日的收获中破碎率均表现最低; 杂质率在 9 月 24 日和 10 月 1 日两次收获

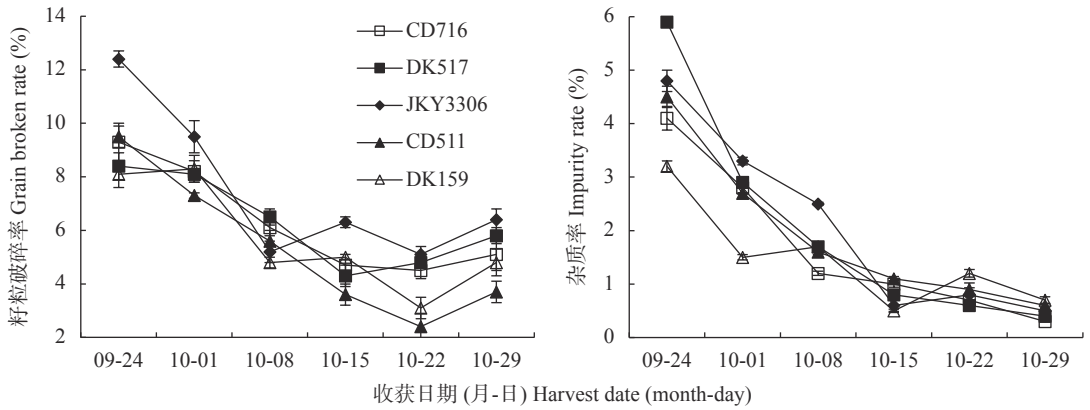

图 3　不同收获时期不同玉米品种机械粒收的籽粒破碎率和杂质率

Fig. 3　Grain broken rates and impurity rates of mechanical grain harvest of different mazie varieties harvested in different dates

中 DK159 均表现最低, 9 月 24 日收获时 DK517 杂质率最高, 10 月 1 日收获时 JKY3306 杂质率最高, 10 月 8 日收获时 JKY3306 杂质率最高, 10 月 15 日后的 3 次收获中品种间杂质率差异不明显。

2.3　收获时期对机械粒收损失率的影响

机械粒收过程中损失主要由落穗和落粒两部分组成。落穗损失率随着收获时间的推后而升高, 且品种间差异增大 (图 4), 6 次收获落穗损失率平均值依次为 0.68%、1.32%、1.64%、1.84%、2.52% 和 3.36%。落粒损失率随着收获时间的推后呈现出前期降低后期升高的趋势, 6 次收获落粒损失率平均值依次为2.64%、1.9%、1.64%、0.96%、0.72% 和1.56%。籽粒总损失率在前 3 次收获中差异不显著, 10 月 15 日收获总损失率达到最低, 最后 2 次收获, 总损失率显著升高 (图 5), 品种的总损失率从高到低依次为 JKY3306>CD716>DK517>DK159>CD511, 总损失率只有在 10 月 22 日收获时 JKY3306、10 月 29 日收获时 KY3306、CD716、DK517 这 4 个品次>5%, 高于国家标准, 其余收获品次均≤5%。

2.4　不同收获时期机收产量的变化

玉米机械粒收产量在 9 月 24 日到 10 月 15 日 4 次收获过程中呈快速上升趋势, 10 月 15 日后产量趋于稳定略有降低 (图 6)。10 月 22 日和 10 月 29 日 2 次收获除 JK3306 外 4 个品种机收产量略低于 10 月 15 日收获机收产量。10 月 15 日收获比 9 月 24 日第 1 次收获平均增产率为 11.9%, 其中 CD511 的增产率最高, 达 15.8%。5 个品种在 10 月 15 日收获时产量从高到低依次为 CD511>CD716>DK159>DK517>JKY3306。

2.5　收获时籽粒含水率与机收质量的关系

随着籽粒含水率的降低, 机收籽粒破碎率表现出前期快速降低后期有所升高的趋势, 拟合二次曲线方程为 y=0.030 x^2−1.224 x+16.78 (R^2=0.802**), 当籽粒含水率为 20.4% 时, 籽粒破碎率达 3.89%, 为最低值, 当籽粒含水率在 15.6%~25.2% 收获时, 籽粒破碎率能够达到≤5% 的国家标准。杂质率随着籽粒含

