

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20251014004

# 9个玉米DH系产量相关性状配合力分析及应用潜力研究

李一<sup>1</sup> 张全国<sup>2,3</sup> 任冬雪<sup>1</sup> 李青松<sup>1</sup> 梁秋华<sup>1</sup> 范庆杰<sup>1</sup>  
金广峰<sup>4</sup> 姚金明<sup>5</sup> 穆云森<sup>1</sup> 马中义<sup>1</sup> 李悦明<sup>6</sup>

(<sup>1</sup>河北省承德市农林科学院,承德 067000;<sup>2</sup>河北省农林科学院粮油作物研究所,石家庄 050035;<sup>3</sup>河北省作物遗传育种重点实验室,石家庄 050035;<sup>4</sup>河北省承德市农业农村局,承德 067000;<sup>5</sup>河北省隆化县农业农村局,隆化 067000;  
<sup>6</sup>中国联合网络通信有限公司承德分公司,河北承德 067000)

**摘要:**为明确育成的玉米DH系育种价值,以CX322×外引自交系的F<sub>1</sub>为基础材料选育出的9个DH系为被测系,6个骨干自交系为测验种,通过NCII遗传交配设计组配出54个杂交组合,对DH系的单株产量和产量相关性状进行配合力分析及其应用潜力研究。结果表明,DH系CND2、CND5和CND6的单株产量一般配合力表现较好,具有组配出高产杂交后代的潜力。利用CND6作亲本,有利于组配出果穗长且粗、穗轴较细、穗行数和行粒数较多、百粒重大且籽粒脱水速度快的高产玉米杂交种。综合单株产量特殊配合力和杂种优势数据分析结果,表现较好的组合为CND7×C156、CND6×PH6WC和CND8×C156,后续可进行多年多点种植鉴定,进一步挖掘其应用潜力。研究发现来源于同一基础材料的不同DH系之间配合力差异较大,因此在选择亲本组配杂交种时,应同时重视一般配合力和特殊配合力效应,才能组配出优良的杂交组合。

**关键词:**玉米;DH系;配合力;杂种优势;产量

## Analysis of Yield-Related Traits Combining Ability and Application Potential of 9 Maize DH Lines

LI Yi<sup>1</sup>, ZHANG Quanguo<sup>2,3</sup>, REN Dongxue<sup>1</sup>, LI Qingsong<sup>1</sup>, LIANG Qiuhua<sup>1</sup>, FAN Qingjie<sup>1</sup>,  
JIN Guangfeng<sup>4</sup>, YAO Jinming<sup>5</sup>, MU Yunsen<sup>1</sup>, MA Zhongyi<sup>1</sup>, LI Yueming<sup>6</sup>

(<sup>1</sup>Chengde Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengde 067000, Hebei; <sup>2</sup>Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050035; <sup>3</sup>Hebei Key Laboratory of Crop Genetics and Breeding, Shijiazhuang 050035; <sup>4</sup>Chengde Agriculture and Rural Bureau, Chengde 067000, Hebei; <sup>5</sup>Longhua County Agriculture and Rural Bureau, Longhua 067000, Hebei; <sup>6</sup>Chengde Branch of China United Network Communications Group Co., Ltd., Chengde 067000, Hebei)

优良自交系是玉米育种的关键,是玉米新品种常规选育的重点问题。传统方法选育玉米自交系周期较长,耗时5~6年获得表现稳定的纯系后,如果测配未组配出优良杂交组合,则失去利用价值,导致育种效率低<sup>[1-2]</sup>。玉米单倍体育种技术主要通过人

工诱导加倍形成双单倍体,经繁殖形成纯合DH系(Doubled haploid lines),只需要2代即可获得高代纯系<sup>[3-4]</sup>。DH育种技术不但能加快育种进程,缩短育种年限,还能提高试验容错率;前期在实验室内即可操作,无需依赖大田生产,能够迅速纯合,淘汰隐性不利基因,提高选择的准确性,已逐步成为我国现代育种关键技术<sup>[5-7]</sup>。杂种优势是组配杂交种的基础,但其复杂的遗传机理会影响杂种优势的进一

基金项目:河北省农林科学院科技创新专项(2023KJCXZX-LYS-22)

