

宜子粒收获浚单系列自交系的选育与应用

张国合, 王昌亮, 闫丽慧, 常建智, 王芬霞, 侯现军, 吴 勇

(鹤壁市农业科学院, 河南 鹤壁 458031)

摘 要: 选用本土自交系郑58为基础材料, 通过与外引自交系 PH6WC 杂交、回交、自交选育出产量高、品质优、熟期早、宜子粒收获的改良 Reid 自交系浚 658(浚系 6586、XX6586), 以高配合力 PH4CV 为基础材料, 利用温带种质资源 515 杂交, 再用本土高抗性自交系 S122 回交, 经多代自交选育出配合力高、熟期早、抗性好、宜子粒收获的改良自交系浚 1543(XX1543)及其姊妹自交系浚 1541、浚系 1544 和浚 5441。通过国外自交系与本土种质的融合, 创制出宜子粒收获的浚单系列玉米自交系, 直接利用创制的自交系选育出浚单 1538、浚单 1668、浚单 1618、浚单 1718、浚单 56、万盛 106 等多个通过省审和国审玉米杂交种, 万盛 106、浚单 1668 分别为国审、省审机收品种。

关键词: 玉米; 浚单系列; 自交系; 选育; 应用

中图分类号: S513.032

文献标识码: A

Breeding and Application of Inbred Line of 'Xundan Series' Suitable for Machine Harvesting

ZHANG Guo-he, WANG Chang-liang, YAN Li-hui, CHANG Jian-zhi,

WANG Fen-xia, HOU Xian-jun, WU Yong

(Hebi Academy of Agricultural Sciences, Hebi 458031, China)

Abstract: The indigenous inbred line Zheng 58 was utilized as the foundational material for the development of an improved Reid inbred line, Xun658(Xun6586, XX6586). An improved inbred line, Xun1543(XX1543), characterized by high yield, good quality, early maturity, and suitable grain harvest, was developed through a breeding program that involved crossing, backcrossing, and self-crossing with an introduced inbred line PH6WC. Additionally, the utilization of the high combining ability PH4CV as the foundational material, the temperate germplasm resource 515, and the native high resistance inbred line S122 backcross contributed to the development of the improved inbred line and its sister inbred lines, Xun1541, Xun1544, and Xun5441, all of which exhibit high combining ability. Multi-generations of selfing were utilized to select for early maturity, good resistance, and high grain yield. The present study involved the fusion of foreign inbred lines with native germplasm to generate the "Xundan series" maize inbred lines that are well-suited for grain harvest. Subsequently, several new inbred lines, namely Xundan1538, Xundan1668, Xundan1618, Xundan1718, Xundan 56, and Wansheng106 were selected and bred. Among them, Wansheng106 and Xundan1668 were specifically selected as machine-harvested varieties for national audit and provincial audits, respectively.

Key words: Maize; Xundan series; Inbred line; Breeding; Application

录用日期: 2023-08-23

基金项目: 国家现代农业产业建设基金项目“国家玉米产业技术体系建设项目”(CARS-02-67)、河南省玉米遗传改良院士工作站(GZZ2011062)

作者简介: 张国合(1977-), 河南浚县人, 副研究员, 主要从事玉米新品种选育及栽培技术研究。Tel: 13849223839

E-mail: zgh1728@163.com

王昌亮为并列第一作者。E-mail: wcl_0929@163.com

常建智为本文通信作者。

种质资源是玉米育种重要的物质基础, 对保障国家粮食安全和实现农业现代化具有十分重要的意义^[1,2]。种质创新是衔接育种和种质资源的重要环节^[3], 拥有优异种质资源的数量决定了玉米育种成效^[4,5], 外来种质遗传资源的引进和综合利用研究是丰富我国玉米的遗传多样性、促进玉米品种更新换代的一种重要途径之一^[6,7]。外来种质 M119 及热带种质资源 8085 泰选育的 M9、新 01A3 等, 除了具备塘四平头种质的耐高温、综合抗病性强、配合力高等

优点外,还具有中早熟、品质优良等特点^[8,9],利用国外NSS种质PH4CV改良旅大红骨种质丹598,创制出了配合力高、自身产量高、抗病力高的“三高”玉米自交系辽3258^[10,11]。这些材料的创制,不断更新了我国玉米种质资源,也推动了我国玉米单产的持续提高。