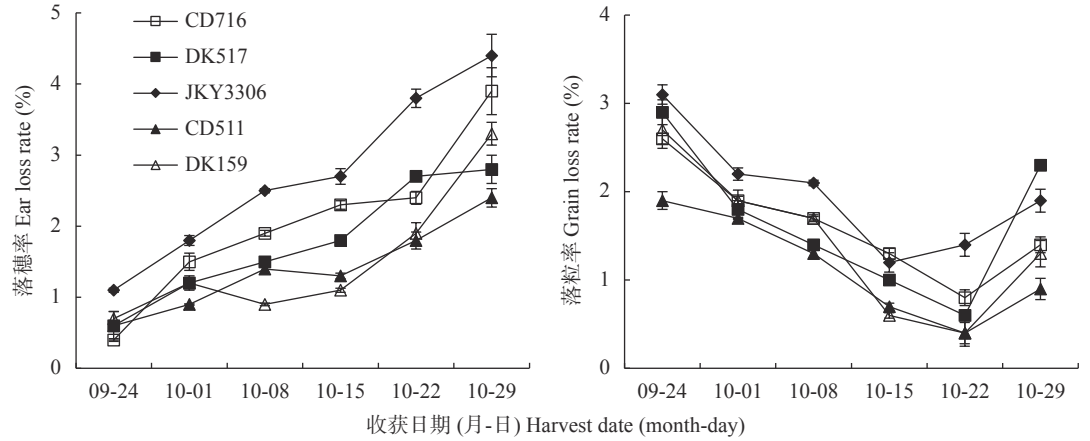

图 4　不同收获时期不同玉米品种机械粒收的落穗率和落粒率

Fig. 4　Ear loss rates and grain loss rates of mechanical grain harvest of different maize varieties harvested in different dates

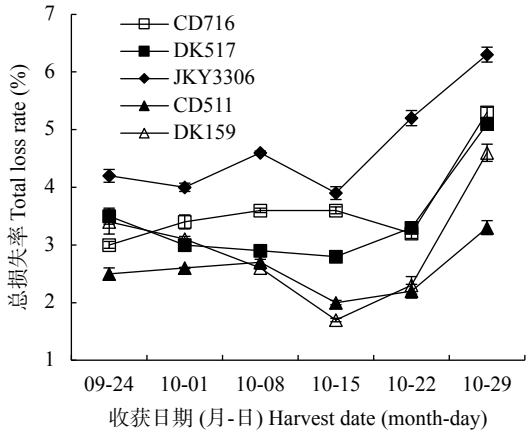

图 5 不同收获时期不同玉米品种机械粒收的总损失率

Fig. 5 Total grain loss rates of mechanical grain harvest of different maize varieties harvested in different dates

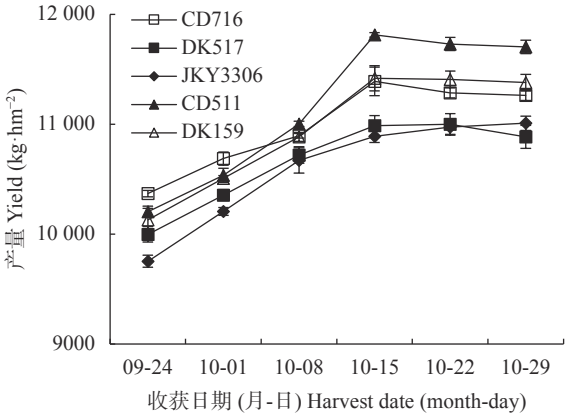

图 6 不同收获时期不同玉米品种的机械粒收产量

Fig. 6 Grain yields of mechanical grain harvest of different maize varieties harvested in different dates

水率的降低表现为逐步降低并趋于稳定的趋势, 方程拟合为 $y=0.037e^{0.140x}$ ($R^2=0.832^{**}$), 当籽粒含水率高于 33.6% 时, 杂质率会>3% 的国家标准。落穗损失率随着籽粒含水率降低表现为升高的趋势, 方程拟合为 $y=18.41e^{-0.08x}$ ($R^2=0.626^{**}$), 当含水率低于 15.7% 时, 落穗损失率>5%。落粒损失率随着籽粒含水率的降低呈现出前期降低后期升高趋势, 二次曲线方程拟合为 $y=0.011x^2-0.478x+6.278$ ($R^2=0.605^{**}$), 当籽粒含水率为 21.7% 时, 落粒损失率达 1.09% 最小值 (图 7)。