通信作者:穆云森

步准确利用<sup>[8-10]</sup>。配合力是玉米自交系的重要遗传特性和衡量自交系优良与否的核心指标<sup>[11-13]</sup>。亲本的配合力直接影响其组配出优良杂交种的潜力,对育种材料进行的配合力分析和杂种优势类群的划分可以有效提高育种效率,降低杂交种组配的盲目性<sup>[14-16]</sup>。本研究以利用单倍体技术从同一基础材料中获得的9个性状表现稳定优良的DH系为被测系,以血缘关系不同的6个自交系为测验种,采用NCII遗传交配设计组配54个杂交组合,进行方差、配合力及利用潜力分析,为玉米种质遗传改良和DH系的选育、鉴定及DH育种提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 供试材料** 被测系以CX322×外引自交系的F<sub>1</sub>为亲本,诱导系诱导产生单倍体植株,经过加倍和种植鉴定后,获得9个性状整齐、稳定、株型紧凑上冲的DH系(CND1~CND9)。2023年春季在河北承德,以9个DH系为母本,选用自交系PH6WC、冀57、C106、PH4CV、L50和C156作测验种,共组配出54个杂交组合。

**1.2 试验方法** 2024年在承德隆化中关试验基地将54个杂交组合和1个对照品种先玉335进行种植鉴定,试验采用随机区组设计,3次重复,4行区,

行长5m,行距60cm。双粒播种,待出苗后保留1株,田间管理同正常大田生产。调查性状有穗长、穗粗、轴粗、穗行数、行粒数、百粒重、籽粒含水量和单株产量8个产量相关性状。

**1.3 数据分析** 采用Microsoft Excel 2016、SPSS 21.0和SAS软件对所得54个杂交组合和对照品种的表型数据进行统计与分析。采用Falconer模型,利用SAS软件对一般配合力和特殊配合力进行估算: $Y_{ijk}=\mu+M_i+F_j+(M\times F)_{ij}+E_{ijk}$ 。其中 $Y_{ijk}$ 为亲本*i*和*j*后代第*k*个观测值, $\mu$ 为平均值, $M_i$ 为第*i*个父本效应, $F_j$ 为第*j*个母本效应, $(M\times F)_{ij}$ 为互作效应, $E_{ijk}$ 为误差项。配合力效应的显著性利用最小显著差数法(LSD)进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 方差分析** 如表1所示,8个性状不同区组间差异未达显著水平,各组合间差异均达极显著水平,表明不同组合差异决定各性状间差异,可以进行深入分析,估算各性状配合力效应值。一般配合力方差分析表明,P1(9个DH系)、P2(6个测验种)中所有被测性状的一般配合力差异均达到极显著水平,对特殊配合力(P1×P2)分析发现,所有被测性状差异均达到显著或极显著水平。

表1 各性状的方差分析

变异来源	自由度	穗长	穗粗	轴粗	穗行数	行粒数	百粒重	籽粒含水量	单株产量
区组	2	2.608	11.985	2.112	3.256	1.065	0.639	0.107	17.939
组合	53	9.436**	8.296**	2.637**	6.325**	6.591**	3.722**	4.875**	5.861**
P1	8	3.447**	6.313**	3.152**	5.529**	5.339**	1.983**	4.106**	5.666**
P2	5	13.592**	21.769**	51.489**	10.621**	63.482**	17.524**	38.379**	18.621**
P1×P2	40	5.077**	3.165*	0.981**	2.986*	3.721**	3.088**	5.262**	1.552**

\*和\*\*分别表示在0.05、0.01水平上存在显著、极显著差异

**2.2 一般配合力分析** 如表2所示,对被测系的一般配合力分析可知,穗长的一般配合力效应值变幅为-1.913~2.499,其中CND2、CND5、CND6和CND7的一般配合力均为正值,用这4个DH系作亲本有利于增加杂交后代的穗长,其余DH系的穗长一般配合力均表现为负值,应尽量避免利用其改良后代穗长性状。穗粗的一般配合力效应值变幅为-1.645~2.278,轴粗的一般配合力效应值变幅为-1.157~1.658;CND2和CND6的穗粗一般配合力为正值,轴粗一般配合力为负值,用此DH系作亲本有利于组配出穗粗且轴细的杂交组合;CND1、CND3

