

郑单 958 与先玉 335 子粒脱水特征研究

李璐璐, 谢瑞芝, 范盼盼, 雷晓鹏, 王克如, 侯 鹏, 李少昆

(中国农业科学院作物科学研究所/农业部作物生理生态重点实验室, 北京 100081)

摘 要: 以目前我国种植面积最大的玉米品种郑单 958 和先玉 335 为试验材料, 对其子粒脱水情况及相关因素进行初步分析。研究结果表明, 子粒含水率与脱水速率均随生育进程的推进不断降低, 但两个品种差异明显。生理成熟时, 郑单 958 子粒含水率为 27.19% ~ 30.51%, 先玉 335 为 24.61% ~ 26.78%, 较郑单 958 低 2.58 ~ 3.73 个百分点。含水率稳定时, 郑单 958 和先玉 335 的子粒含水率分别为 21.77% 和 16.96%, 先玉 335 较郑单 958 低 4.81 个百分点。郑单 958 的子粒脱水速率低于先玉 335, 调查范围内该品种种子粒含水率均高于先玉 335。相关分析显示, 子粒含水率变化与苞叶、穗轴的含水率变化呈极显著正相关, 与穗柄含水率变化无相关性, 苞叶和穗柄的含水率品种间差异不显著, 穗轴含水率则有明显的品种间差异。

关键词: 玉米; 品种; 子粒含水率; 脱水速率

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Study on Dehydration in Kernel Between Zhengdan958 and Xianyu335

LI Lu-lu, XIE Rui-zhi, FAN Pan-pan, LEI Xiao-peng, WANG Ke-ru, HOU Peng, LI Shao-kun

(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences /

Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology, Beijing 100081, China)

Abstract: Using Zhengdan958 and Xianyu335 which have the largest planting acreage in our country as experimental materials, the dehydration of kernel and related factors was analyzed. The results showed that the moisture content of the kernel and the dehydration rate continuously decreased with the advancing growth process, but two varieties had some significant differences. At physiological maturity stage, the moisture content in the kernel of Zhengdan958 changed from 27.19% to 30.51%, while 24.61% – 26.78% for Xianyu335 which was 2.58 – 3.73 percentage points lower than Zhengdan958. When moisture became stable, the moisture contents in the kernel of Zhengdan958 and Xianyu335 respectively were 21.77% and 16.96%, and Xianyu335 was 4.81 percentage points less than Zhengdan958. Because of the lower dehydration rate than Xianyu335, Zhengdan958 had a higher moisture content of the kernel within the scope of the investigation. Although the correlation analysis showed that changes of moisture content in kernel was significantly positively correlated with bract and cob, while there were no correlation between changes of moisture content in kernel and ear-pedicel, but the difference of moisture content between varieties of bract and ear-pedicel was not significant, and there was distinct difference of moisture content between varieties of cob.

Key words: Maize; Variety; Moisture content of kernel; Dehydration rate

子粒含水率是影响玉米子粒收获质量的主要因素, 子粒含水率与子粒破碎率和杂质率呈显著正相

关, 与损失率呈极显著负相关, 且不同基因型品种子粒含水率对收获质量的影响明显不同^[1~3]。子粒含水率由脱水速率决定, 国内外研究表明, 遗传因素是影响玉米子粒脱水速率的内因, 脱水速率主要受加性效应基因控制, 且高度遗传^[4]; 子粒含水量的遗传变异率较大, 广义遗传力较小, 杂交种子粒水分含量与母本呈正相关^[5]。

郑单 958 和先玉 335 是目前我国种植面积最大的玉米品种, 且生育期相近, 但收获时子粒含水率差

收稿日期: 2016-01-19

基金项目: 国家玉米产业技术体系项目(CARS-02-25)、国家自然科学基金(31271663)

作者简介: 李璐璐(1991-), 女, 河南洛阳人, 硕士, 主要从事玉米栽培研究。E-mail: lilulu19910818@163.com
李少昆为本文通讯作者。