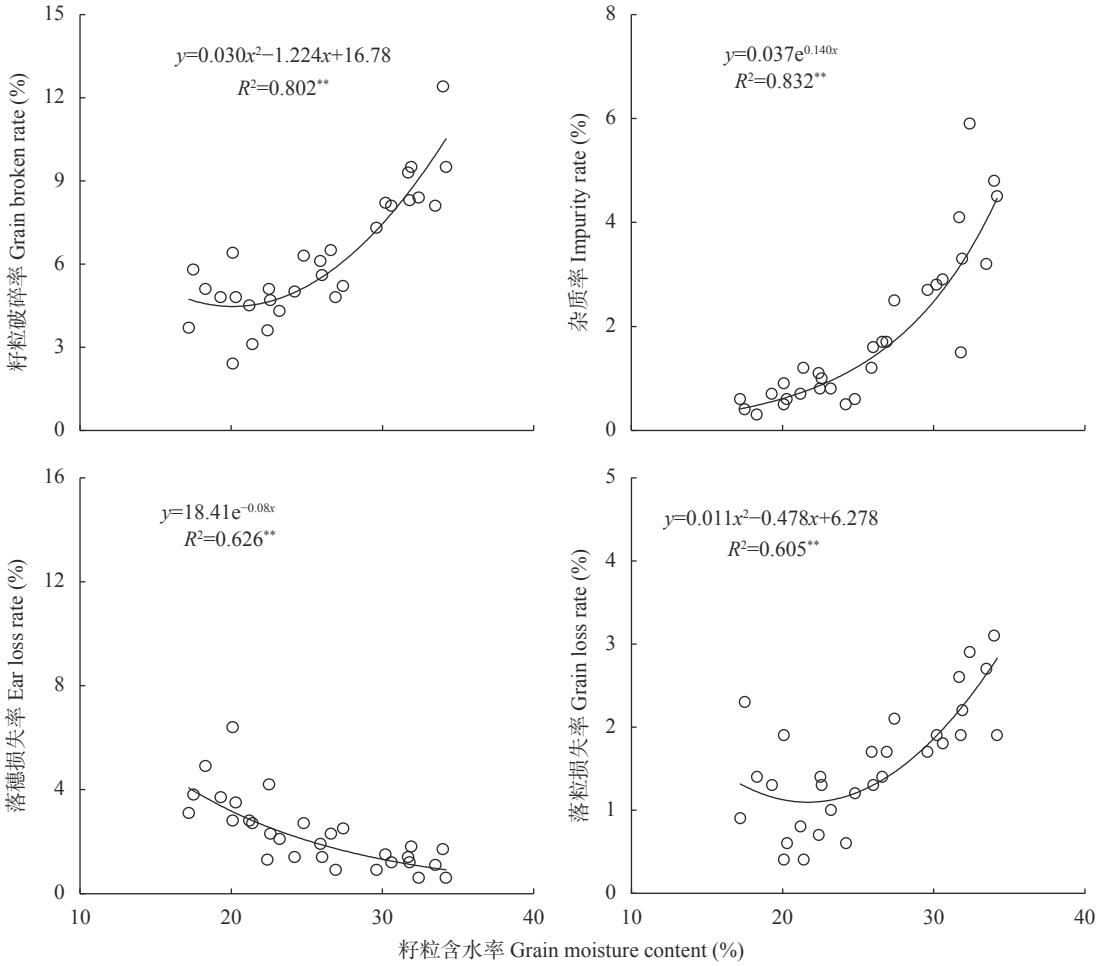

图 7 玉米收获时籽粒含水率与机械粒收破碎率、杂质率、落穗率和落粒率的关系

Fig. 7 Relationships of grain moisture content with broken rate, impurity rate, ear loss rate and grain loss rate of mechanical grain harvest of maize