和CND5的穗粗和轴粗一般配合力均为正值,用其组配的后代表现出穗粗且轴粗的特点;CND4和CND7的穗粗和轴粗一般配合力均为负值,用其作亲本有利于降低后代轴粗,但有造成穗较细的可能;CND8和CND9的穗粗一般配合力为负值,轴粗一般配合力为正值,不利于改良杂交后代的穗粗和轴粗性状。

穗行数的一般配合力效应值变幅为-2.635~2.691,行粒数的一般配合力效应值变幅为-2.345~3.145;CND3、CND5和CND6的穗行数和行粒数一般配合力均为正值,用这3个DH系作亲本有利

于同时增加杂交后代的穗行数和行粒数;CND4的穗行数一般配合力为负值,行粒数一般配合力为正值,利用其组配后的杂交组合穗行数减少,行粒数增加;CND2和CND8的穗行数一般配合力为正值,行粒数一般配合力为负值,用其作亲本的杂交后代有穗行数增加、行粒数减少的趋势;CND1、CND7和CND9穗行数和行粒数的一般配合力均为负值,用此3个DH系作亲本不利于改良杂交后代穗行数和行粒数性状。百粒重的一般配合力效应值变幅为-19.427~20.346,一般配合力排名前3位的分别为CND2、CND5和CND6,利用其组配后的杂交组合百粒重有增加的趋势。

籽粒含水量的一般配合力效应值变幅为-12.182~26.885,其中CND2、CND3、CND4、CND5、CND6和CND7表现为负效应,有利于降低杂交后代的籽粒含水量,其余DH系不利于改良后代籽粒含水量性状。单株产量的一般配合力效应值变幅为-16.653~11.342,表现为正值的DH系有CND1、

CND2、CND5、CND6、CND8,用这5个DH系有利于组配出高产的杂交后代,可应用到以高产为目标的玉米育种中。

**2.3 特殊配合力和超标优势分析** 特殊配合力受亲本间的相互作用影响较大,不能够稳定遗传。如果特定组合的特殊配合力高,表明该组合表现优良,能作为选配新组合(新品种)评价的重要参考值。如表3所示,对单株产量的特殊配合力分析可知,54个杂交组合的单株产量特殊配合力效应值变幅为-24.184~19.563,其中特殊配合力表现为正向效应的有29个杂交组合,表现为负向效应的有25个杂交组合。特殊配合力效应值位于最后3位的组合分别为CND3×C156、CND9×冀57、CND2×C156,其效应值依次为-24.184、-16.565、-11.877,说明这3个杂交组合间有较近的血缘关系,不利于组配出高产潜力大的组合。特殊配合力效应值位于前3位的组合分别为CND7×C156、CND6×PH6WC、CND8×C156,其效应值依次为19.563、11.998、

表2 9个DH系的一般配合力效应值

被测系	穗长	穗粗	轴粗	穗行数	行粒数	百粒重	籽粒含水量	单株产量
CND1	-0.952	0.135	0.615	-1.249	-1.520	2.053	26.885	1.161
CND2	2.499	1.078	-1.105	1.638	-2.345	20.346	-8.092	5.758
CND3	-1.672	1.145	1.658	0.528	1.195	-11.752	-7.419	-1.821
CND4	-1.913	-1.615	-1.157	-2.546	0.226	3.492	-9.336	-16.653
CND5	0.838	1.015	0.113	1.993	3.145	15.915	-12.182	7.803
CND6	2.035	2.278	-0.793	2.691	2.069	10.079	-11.963	11.342
CND7	0.932	-1.645	-0.904	-2.635	-0.027	-19.427	-9.522	-3.028
CND8	-0.479	-0.759	0.209	0.365	-1.515	-11.668	10.437	4.031
CND9	-1.295	-1.623	1.369	-0.782	-1.228	-9.044	21.192	-8.592

表3 单株产量特殊配合力效应值

被测系	PH6WC	冀57	C106	PH4CV	L50	C156
CND1	5.263	0.925	3.271	-6.757	4.061	-6.763
CND2	0.273	11.069	4.132	-0.765	-2.832	-11.877
CND3	3.659	9.022	1.602	-1.352	11.253	-24.184
CND4	-1.243	-5.631	-1.485	0.392	-0.362	8.329
CND5	0.356	0.036	2.325	-2.266	3.442	-3.893
CND6	11.998	4.331	-0.985	-4.263	-8.635	-2.446
CND7	-9.335	-3.662	-8.715	0.117	2.032	19.563
CND8	-6.753	0.469	-0.659	4.632	-9.078	11.389
CND9	-4.215	-16.565	0.514	10.263	0.126	9.877