目前,主要农作物集中种植区实现全程机械化成为必然。玉米作为我国种植面积最大的农作物,从业者多、受众面广,玉米实现机械化收获子粒显得尤为重要,因此,我国玉米产业亟需早熟、优质、高抗、脱水快、宜子粒收获的优良自交系及品种。借鉴前人经验,鹤壁市农业科学院于21世纪初开始引进并利用美国BSSS(母本)与Iodent(父本)进行种质的创新和利用,分别对PH6WC、和PH4CV进行本土化改良利用。将PH6WC资源融入本土种质郑58中,将PH4CV通过与温带种质515杂交,然后回交,用于改良旅大红骨种质S122,最终创制出产量高、抗性好、熟期早、宜子粒收获的母本自交系浚658(浚系6586、XX6586)和配合力高、熟期早、品质优、宜子粒收获的父本自交系浚1543(XX1543)及其姊妹自交系浚1541、浚系1544和浚5441。本研究创制的浚单系列自交系,因其同时具备了熟期早、宜子粒收获的特点,先后组配出新品种万盛106、浚单1668,分别通过国家、省级机收品种审定,有效推动了我国玉米产业全程机械化的进程。

1 宜子粒收获玉米自交系创制思路

美国作为玉米资源中心,具有丰富的种质,我国玉米每次大的品种诞生,都伴随着美国种质资源的引进与创新^[12]。进入21世纪,郑单958和先玉335的诞生,迅速占领了我国东华北和黄淮区域市场^[13,14]。此后20年,我国大量育种家利用其亲本进行改良与应用。本研究通过利用两个品种的母本系郑58和PH6WC的配合力高、产量高和广适性等优点^[15,16],充分利用不同生态区域增强杂种优势,对品质、熟期进行定向改良,经过多年高压筛选,成功创制出产量高、抗性好、熟期早、宜子粒收获的母本自交系浚658(浚系6586、XX6586)。

旅大红骨自交系作为我国重要的种质资源,因具备适应性广、配合力高、抗性好、耐高温等优良特性,被我国育种家广泛运用。以旅大红骨为基础材料选育的S122作为优良自交系,具备其优点,但存在熟期偏晚、脱水慢等不足^[17]。为了适应子粒收获育种目标需求,本研究在前人研究的基础上^[18,19],利用熟期早、配合力高的外引自交系PH4CV,与温带

自交系515杂交、再回交的育种思路,经过多年高压定向筛选,最终创制出配合力高、熟期早、品质优、宜子粒收获的父本自交系浚1543(XX1543)及其姊妹自交系浚1541、浚系1544和浚5441。

2 宜子粒收获浚单系列自交系的选育

2.1 选育过程

按照选育思路,以郑58×PH6WC组配材料,再选择F₁吐丝最早的单株作为母本,以PH6WC为父本进行回交,组配基础材料;同时,组配PH4CV×515材料,再以F₁散粉最早的单株作为父本、以S122作为母本,组配基础材料。利用系谱法进行选育,两个材料F₁~F₃代种植密度为9万株/hm²,通过加大密度选择压力,提高抗性。F₃代同时接种茎腐病菌禾谷镰刀孢,通过高密压力对穗行抗病性进行严格筛选;F₄~F₇代,分别利用PH6WC和PH4CV作为测验种,配置测交组合,进行产量、熟期比较。通过配合力分析,母本获得1个符合育种目标的穗行,通过组配新组合进行参试,先后命名为XX6586、浚系6586、浚658,为植物新品种需要,统一命名为浚658,品种权号:CNA20201004586;父本获得4个符合育种目标的穗行,通过SSR标记进行多样性分析,4个穗行相互之间均存在3个以上位点差异,分别命名为浚1543、浚1541、浚系1544、浚5441,浚1543(曾用名XX1543)品种权号:CNA20151439.8,浚1541品种权号:CNA20191003974(表1)。

2.2 宜子粒收获浚单系列玉米自交系的主要特性

由表2可以看出,改良自交系浚658除保留了PH6WC高配合力、品质优、根系发达、茎秆坚硬、抗倒伏的优点外,还具备了生育期短、抗茎腐病、株高低、穗粒数多等特点。父本改良浚单系列自交系与PH4CV比较,也保留了高配合力、品质优、抗倒伏等优点。同时通过抗病性筛选,抗茎腐病能力均得到提高,其中,浚1543、浚1541还具备了成熟期早、穗粒数增加、株高偏矮、茎秆韧性提高等特点。改良后的母本浚658和父本浚1543其生育期分别比基础材料PH6WC、PH4CV短2d,均具备了子粒收获需要的早熟特性。