3　讨论

玉米机械粒收质量与收获时籽粒含水率关系密切, 要达到理想的粒收质量需要在一个适当的籽粒含水率区间收获[19-21]。前人研究得出机械粒收籽粒破碎率在籽粒含水率为 17%~24% 区间最低, 含水率高于或者低于该区间, 籽粒破碎率都会升高[22]。前人的研究多以大量试验品种样本在一次收获过程中的研究, 或收获周期较短籽粒脱水时间不够长。机械粒收质量受多方面因素影响, 收获农机、农机手、气候环境、品种差异等。本试验供试品种为多年来粒收品种筛选试验结果, 在同一地块环境下使用同一台收获机械, 由同一位农机手操作来研究不同收获时期对粒收质量的影响。研究结果表明, 玉米收获时籽粒含水率表现为随着收获时期的推后而降低, 在 9 月 24 日到 10 月 8 日期间站秆脱水速率最快, 当地传统收获时期正好在该时间区间内, 传统收获时期偏早是籽粒含水率高的关键因素; 随着收获时期推后籽粒含水率降低, 试验品种的籽粒破碎率前期快速降低后期趋于稳定略有升高, 籽粒含水率是影响破碎率的关键因素。梁效贵等[23] 研究得出籽粒含水率下降的过程中籽粒抗破损能力显著上升。本研究表明, 随着含水率下降机械粒收籽粒破碎率降低, 含水率下降到一定范围后破碎率不再降低, 会有升高的趋势, 与李璐璐等[24] 对夏玉米籽粒含水率对机械粒收破碎率影响研究得出玉米籽粒含水率逐渐降低, 机械粒收破碎率先降低后升高的结果一致。本研究中, 杂质率随着收获时期的推后逐步降低并趋于稳定; 落穗损失率随着收获时期的推后逐步升高, 落穗损失率升高主要是由于随着收获时期的推后植株倒伏率增加造成; 落粒损失率随着收获时期的推后前期降低后期升高。孔凡磊等[25] 对四川春玉米机械粒收质量研究得出, 随着收获时间推后落粒率变化规律不明显, 与本研究结果不一致, 可能是收获时期四川比山西早 2 个月左右, 环境因素不同造成的。本试验结果机械粒收籽粒破碎率在 9 月 24 日到 10 月 8 日的 3 次收获中各品种均>5%, 高于国家标准, 10 月 15 日和 10 月 22 日两次收获中 JKY3306 破碎率>5%, 10 月 29 日收获中 CD511 和 DK159 破碎率≤5%, 杂质率 9 月 24 日第 1 次收获时>3% 的国家标准, 总损失率 JKY3306 每次收获都>5%, 高于国家标准, 10 月 29 日收获时 CD716、DK517 总损失率也>5%, CD511 和 DK159 在每次收获的总损失率均≤5%, CD511 总损失率最低, 6 次收获平均值仅为 2.6%, 总损失率品种间差异较大。通过拟合方程, 当籽粒含水率为 21.7% 时, 落粒损失率最小。机械粒收过程中高的籽粒破碎率成为限制山西省春玉米机械粒收质量的主要因素, 籽粒含水率与破碎率的模型为 $y=0.03x^2-1.224x+16.78$ ($R^2=0.802^{**}$), 当籽粒含水率为 20.4% 时, 籽粒破碎率为最低值 (3.89%), 当籽粒含水率在 15.6%~25.2% 区间收获时, 籽粒破碎率能够达到≤5% 的国家标准。

适期收获在提高机械粒收质量的同时能够显著提高产量, 10 月 15 日比 9 月 24 日收获平均增产达 11.9%, 其中 CD511 的增产率最高。刘月娥等[26] 对不同生态区玉米晚收增产效果研究表明, 玉米适时晚收具有明显增产效果, 增产幅度随着纬度的降低而增加, 适宜的晚收时间与当地生态条件也密切相关。陈现平等[27] 对淮北地区玉米收获期研究发现, 与生理成熟时收获相比, 推迟收获 12~17 d, 可增产 17.7%~24.1%。山西省春玉米区传统生产习惯生理成熟在 10 月 1 日左右, 收获时间为 10 月 1—5 日。本研究发现在 10 月 15 日收获产量达最高值, 与 10 月 15 日收获总损失率最低一致, 推迟收获增加了籽粒生理成熟后对光温资源的利用, 从而通过增加千粒重提高产量。山西省春玉米区相比东北、西北等地有效积温高, 生产中传统收获后, 土地处于闲置期, 没有对后期光温资源充分利用。在 10 月 15 日收获不仅能够达到理想机械粒收质量, 而且产量达到最高, 继续推迟收获时期籽粒破碎率与总损失率会升高, 从而导致粒收质量与产量的降低。