别显著且子粒脱水速率存在较大差异^[6]。前人关于子粒脱水研究多止步于大田收获时期,鲜有涉及生理成熟后子粒含水率变化情况的观测研究。本研究选择郑单958和先玉335两个玉米品种,通过延迟收获调查子粒脱水全过程的特性,为玉米子粒机械直收提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

选用玉米品种先玉335和郑单958为试验材料,试验分别于2014年和2015年在中国农业科学院作物科学研究所中场圃试验田(北京)和黄淮海综合试验站(新乡)进行,种植密度均为75 000株/hm²,田间管理同大田正常水平。2014年于6月1日播种,6月3日浇蒙头水,6月9日出苗,7月26~30日吐丝,11月2日收获;2015年于6月16日播种,6月17日浇蒙头水,6月23日出苗,8月9日吐丝,11月14日收获。

1.2 测定项目和方法

每小区标记100株生长一致、无病虫害的玉米,雌穗吐丝前做套袋处理,统一授粉,以确保同一处理的供试植株授粉日期一致。2014年郑单958在8月1日授粉,先玉335在7月27日授粉;2015年均

在8月10日授粉。2014年、2015年分别从授粉后第37天、第26天开始取样。测定果穗各部分含水率变化,每隔3~5 d测定1次,接近生理成熟时2~3 d测定1次,直到子粒含水率稳定为止。

含水率的测定采用直接烘干法,取样后将果穗分为百粒(果穗中部)、剩余子粒、穗轴、穗柄和苞叶5部分,先称取每部分鲜重,85℃烘干至恒重,取出分别称干重,计算公式为含水率=(鲜重-干重)/鲜重×100%。每次取样时拍摄子粒乳线照片,以乳线消失日作为生理成熟日期。

1.3 数据处理与分析

采用SAS、Excel 2007和Curve Expert Professional软件进行数据处理和分析。

2 结果分析

2.1 百粒重变化

玉米子粒干重随着授粉后天数的积累先增加后趋于稳定,生理成熟时基本达到最大干重,两个品种表现相同。2014年和2015年,郑单958的百粒干重分别为33.10 g和33.93 g,先玉335分别为35.43 g和37.03 g(图1)。

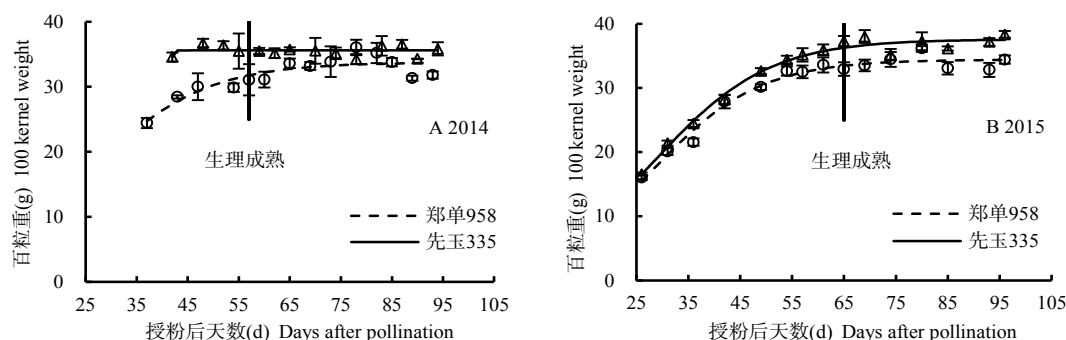


图1 百粒干重随授粉后天数变化

Fig.1 Changes of dry weight of one hundred kernel with days after pollination

2.2 子粒含水率变化

玉米子粒含水率均随授粉后天数的增加而降低,最终趋于稳定。子粒含水率与授粉后天数的关系可采用Logistic Power函数拟合(图2)。

两年两地郑单958和先玉335的吐丝期、生理成熟日期相近。由于生态条件的差别,2014年北京试点授粉到生理成熟历时均为57 d,2015年新乡试点均为65 d。在测定前期,两个品种子粒含水率差别不大,随授粉后天数的增加,品种间差距逐渐增加,且郑单958的子粒含水率始终高于先玉335。2014年和2015年,生理成熟时郑单958子粒含水率分别