11.389,说明这3个杂交组合间亲缘关系较远,杂种优势显著,有利于组配出高产潜力大的组合。

选用本地区玉米主栽品种先玉335为田间对照品种,54个杂交组合的单株产量超标优势如表4所示。超标优势在-28.245%~12.917%之间,表现为正值的5个杂交组合,从大到小分别为CND7×C156、CND6×PH6WC、CND8×C156、CND3×L50和CND9×PH4CV,数值分别为12.917%、10.089%、7.041%、6.361%和1.406%。进一步分析发现,这5个组合的

单株产量特殊配合力也均为正向效应,有实现高产的潜力。CND6和CND8的单株产量一般配合力效应值为11.342和4.031,但CND3、CND7和CND9的单株产量一般配合力效应值分别为-1.821、-3.028和-8.592,均表现为负向效应。因此,在选择亲本组配杂交种时,不应只关注亲本的一般配合力效应,也要注意特殊配合力有突出表现的杂交组合,才能组配出优良的杂交组合。

表4 单株产量超标优势

(%)

被测系	PH6WC	冀57	C106	PH4CV	L50	C156
CND1	-13.607	-10.294	-18.572	-18.712	-19.623	-23.746
CND2	-23.566	-1.270	-5.255	-23.756	-19.087	-20.543
CND3	-6.621	-4.804	-6.906	-16.685	6.361	-24.012
CND4	-16.140	-23.086	-17.351	-7.957	-16.735	-3.268
CND5	-8.137	-24.752	-18.301	-16.255	-2.702	-19.392
CND6	10.089	-13.267	-14.848	-21.244	-3.088	-12.151
CND7	-21.604	-28.245	-18.502	-14.338	-4.754	12.917
CND8	-13.687	-22.585	-18.221	-6.756	-20.318	7.041
CND9	-15.999	-17.100	-7.347	1.406	-4.284	-0.525

### 3 讨论

优新品种选育的重要条件和必备基础是丰富的种质资源,但目前种质资源遗传基础狭窄已严重制约玉米育种的创新发展<sup>[17-18]</sup>。DH系的基因位点均表现为100%纯合的,能够稳定遗传,不再局限于大田生产的环境和季节,可以在实验室中进行重复试验,降低环境影响,提高试验分析的准确性<sup>[19-20]</sup>。选育到纯合DH系仅仅是玉米杂交育种的一个基础环节,配合力是作物的重要遗传特性,通过测定配合力来筛选自交系,并通过鉴定选育到高产优质的新组合是杂交育种的重要阶段<sup>[21-22]</sup>。

本研究利用来自同一遗传背景的9个DH系为基础材料,进行一般配合力、特殊配合力和杂种优势分析,结果表明,供试DH系单株产量及产量相关性状的一般配合力和特殊配合力方差均达到显著或极显著水平,说明同一基础材料的不同DH系配合力变异显著,为优良DH系的选育提供了可能。CND2、CND5和CND6的单株产量一般配合力较高,有利于组配出高产后代。综合8个农艺性状来看,利用CND6作亲本,有利于组配出果穗长且粗、

穗轴较细、穗行数和行粒数较多、百粒重大且籽粒脱水速度快的高产玉米杂交种。CND2和CND5也有很大的应用潜力,其后代有穗较粗、穗长和穗行数增加、百粒重大、籽粒脱水速率加快、高产的特点。CND7在改良后代穗长方面有较大潜力,CND3可以用来针对性改良穗行数和行粒数少的玉米种质。

通过对杂交组合进行配合力和杂种优势分析,并综合考虑杂交组合不同农艺性状的自身表现,遴选出CND7×C156、CND6×PH6WC和CND8×C156等3个杂交组合,进一步分析发现,CND7的单株产量一般配合力效应值为-3.028,表现为负向效应,说明亲本的一般配合力与其组配的杂交种特殊配合力没有必然联系,选配优良杂交组合时,既要注意一般配合力,也要结合特殊配合力进行选择,才能组配出优良的杂交组合。由于产量等数量性状受多基因控制,不同环境下农艺性状与环境间存在相互作用,在选出高产组合后需进行多年多点种植鉴定,再根据鉴定结果进行筛选,才能培育出适应当地气候且综合表现优良的新品种。