4　结论

通过延迟收获时间, 籽粒含水率降为 15%~25%, 能够达到理想的机械粒收质量。在山西省春玉米区, 选择适宜机械粒收的品种, 且比传统收获时间推迟 15 d 左右, 10 月 15 日收获, 能够达到低破碎率、低损失率粒收质量的同时还能提高产量, 比传统时间收获增产 10% 左右。本试验中‘长单 511’‘迪卡 159’和‘长单 716’在机械粒收质量与产量方面均表现优秀, 可作为山西省春玉米区机械粒收品种推广应用。

参考文献　References

[1] 侯有良, 卢保红, 魏荣业, 等. 山西玉米生产中存在的主要问题及其解决对策[J]. 山西农业科学, 2012, 40(11): 1129−1131
HOU Y L, LU B H, WEI R Y, et al. Major problems and solution measures in maize production of Shanxi[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2012, 40(11): 1129−1131

[2] 王美霞, 赵怀生, 李海燕, 等. 山西玉米产业现状与发展思考[J]. 山西农业科学, 2013, 41(3): 301−303

WANG M X, ZHAO H S, LI H Y, et al. Status of corn industry in Shanxi Province and its development idea[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2013, 41(3): 301−303

[3] 李洪, 阎晓光, 王国梁, 等. 山西省春玉米机械粒收品种筛选与大田示范[J]. 玉米科学, 2018, 26(5): 117−122
LI H, YAN X G, WANG G L, et al. Cultivars selection of high yield spring maize suitable for mchanical kernel harvest and field demonstration in Shanxi[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(5): 117−122

[4] 宫帅, 郭正宇, 张中东, 等. 山西玉米子粒含水率与机械粒收收获质量的关系分析[J]. 玉米科学, 2018, 26(4): 63−67
GONG S, GUO Z Y, ZHANG Z D, et al. Analysis of relationship between maize grain moisture content and quality of mechanical grain harvest in Shanxi[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(4): 63−67

[5] 孔凡磊, 赵波, 詹小旭, 等. 四川省夏玉米机械粒收适宜品种筛选与影响因素分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(6): 835−842
KONG F L, ZHAO B, ZHAN X X, et al. Variety screening of mechanical grain harvest and analysis of influencing factors of summer maize in Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(6): 835−842

[6] 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
LI S K. Factors affecting the quality of maize grain mechanical harvest and the development trend of grain harvest technology[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2017, 35(3): 265−272

[7] 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
WANG K R, LI S K. Progresses in research on grain broken rate by mechanical grain harvesting[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(11): 2018−2026

[8] 谢瑞芝, 雷晓鹏, 王克如, 等. 黄淮海夏玉米子粒机械收获研究初报[J]. 作物杂志, 2014, (2): 76−79
XIE R Z, LEI X P, WANG K R, et al. Research on corn mechanically harvesting grain quality in Huanghuaihai Plain[J]. Crops, 2014, (2): 76−79

[9] 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
LIU F H, WANG K R, LI J, et al. Factors affecting corn mechanically harvesting grain quality[J]. Crops, 2013, (4): 116−119

[10] 张万旭, 明博, 王克如, 等. 基于品种熟期和籽粒脱水特性的机收粒玉米适宜播期与收获期分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(10): 1890−1898
ZHANG W X, MING B, WANG K R, et al. Analysis of sowing and harvesting allocation of maize based on cultivar maturity and grain dehydration characteristics[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(10): 1890−1898

[11] 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
CHAI Z W, WANG K R, GUO Y Q, et al. Current status of maize mechanical grain harvesting and its relationship with grain moisture content[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(11): 2036−2043

[12] 赵波, 李小龙, 周茂林, 等. 西南玉米机械粒收籽粒破碎率现状及影响因素分析[J]. 作物学报, 2020, 46(1): 74−83
ZHAO B, LI X L, ZHOU M L, et al. Current status and influencing factors of broken rate in mechanical grain harvesting of maize in Southwest China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2020, 46(1): 74−83

[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
LI L L, LEI X P, XIE R Z, et al. Analysis of influential factors on mechanical grain harvest quality of summer maize[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(11): 2044−2051