为30.51%和27.19%,先玉335则仅为26.78%和24.61%,分别相差3.73和2.58个百分点。先玉335的子粒稳定含水率也较低,2015年郑单958和先玉335的子粒含水率趋于稳定时分别为21.77%和16.96%,相差4.81个百分点。

2.3 子粒降水速率

通过对子粒含水率与授粉后天数关系的方程求一阶导数,获得子粒日降水速率(图3)。玉米子粒日降水速率均随授粉后天数的增加而降低,先玉335的子粒日降水速率高于郑单958,品种间降水速率在子粒灌浆早期差别较大,以后差距逐渐缩小,但在

生理成熟时,品种间的差别仍比较明显。不同年份间的变化趋势相同,具体数值略有差异。

先玉335的子粒平均降水速率大于郑单958,2014年和2015年先玉335平均降水速率分别为每

天0.87%和0.85%,郑单958分别为每天0.78%和0.79%。子粒生理成熟前、后平均降水速率同样表现为先玉335大于郑单958(表1)。

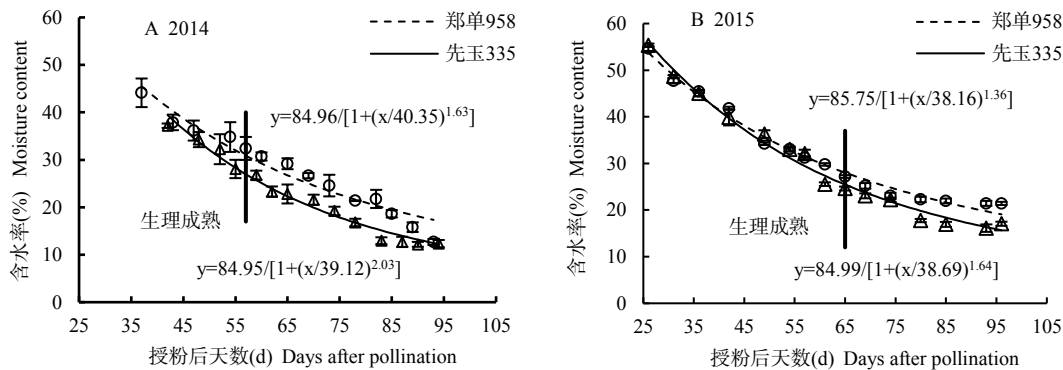


图2 子粒含水率随授粉后天数变化
Fig.2 Changes of moisture content with days after pollination

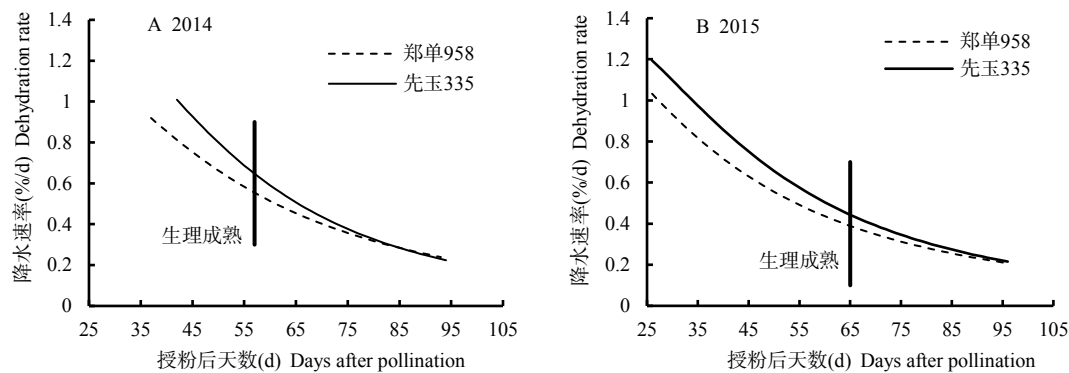


图3 子粒日降水速率随授粉后天数变化
Fig.3 Diurnal variation of dehydration rate in kernel with days after pollination