3 宜子粒收获浚单系列自交系的应用

基于先玉335双亲进行定向改良,通过组合间杂交优势强度测定,改良后的浚单系列玉米自交系均具备配合力高、抗性高、熟期早的特点。采用改良Reid×改兰卡杂优模式,提高育种效率。从表3可以看出,直接利用PH4CV改良的宜子粒收获浚单系列

表 1 浚单系列自交系选育过程
Table 1 Breeding process of inbred lines Xundan series

年 份 Year	地 点 Location	世 代 Generation	选育过程 Process of inbred line selection
2008 年夏	鹤壁	郑 58×PH6WC PH4CV× 515	组配材料
2008 年冬	三亚	F ₁ ×PH6WC S122×F ₁	回交组配基础材料
2009 年夏	鹤壁	F ₁ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₁ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	密度 9 万株/hm ² , 种植 200 株, 自交, 选收 100 个果穗 密度 9 万株/hm ² , 种植 200 株, 自交, 选收 100 个果穗
2009 年冬	三亚	F ₂ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₂ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	密度 9 万株/hm ² , 选择优良穗行自交, 收获时经过淘汰选收 22 个穗行 密度 9 万株/hm ² , 选择优良穗行自交, 收获时经过淘汰选收 25 个穗行
2010 年夏	鹤壁	F ₃ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₃ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	密度 9 万株/hm ² , 接镰孢菌, 进行抗病性鉴定, 收获时经过淘汰选收 12 个穗行 密度 9 万株/hm ² , 接镰孢菌, 进行抗病性鉴定, 收获时经过淘汰选收 18 个穗行
2010 年冬	三亚	F ₄ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₄ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	择优自交, 收获时 12 个穗行, 每行择优收获 1 穗; 同时以 PH4CV 为测验种组配组合 择优自交, 收获时 18 个穗行, 每行择优收获 1 穗; 同时以 PH6WC 为测验种组配组合
2011 年夏	鹤壁	F ₅ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₅ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	自交, 同时开展配合力测定试验, 通过配合力分析, 获得 1 个符合育种目标穗行 自交, 同时开展配合力测定试验, 通过配合力分析, 获得 4 个符合育种目标穗行
2011 年冬	三亚	F ₆ : (郑 58×PH6WC)×PH6WC F ₆ : S122×F ₁ (PH4CV× 515)	自交, 同时大范围组合组合, 命名为: xx6586, 最终命名为: 浚 658 自交, 同时大范围组合组合, 命名为: XX1543、浚 1541、浚系 1544、浚 5441
2012 年夏	鹤壁		繁殖, 进行大范围组配测配

表 2 浚单系列玉米自交系的主要特性与 PH6WC 和 PH4CV 的比较
Table 2 Main characteristics of inbred lines Xundan series and comparison with PH6WC and PH4CV

自交系 Inbred line	生育期 Growth period	茎腐病 Stalk rot	轴 色 Cob color	株 高 Plant height	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	配合力 Combining ability	品 质 Quality	根 系 Root	茎 秆 Stem	抗倒伏 Lodging resistance
浚 658	108	抗	白	232	15.8	23.5	高	优	发达	坚硬	强
PH6WC	110	感	白	243	15.2	22.4	高	优	发达	坚硬	强
浚 1543	102	抗	红	230	16.4	23.6	高	优	发达	坚韧	强
浚 1541	103	抗	红	237	16.2	23.8	高	优	发达	坚韧	强
浚系 1544	104	抗	红	253	16.2	22.2	高	优	发达	坚硬	强
浚 5441	104	抗	红	251	16.6	20.8	高	优	发达	坚硬	强
PH4CV	104	感	红	249	16.2	21.2	高	优	发达	坚硬	强

玉米自交系选育的品种有浚单 1538、浚单 1668、浚单 1618、浚单 1718、万盛 106, 直接利用 PH6WC 改良的浚 658 选育的品种有浚单 1538、浚单 1668、浚单 56。其中, 万盛 106 为河北万盛种业有限公司直接利用交换父本浚 1543 选育出的国审机收玉米品种。

利用改良后的浚单系列自交系组配出的品种共同特点为丰产性好、品质优。抗病性鉴定显示, 对黄淮海主要玉米病害禾谷镰刀孢茎腐病表现较好, 除万盛 106 外, 其余品质均为中高抗, 对小斑病、穗腐病也表现出不同程度的抗性, 对南繁锈病表现的抗性较差(表 4)。产量结果显示(表 5), 与对照相比, 区