## 参考文献

- [1] 张艳辉, 马艺文, 倪志刚, 孙盼盼, 郑永照, 康恒, 孙晓晨, 董本春. 不同世代玉米诱导率与加倍率研究及 DH 系配合力分析. 种子, 2022, 41 ( 8 ): 100-103
- [2] 邢鲁亭, 陈珏, 陈子义, 田在军. 青贮玉米育种研究进展与思考. 中国种业, 2025 ( 9 ): 9-14
- [3] 张坤明, 逯晓萍, 薛春雷, 董婧, 李俊伟, 韩平安, 张瑞霞, 李美娜. 61 份玉米 DH 系的 SSR 标记分析及性状遗传研究. 玉米科学, 2018, 26 ( 5 ): 14-20, 29
- [4] 张红伟, 李林. 我国玉米生物育种技术体系发展与应用探讨. 玉米科学, 2025, 33 ( 6 ): 10-13
- [5] 王文娟, 高岭巍, 姬社林, 马盼盼, 岳振平, 陈智勇, 马昕. “黄金粮” MY73 成为黄淮海地区玉米主推品种的原因分析. 中国种业, 2025 ( 4 ): 42-45
- [6] 黎裕, 徐辰武, 秦峰, 谢晓晓, 汪海. 玉米生物育种: 现状与展望. 中国基础科学, 2022, 24 ( 4 ): 18-28
- [7] 李永祥, 李会勇, 扈光辉, 刘旭洋, 李春辉, 张登峰, 黎裕, 王天宇. 玉米应用核心种质的构建与应用. 植物遗传资源学报, 2023, 24 ( 4 ): 911-916
- [8] 赵海军, 史佳晴, 王彬, 郭益洋, 胡小丽, 韩赞平. 150 份玉米自交系籽粒及其品质性状的综合评价. 河南农业科学, 2023, 52 ( 5 ): 33-39
- [9] 谢惠玲, 郭战勇, 陈伟程, 汤继华. 玉米品种群的育种策略与应用. 玉米科学, 2021, 29 ( 6 ): 1-4
- [10] 尹祥佳, 李晶, 王雅琳, 王剑虹. SNP 标记在玉米分子育种中的应用. 中国种业, 2021 ( 4 ): 23-26
- [11] 朱秀森, 刘忠诚, 李成军, 姜付俊, 秦宝军, 勾千冬, 王冰, 张雷, 于洋, 刘洪波. 玉米抗逆性新品种选育及配套栽培技术示范推广探究. 中国种业, 2025 ( 9 ): 69-72
- [12] 曹士亮, 张学才, 张建国, 扈光辉, 于滔, 曹靖生, 杨耿斌, 李文跃, 马雪娜. 全基因组选择技术在玉米育种中的应用. 玉米科学, 2025, 33 ( 6 ): 1-9
- [13] 焦仁海, 刘成元, 黄威, 代秀云, 刘兴二, 仲义, 夏远峰, 蔡鑫茹, 刘俊, 吴凤新. 高配合力玉米自交系的选育、遗传分析及应用. 江苏农业科学, 2023, 51 ( 24 ): 78-82
- [14] 李春辉, 李志勇, 杨扬, 张如养, 肖森林, 苏爱国, 王夏青, 赵衍鑫, 王帅, 孙轩, 宋伟, 赵久然. 我国玉米品种更新换代、杂优模式变迁及功能基因组研究进展. 科学通报, 2025 ( 10 ): 1-15
- [15] 宁龙龙, 雷晓兵, 李小东, 梁晓伟, 赵保献. 基于玉米新品种洛玉 2456 选育的种质资源创新思考. 中国种业, 2025 ( 2 ): 125-128
- [16] 郑秋道, 张培凤, 孙佩, 张瑞平, 任艺慈, 李栋, 周联东. 河南省 102 份玉米地方品种农艺性状综合评价及类群划分. 中国种业, 2024 ( 9 ): 58-63
- [17] 王元东, 赵久然, 付修义, 张华生, 陈传永, 吴珊珊, 张春原, 张雪原, 陈明, 陈绍江. 黄欧系玉米育种应用探索与分析. 植物遗传资源学报, 2020, 21 ( 4 ): 866-874
- [18] 潘光堂, 杨克诚, 李芦江, 高世斌, 沈亚欧, 谭登峰, 卢洪志. 西南山地玉米育种新一轮骨干自交系 SCML0849 的选育与应用. 玉米科学, 2024, 32 ( 3 ): 1-8
- [19] 何文平, 马德山, 樊瑞, 汪磊, 杜振, 年益新. 单倍体育种技术在玉米育种实践中的应用. 现代农业科技, 2020 ( 10 ): 19, 25
- [20] 何文平, 张长征, 秦代锦, 王爱芬. 以玉米育种为例探讨构建和完善现代商业化育种体系. 中国种业, 2020 ( 3 ): 34-35
- [21] 邢政, 姜龙, 王薪淇, 邓昆鹏, 任孝慈, 赵仁贵. Tg29 诱导糯玉米单倍体的效率及 DH 系鉴定. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2017, 45 ( 12 ): 38-43
- [22] 吴玥, 郑雷雷, 慈佳宾, 崔学宇, 孙贵星, 张野, 杨伟光. 不同密度下玉米 DH 系稳定性及配合力分析. 吉林农业大学学报, 2014, 36 ( 4 ): 384-388