表1 子粒生理成熟前后降水速率比较

Table 1 Comparison of dehydration rate in kernel before and after physiological maturity														%
年 份 Year	品 种 Variety	生理成熟前 Before PM					生理成熟后 After PM					生理成熟前平均 Average before PM	生理成熟后平均 Average after PM	平 均 Average
		5周	4周	3周	2周	1周	1周	2周	3周	4周	5周			
2014	郑单958			0.86	0.72	0.60	0.50	0.42	0.36	0.30	0.26	0.96	0.49	0.78
	先玉335			1.07	0.88	0.71	0.57	0.46	0.38	0.31	0.26	1.02	0.55	0.87
2015	郑单958	0.84	0.70	0.58	0.49	0.42	0.36	0.31	0.27	0.23		0.89	0.36	0.79
	先玉335	1.00	0.84	0.69	0.58	0.48	0.40	0.34	0.29	0.25		0.93	0.51	0.85

注:以生理成熟为分界分别向前、后记为1周、2周、3周、4周、5周;PM表示生理成熟。
Note: Physiological maturity as a dividing line, respectively forward and backward to one week, two weeks, three weeks, four weeks, five weeks; PM stands for physiological maturity.

2.4 苞叶、穗柄和穗轴含水率变化

苞叶含水率的变化过程呈“Z”形,在子粒灌浆早期有一个水分含量基本稳定的阶段,随时间推移快速下降,然后趋于稳定,品种间和年度间表现基本一致,同一年份内两个品种的苞叶含水率没有显著

差异(图4)。穗轴含水率的变化呈抛物线状,随授粉后天数的增加而降低,但两个品种的差异明显,郑单958的穗轴含水率始终高于先玉335(图5)。穗柄含水率随授粉后天数增加略有下降,但变化比较平稳,降幅较小,且两个品种间未出现显著差异(图6)。