域试验及生产试验中品种产量增产幅度为 4.0% ~ 8.75%, 两个机收品种浚单 1668、万盛 106 适收期时平均鲜子粒含水量为 24.3%、27.3%, 鲜子粒破碎率为 3.63%、7.65%, 两项指标均符合国家关于机收子粒品种审定标准, 表明具备了子粒收获玉米亲本要求。品质结果检查显示(表 6), 容重范围为 745 ~ 789 g/L, 粗淀粉含量范围为 70.03% ~ 73.35%, 粗蛋白质含量范围为 10.20% ~ 11.36%, 粗脂肪含量范围为 3.25% ~ 3.90%, 赖氨酸含量范围为 0.29% ~ 0.38%。与郑单 958 比较^[20], 6 个审定品种除粗脂肪含量低于对照外, 其余成分含量优于郑单 958, 品种品质较好。

表3 浚单系列自交系组配品种情况

Table 3 The varieties bred with inbred lines Xundan series

品 种	母 本	父 本	组 别	审定编号
Variety	Female parent	Male parent	Group	Validation number
浚单1538	浚658(浚系6586)	浚系1544	普通	豫审玉20180027
浚单1668	浚658(XX6586)	浚1543(XX1543)	普通	鲁审玉20190014
万盛106	JN08	浚1543	机收	豫审玉20200015
		浚1543	机收	国审玉20190234
		浚1541	普通	冀审玉20190032
浚单1618	浚M6968	浚1541	普通	(豫)引种(2020)玉045
浚单1718	浚M6968	浚5441	普通	鲁引种2021099
			普通	鄂引种2021082
			普通	冀审玉20218085
			普通	国审玉20210455
浚单56	浚658(浚系6586)	浚314	普通	

表4 浚单系列自交系组配品种抗病性表现

Table 4 Disease resistance of varieties with inbred lines Xundan series

品 种	小斑病	弯孢霉叶斑病	南方锈病	禾谷镰刀孢茎腐病	瘤黑粉病	禾谷镰刀孢穗腐病
Variety	Southern maize leaf blight	Curvularia leaf spot	Southern rust	Fusarium graminearum stem rot	Gall smut	Fusarium graminearum ear rot
浚单1538	MR	R	HS	R	HS	S
浚单1668	MR	MR	S	MR	HS	R
万盛106	S	S	HS	S	HS	HS
浚单1618	MR	MR	MR	MR	S	R
浚单1718	MR	HR	R	HR	R	MR
浚单56	MR	S	S	R	HR	MR

表5 浚单系列自交系组配品种产量及子粒性状表现

Table 5 Yield and kernel traits performance of varieties crossbred with inbred lines Xundan series

品 种	区试产量	区试较对照	生试产量(kg/hm ²)	生试较对照增产(%)	鲜子粒含水量(%)	鲜子粒破碎率(%)
Variety	(kg/hm ²)	增产(%)	Yield of production test	Yield of production test	Moisture content of fresh seeds	Crushing rate of fresh seeds
浚单1538	669.2	8.75	648.2	7.00		
浚单1668	655.1	6.00	722.3	4.60	24.3	3.63
万盛106	660.3	7.00	653.4	7.60	27.3	7.65
浚单1618	690.0	7.40	632.9	6.90		
浚单1718	639.8	4.00	705.3	8.32		
浚单56	686.7	4.90	696.9	5.30		

表6 浚单系列自交系组配品种品质比较

Table 6 Quality comparison of varieties crossbred with inbred lines Xundan series

品 种	容重(g/L)	粗淀粉(%)	粗蛋白质(%)	粗脂肪(%)	赖氨酸(%)
Variety	Bulk density	Coarse starch	Crude protein	Crude fat	Lysine
浚单1538	764	73.55	10.60	3.90	0.38
浚单1668	769	73.55	10.40	3.40	0.35
万盛106	760	70.03	10.58	3.87	0.36
浚单1618	754	73.72	10.50	3.41	0.29
浚单1718	789	71.80	10.20	3.67	—
浚单56	745	73.75	11.36	3.25	0.33
郑单958	—	72.60	9.47	4.46	0.27