[14] 郝引川, 张仁和, 张兴华, 等. 陕西春玉米子粒含水率与机械粒收质量的关系分析[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 122−125
HAO Y C, ZHANG R H, ZHANG X H, et al. Relationship of maize grain mechanical harvesting traits and grain moisture in Shaanxi Provence[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(6): 122−125

[15] 李少昆, 王克如, 裴志超, 等. 北京春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(6): 110−115
LI S K, WANG K R, PEI Z C, et al. Study on the influencing factors of maize mechanical grain harvest quality and cultivars selection in Beijing[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(6): 110−115

[16] 吕天放, 徐田军, 赵久然, 等. 京农科828京津冀夏播玉米区机收子粒质量研究[J]. 玉米科学, 2020, 28(5): 137−141
LYU T F, XU T J, ZHAO J R, et al. Study on the grain mechanical harvesting quality of Jingnongke828 in Jing-Jin-Ji summer maize area[J]. Journal of Maize Sciences, 2020, 28(5): 137−141

[17] 李璐璐, 明博, 谢瑞芝, 等. 黄淮海夏玉米品种脱水类型与机械粒收时间的确立[J]. 作物学报, 2018, 44(12): 1764−1773
LI L L, MING B, XIE R Z, et al. Grain dehydration types and establishment of mechanical grain harvesting time for summer maize in the Yellow-Huai-Hai Rivers Plain[J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(12): 1764−1773

[18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 玉米收获机械 技术条件: GB/T 21962—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. Technical Requirements for Maize Combine Harvester: GB/T 21962—2008[S]. Beijing: China Standards Press, 2008

[19] THOMISON P R, MULLEN R W, LIPPS P E, et al. Corn response to harvest date as affected by plant population and hybrid[J]. Agronomy Journal, 2011, 103(6): 1765−1772

[20] HUANG H, FAULKNER D B, BERGER L L, et al. Harvest date influence on dry matter yield and moisture of corn and stover[J]. Transactions of the ASABE, 2012, 55(2): 593−598

[21] 王克如, 李璐璐, 郭银巧, 等. 不同机械作业对玉米子粒收获质量的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(1): 114−116
WANG K R, LI L L, GUO Y Q, et al. Effects of different mechanical operation on maize grain harvest quality[J]. Journal of Maize Sciences, 2016, 24(1): 114−116

[22] 李少昆, 王克如, 杨利华, 等. 河北夏播区玉米机械粒收质量及影响因素研究[J]. 玉米科学, 2019, 27(2): 120−128
LI S K, WANG K R, YANG L H, et al. Study on the influencing factors of quality of kernels in maize mechanical kernel harvest as well as cultivar selection in Hebei Province[J]. Journal of Maize Sciences, 2019, 27(2): 120−128

[23] 梁效贵, 赵雪, 吴巩, 等. 推迟收获对华北夏玉米籽粒脱水和力学特性的影响及其品种差异[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(5): 1−9
LIANG X G, ZHAO X, WU G, et al. Grain dehydration and mechanical characteristics of different summer maize hybrids and their responses to delayed harvest in the North China Plain[J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(5): 1−9

[24] 李璐璐, 薛军, 谢瑞芝, 等. 夏玉米籽粒含水率对机械粒收质量的影响[J]. 作物学报, 2018, 44(12): 1747−1754
LI L L, XUE J, XIE R Z, et al. Effects of grain moisture content on mechanical grain harvesting quality of summer maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(12): 1747−1754

[25] 孔凡磊, 赵波, 吴雅薇, 等. 收获时期对四川春玉米机械粒收质量的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(1): 50−56
KONG F L, ZHAO B, WU Y W, et al. Effects of harvesting date on mechanical grain-harvesting quality of spring maize in Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(1): 50−56

[26] 刘月娥, 谢瑞芝, 张厚宝, 等. 不同生态区玉米适时晚收增产效果[J]. 中国农业科学, 2010, 43(13): 2820−2828
LIU Y E, XIE R Z, ZHANG H B, et al. Study on increasing rate of maize yield after putting off harvest time in different ecoregions[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(13): 2820−2828

[27] 陈现平, 李运民, 戚尚恩. 淮北地区玉米夏播制种的灌浆速度和最适收获期[J]. 安徽农业科学, 1999, 27(5): 438−439, 441
CHEN X P, LI Y M, QI S E. The filling speed and optimum harvest period of summer maize seed production in Huaibei area[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 1999, 27(5): 438−439, 441