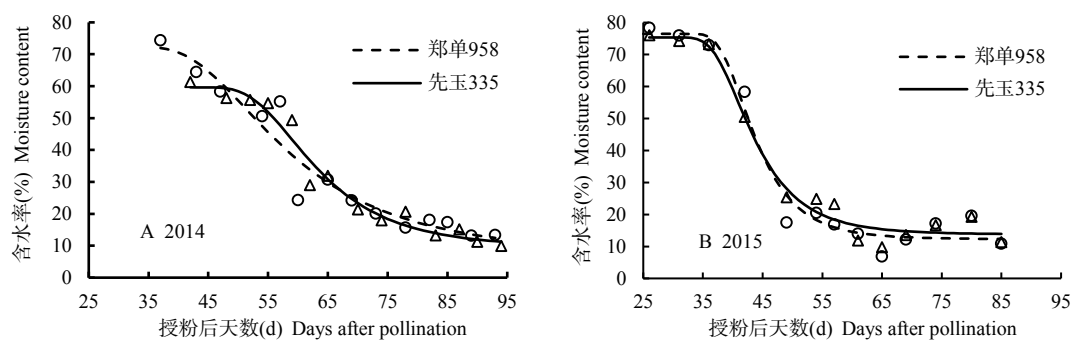


图4 苞叶含水率随授粉后天数变化

Fig.4 Changes of moisture content of bract with days after pollination

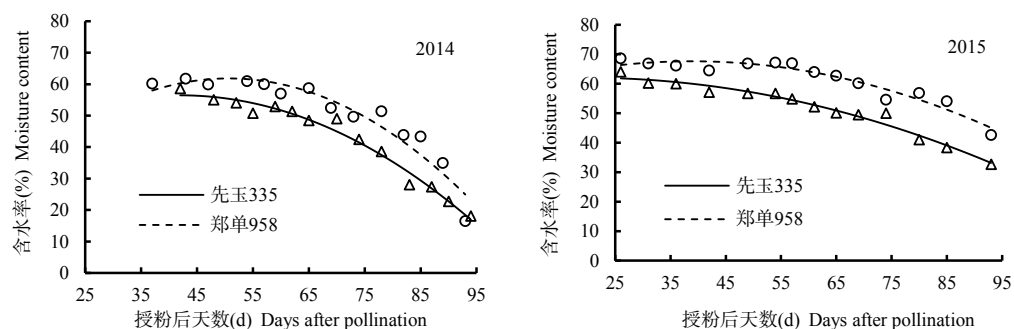


图5 穗轴含水率随授粉后天数变化

Fig.5 Changes of moisture content in cob with days after pollination

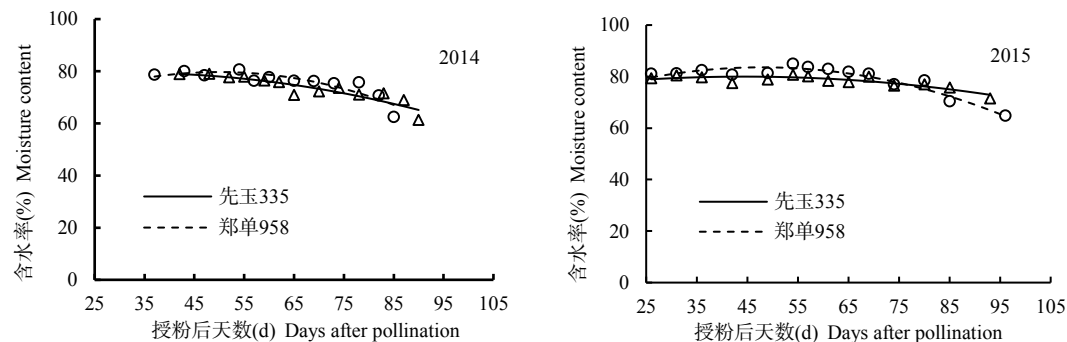


图6 穗柄含水率随授粉后天数变化

Fig.6 Changes of moisture content in ear-pedicel with days after pollination

2.5 子粒与苞叶、穗柄、穗轴含水率变化的偏相关分析

表2 子粒与苞叶、穗柄、穗轴含水率变化的偏相关分析

Table 2 Partial correlations of the moisture content of kernel and bract, bract, ear-pedicel, cob

品种 Variety	器官 Organ	子粒 Kernel	苞叶 Bract	穗柄 Ear-pedicel	穗轴 Cob
郑单 958	子粒	1.000	0.917**	0.277	0.660**
	苞叶		1.000	-0.298	-0.494**
	穗柄			1.000	0.374
	穗轴				1.000
先玉 335	子粒	1.000	0.704**	0.146	0.537**
	苞叶		1.000	-0.228	-0.058
	穗柄			1.000	0.581**
	穗轴				1.000

注:**表示在 $P=0.01$ 水平下显著。

Note: ** indicated significance at $P=0.01$.

对郑单958和先玉335子粒、苞叶、穗柄和穗轴含水率变化的偏相关分析表明,玉米子粒含水率变化与苞叶、穗轴的含水率变化极呈显著正相关,与穗柄的含水率变化不相关(表2)。

3 结论与讨论

3.1 子粒含水率与降水速率

玉米子粒灌浆与脱水过程密切联系^[7~9]。本研究结果表明,虽然玉米生理成熟时子粒干重已达到最大值,但脱水过程仍要持续更长时间。郑单958生理成熟时子粒含水率明显高于先玉335,且含水率相对稳定时的数值也高于先玉335。分析表明,虽然两个玉米品种子粒含水率在蜡熟初期开始产生明显差异,但造成子粒含水率差异的原因则早在灌浆前期就已经出现。早期较大的脱水速率使先玉335生理成熟时的子粒含水率显著低于郑单958,且生理成熟及其之后子粒脱水速率仍存在差别,使品种间含水率稳定时的差值高于生理成熟期。

Cross等研究认为,生理成熟前为生理脱水阶段,脱水速率主要受内部生长发育控制,受环境影响小;生理成熟后为自然脱水阶段,脱水速率除受生长发育控制外,还受环境影响。本研究发现,同一品种不同年份间生理成熟前后子粒降水速率存在较大差异,表明子粒降水速率在生理成熟前后都受到环境条件影响。