4 宜子粒收获玉米自交系改良选育与利用思考

4.1 宜子粒收获玉米性状要求及选育目标

随着农业经营模式的优化,适宜机械化子粒直接收获的玉米新品种的需求越来越迫切,目前玉米机收关键技术研究不足,尤其黄淮海区域气候复杂多变差异明显,该区域限制机收子粒的条件较多。为了更好地在本区域选择宜子粒收获玉米,多数育种家认为“矮、早、密”是宜子粒收获玉米选育方向。本研究认为,宜子粒收获玉米选育,应以抗倒伏能力强、早熟性好、耐密植、产量高为目标。玉米作为高秆作物,高秆才能实现高产,而根系发达、茎秆坚韧是抗倒性的主要因素;缩短玉米生育期,选育熟期早的品种,是实现机收子粒的最有效途径;玉米产量形成的主要因素是群体数量,密植是实现玉米高产的最有效途径,也是机械化的要求。因此,密植、中小穗、中早熟、脱水快、株型合理的育种思路,是实现机收子粒性状的有效途径,也是宜子粒收获玉米自交系选育的主要目标。

4.2 宜子粒收获玉米种质改良思路

目前,我国玉米种质资源存在原种搜集保留量少、核心种质资源不足、遗传基础狭窄、种源同质化严重等问题,尤其宜子粒收获玉米种质的缺乏。优良自交系的选育关键在于基础材料的组配,利用优异种质资源组配高质量基础材料,是成功选育优良自交系的基础^[21]。本研究认为,在宜子粒收获玉米种质改良上,应加大对 BSSS 和 Iodent 的研究利用,在保持子粒快速脱水性状的同时,加强抗逆性、早熟性及产量性状方面的选择,满足高产、优质、抗病、抗虫、耐逆、高效、宜子粒收获的突破性新种源的需求。此外,在父本材料的改良中,应以黄改系为主,通过加入热源材料,提高抗性,通过加入欧美种质,加快脱水速率。

4.3 宜子粒收获浚单系列自交系改良展望

对照宜子粒收获玉米的性状要求,按照其种质改良思路,针对性本研究宜子粒收获浚单系列自交系的特征特性,以其早熟、高产、优质为基础的母本浚 658 进一步加入具有硬秆基因的 KWS 种质,通过加大选择压力、逆境及接种鉴定,选择培育站秆能力更好的种质,提高其综合抗性。浚单系列父本具备了早熟、高产、优质的特性,但抗病性较弱,需要逐步加入热源种质,提高抗病性。同时为了适应黄淮海区域的特殊气候,还应加入黄改材料,增强广适性及耐热性。最终通过加大选择压力,结合分子育种技

术,实现宜子粒收获浚单系列自交系的定向改良,创制出新的育种材料,构建核心种质的同时,选育出优良玉米杂交种。

参考文献:

- [1] 赵久然,王元东,宋 伟,等. 玉米骨干自交系京 2416 的选育与应用[J]. 植物遗传资源学报,2020,21(5):1051-1057.
ZHAO J R, WANG Y D, SONG W, et al. Breeding and application of maize founder inbred line Jing2416[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(5): 1051-1057. (in Chinese)
- [2] 王凯欣,程子萌,杨艺涵,等. 我国不同年代玉米自交系茎秆性状演替规律[J]. 植物遗传资源学报,2021,22(1):157-164.
WANG K X, CHENG Z M, YANG Y H, et al. Evolution of stem-related traits of maize inbred lines through different decades in China [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(1): 157-164. (in Chinese)
- [3] NASS L L, PATERNIANI E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding[J]. Scientia Agricola, 2000, 57(3): 581-587.
- [4] 张天真. 作物育种学总论(第3版)[M]. 北京:中国农业出版社,2014.
- [5] 张世煌,田清震,李新海,等. 玉米种质改良与相关理论研究进展[J]. 玉米科学,2006(1):1-6.
ZHANG S H, TIAN Q Z, LI X H, et al. Advancement of maize germplasm improvement and relevant research[J]. Journal of Maize Sciences, 2006(1): 1-6. (in Chinese)
- [6] 李森林. 玉米 P18-7 近缘系的遗传多样性及其杂交后代性状分析[D]. 贵阳:贵州大学,2020.
- [7] 赵亚丽. 玉米昌 7-2 近缘系的遗传多样性及其杂交后代性状比较分析[D]. 郑州:河南农业大学,2006.
- [8] 张志方,张素娟,张守林,等. 高抗南方锈病玉米自交系浚 M9 的选育与应用[J]. 玉米科学,2023,31(1):9-15.
ZHANG Z F, ZHANG S J, ZHANG S L, et al. Breeding and utilization of maize inbred line Xun M9 with high resistance to southern maize rust[J]. Journal of Maize Sciences, 2023, 31(1): 9-15. (in Chinese)
- [9] 洪德峰,张学舜,马 毅,等. 优良玉米自交系新 01A3 及其改良系选育与应用[J]. 玉米科学,2021,29(1):15-19.
HONG D F, ZHANG X S, MA Y, et al. Breeding analysis and utilization of inbred lines Xin01A3 and its improved lines[J]. Journal of Maize Sciences, 2021, 29(1):15-19. (in Chinese)
- [10] 王延波,王国宏,邵 帅,等. 玉米优良自交系辽 3258 选育及应用[J]. 辽宁农业科学,2022(2):43-47.
WANG Y B, WANG G H, SHAO S, et al. Breeding and application of maize excellent inbred line Liao3258[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2022(2): 43-47. (in Chinese)
- [11] 刘欣芳,姜 敏,张 默,等. 玉米优良自交系辽 3258 配合力及遗传重组研究[J]. 分子植物育种,2023,21(7):1-9.
LIU X F, JIANG M, ZHANG M, et al. Combining ability and genetic recombination dissection of excellent maize inbred line Liao3258 [J]. Molecular Plant Breeding, 2023, 21(7): 1-9. (in Chinese)
- [12] 李海明,胡瑞法,张世煌. 外来种质对中国玉米生产的遗传贡献[J]. 中国农业科学,2005(11):46-54.