( 收稿日期: 2025-10-14 )

## ( 上接第 87 页 )

- 省春玉米宜机械粒收品种筛选及影响因素分析. 核农学报, 2022, 36 ( 6 ): 1254-1261
- [4] 李少昆, 赵久然, 董树亭, 赵明, 李潮海, 崔彦宏, 刘永红, 高聚林, 薛吉全, 王立春, 王璞, 陆卫平, 王俊河, 杨祁峰, 王子明. 中国玉米栽培研究进展与展望. 中国农业科学, 2017, 50 ( 11 ): 1941-1959
- [5] 豆攀, 黄科程, 王兴龙, 马晓君, 张嘉莉, 孔凡磊, 袁继超. 川中丘区不同玉米品种春、夏播茎秆抗倒特性研究. 华北农学报, 2017, 32 ( 4 ): 162-168
- [6] 赵波, 李小龙, 周茂林, 宋碧, 雷恩, 李钟, 吴薇薇, 袁继超, 孔凡磊. 西南玉米机械粒收籽粒破碎率现状及影响因素分析. 作物学报, 2020, 46 ( 1 ): 74-83
- [7] 李中建, 许洛, 郑书海, 冯健英. 10 个宜机收夏玉米品种茎秆抗倒特性比较. 河北农业科学, 2019, 23 ( 5 ): 28-32
- [8] 王囡囡. 氮密互作条件下玉米抗倒性农艺性状的研究. 中国种业, 2021 ( 6 ): 62-64
- [9] 彭守华, 许铭铭, 尉继强, 苗延平, 王杰, 张启全, 张天雨. 威海市耐密植宜机收玉米品种筛选试验. 中国种业, 2023 ( 7 ): 44-47, 54
- [10] 乔江方, 刘京宝, 朱卫红, 谷利敏, 黄璐, 夏来坤, 李川. 不同种植密度对夏玉米‘郑单 1002’抗倒性及机收籽粒性能的影响. 中国农学通报, 2015, 31 ( 33 ): 62-66
- [11] 谷利敏, 乔江方, 张美微, 朱卫红, 黄璐, 代书桃, 董树亭, 刘京宝. 种植密度对不同耐密夏玉米品种茎秆性状与抗倒伏能力的影响. 玉米科学, 2017, 25 ( 5 ): 91-97
- [12] 张桂萍, Marasini M, 李薇薇, 张凤路. 不同玉米品种的茎秆性状对茎秆弹性和耐密性的响应. 华北农学报, 2024, 39 ( 2 ): 79-89
- [13] 申炳涛, 朱伟岭, 李颜, 孙忠超. 河南省长葛市玉米品种比较试验研究. 中国种业, 2023 ( 1 ): 72-75

( 收稿日期: 2025-10-17 )