3.2 苞叶、穗轴、穗柄含水率与子粒含水率

前人研究认为,玉米苞叶长短、厚度、松紧度和含水率均会影响子粒降水速率^[10]。本研究结果表明,虽然苞叶含水率变化与子粒含水率变化呈极显著正相关关系,但苞叶含水率变化在品种间差异不显著,暗示苞叶的含水率变化与子粒脱水过程并不完全同步。随授粉后天数增加穗轴含水率降低,其数值变化与子粒含水率变化呈极显著正相关关系,且先玉335穗轴含水率明显低于郑单958,与前人相关研究结论相同^[11,12]。

何启平等^[13]认为,子粒发育期间,穗柄伤流流量及输送效率的变化呈单峰曲线,其转运功能的高峰期与子粒灌浆盛期同步,且在接近完熟时仍有一定的伤流量。本试验中穗柄含水率总体上维持在一个相对稳定的范围,并未随授粉后天数增加出现较大降低,其含水率变化与子粒含水率变化无相关关系,这与其物质运输功能相印证。

本试验含水率的测定采用直接烘干法,其结果与水分快速测定仪的测定值存在一定差异。除了遗传因素,环境条件以及栽培措施均会影响玉米子粒

脱水速率^[14~16],这些影响因素还需要进行后续研究。

参考文献:

- [1] 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. (in Chinese)
- [2] 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. (in Chinese)
- [3] Ruan L, Wang J, Chen Y H, et al. Dry matter accumulation, moisture content in maize kernel and their influences on mechanical harvesting[J]. Agricultural Science & Technology, 2011(12): 1857-1860.
- [4] 霍仕平.玉米灌浆期子粒脱水速率的研究进展(综述)[J].玉米科学,1993,1(4):39-44.
Huo S P. Dehydration rate on the grain in corn filling stage(summary)[J]. Journal of Maize Sciences, 1993, 1(4): 39-44. (in Chinese)
- [5] 杨村,邹庆道,田云,等.玉米子粒水分含量的遗传研究[J].国外农学-杂粮作物,1998,18(2):11-14.
Yang C, Zou Q D, Tian Y, et al. Genetic study on maize grain moisture content[J]. Foreign Agriculture-Cereals Crops, 1998, 18(2): 11-14. (in Chinese)
- [6] 赵霞,刘京宝,唐保军,等.单粒播种玉米品种收获期和后期脱水速率初探[J].江西农业学报,2011(10):44-45,48.
Zhao X, Liu J B, Tang B J, et al. Primary exploration on harvest date and seed dehydration rate in later developmental period of single-grain-sown maize varieties[J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2011(10): 44-45, 48. (in Chinese)
- [7] Westgate M E, 李传新.玉米发育中子粒的水分状况[J].国外农学-杂粮作物,1987(5):21-24.
Westgate M E, Li C X. Kernel moisture condition in maize development[J]. Foreign Agriculture-Cereals Crops, 1987(5): 21-24. (in Chinese)
- [8] 刘玉敬,高学曾,王忠孝,等.关于玉米子粒生长发育分期的探讨[J].玉米科学,1993,1(1):41-43.
Liu Y J, Gao X Z, Wang Z X, et al. Discussion on maize growth stages[J]. Journal of Maize Sciences, 1993, 1(1): 41-43. (in Chinese)
- [9] 闫淑琴.玉米子粒灌浆速度研究进展[J].杂粮作物,2006,26(4):285-287.
Yan S Q. Advances in corn grain filling rate[J]. Rain Fed Crops, 2006, 26(4): 285-287. (in Chinese)
- [10] 张林,张宝石,王霞,等.玉米收获期子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.
Zhang L, Zhang B S, Wang X, et al. Correlation analysis of agronomic characters and grain moisture in maize harvest time[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(10): 9-12. (in Chinese)
- [11] 孙生林,张树光,薛继生,等.玉米子粒含水量与果穗性状相关性的研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,1993(1):12-17.