- LI H M, HU R F, ZHANG S H. The impacts of US and CGIAR's germplasm on maize production in China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005(11): 46–54. (in Chinese)
- [13] 刘树楠, 申国境, 李 京, 等. 先玉 335、郑单 958 和京科 968 抗虫能力的比较研究[J]. *玉米科学*, 2019, 27(6): 52–57.
- LIU S N, SHEN G J, LI J, et al. Comparison of herbivore resistance among the maize lines Xianyu335, Zhengdan958, and Jingke968[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2019, 27(6): 52–57. (in Chinese)
- [14] 丰 光, 赵洪绪, 王孝杰, 等. 玉米自交系郑 58×PH6WC 二环选系的配合力研究[J]. *玉米科学*, 2021, 29(5): 22–27.
- FENG G, ZHAO H X, WANG X J, et al. Study on combining Ability of second cycle inbred lines in maize inbred line Zheng58×PH6WC[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2021, 29(5): 22–27. (in Chinese)
- [15] 李凤海, 于 涛, 郭佳丽. 利用国外种质改良郑 58 的效果研究[J]. *玉米科学*, 2012, 20(4): 22–25, 31.
- LI F H, YU T, GUO J L. Effects of improvement of foreign germplasm on Zheng58[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2012, 20(4): 22–25, 31. (in Chinese)
- [16] 李光发, 李忠南, 王越人, 等. 玉米 PH6WC 组合与产量相关性状的灰色关联分析[J]. *玉米科学*, 2013, 21(6): 45–48.
- LI G F, LI Z N, WANG Y R, et al. Grey correlation analysis of traits of maize yield in PH6WC hybrid combination[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2013, 21(6): 45–48. (in Chinese)
- [17] 许海涛, 冯晓曦, 许 波, 等. 玉米自交系花丝生理活力研究[J]. *玉米科学*, 2022, 30(5): 1–3.
- XU H T, FENG X X, XU B, et al. Study on the physiological vigor of maize inbred line silks[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2022, 30(5): 1–3. (in Chinese)
- [18] 赵东波, 管培燕, 王春雨, 等. 双向轮回选择为核心的玉米育种体系构建[J]. *玉米科学*, 2022, 30(4): 16–21.
- ZHAO D B, GUAN P Y, WANG C Y, et al. Construction of maize breeding system based on two-way recurrent selection[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2022, 30(4): 16–21. (in Chinese)
- [19] 蔡鑫茹, 刘 俊, 夏远峰, 等. 玉米自交系吉 D284 和吉 D2417 的创制与应用[J]. *玉米科学*, 2022, 30(6): 13–18.
- CAI X R, LIU J, XIA Y F, et al. Creation and application of maize inbred line JiD284 and JiD2417[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2022, 30(6): 13–18. (in Chinese)
- [20] 张厚宝. 玉米品种郑单 958 在东北春玉米区的生态适应性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [21] 武阳春, 杜金洹, 郭 琦, 等. 玉米“单倍体+轮回选择”技术在育种中的应用探析[J]. *东北农业科学*, 2022, 47(1): 17–21.
- WU Y C, DU J H, GUO Q, et al. Study on the application of "haploid technology+recurrent selection" in maize breeding[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2022, 47(1): 17–21. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)