(下转第71页)

- 37(8):1245-1250.
- Wang B L, Xu M, Shi Q H, et al. Effects of high temperature stress on antioxidant systems, chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in early cauliflower leaves[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(8): 1245-1250. (in Chinese)
- [26] 汤日圣,郑建初,陈留根,等. 高温对杂交水稻子粒灌浆和剑叶某些生理特性的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(6): 657-662.
- Tang R S, Zheng J C, Chen L G, et al. Effects of high temperature on grain filling and some physiological characteristic in flag leaves of hybrid rice[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005, 31(6): 657-662. (in Chinese)
- [27] 滕中华,智 丽,宗学风,等. 高温胁迫对水稻灌浆结实期叶绿素荧光、抗活性氧活力和稻米品质的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(9): 1662-1666.
- Teng Z H, Zhi L, Zong X F, et al. Effects of high temperature on chlorophyll fluorescence, active oxygen resistance activity, and grain quality in grain-filling periods in rice plants[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(9): 1662-1666. (in Chinese)
- [28] 李萍萍,程高峰,张佳华,等. 高温对水稻抽穗扬花期生理特性的影响[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2010, 31(2): 2-6.
- Li P P, Cheng G F, Zhang J H, et al. Effects of high temperature stress on physiological characteristics of rice during heading and flowering period[J]. Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition), 2010, 31(2): 2-6. (in Chinese)
- [29] 周广生,梅方竹,周竹青,等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1378-1382.
- Zhou G S, Mei F Z, Zhou Z Q, et al. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of water logging resistance of different wheat varieties[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(11): 1378-1382. (in Chinese)
- [30] 王贺正,马 均,李旭毅,等. 水稻开花期抗旱性鉴定指标的筛选[J]. 作物学报, 2005, 31(11): 1485-1489.
- Wang H Z, Ma J, Li X Y, et al. Screening identification indexes of drought resistance at flowering stage in rice[J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(11): 1485-1489. (in Chinese)
- [31] 胡标林,余守武,万 勇,等. 东乡普通野生稻全生育期抗旱性鉴定[J]. 作物学报, 2007, 33(3): 425-432.
- Hu B L, Yu S W, Wan Y, et al. Drought-resistance identification of Dongxiang common wild rice(*Oryza rufipogon* Griff.) in whole growth period[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(3): 425-432. (in Chinese)
- [32] 孟庆立,关周博,冯佰利,等. 谷子抗旱相关性状的主成分与模糊聚类分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2667-2675.
- Meng Q L, Guan Z B, Feng B L, et al. Principal component analysis and fuzzy clustering on drought-tolerance related traits of foxtail millet(*Setaria italica*) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(8): 2667-2675. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)

(上接第61页)

- Sun S L, Zhang S G, Xue J S, et al. Study on correlation between kernel dehydration and ear characters of maize [J]. J. of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 1993(1): 12-17. (in Chinese)
- [12] 赵红香,张 慧,孙旭东,等. 不同基因型夏玉米果穗脱水特性综合评价[J]. 山东农业科学, 2014(12): 18-22.
- Zhao H X, Zhang H, Sun X D, et al. Comprehensive evaluation on ear dehydration characteristics of different genotypes of summer maize[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2014(12): 18-22. (in Chinese)
- [13] 何启平,董树亭,高荣岐. 玉米果穗维管束系统的发育及其与穗粒库容的关系[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 995-1000.
- He Q P, Dong S T, Gao R Q. Relationship between development of spike vascular bundle and sink capacity of ear and kernel in maize (*Zea mays* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(8): 995-1000. (in Chinese)
- [14] 向 葵. 玉米子粒脱水速率测定方法优化及遗传研究[D]. 雅安:四川农业大学博士论文, 2011.
- [15] Widdicombe W D, Thelen K D. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern corn belt[J]. Agronomy Journal, 2002, 94(5): 1020-1023.
- [16] 谭福忠,韩翠波,邹双利,等. 极早熟玉米品种子粒脱水特性的初步研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 161-168.
- Tan F Z, Han C B, Zou S L, et al. Elementary study on kernel dry-down traits in earliest-maturity maize hybrid[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(7): 161-168. (in Chinese)

(责任编辑:高 阳)