

玉米单倍体诱导率及加倍率影响因素研究进展

王晓梅,傅迎军,孙殷会,王晓东,张庆娜

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157041)

摘要:单倍体育种是建立在遗传标记技术上的一种新兴的玉米育种技术,具有缩短育种周期,克服远缘杂交的不亲和性及合成育种新材料等优点。为更好地进行玉米单倍体育种技术研究及应用,简要介绍了玉米单倍体育种技术的研究概况及特点,重点阐述了玉米单倍体诱导率及加倍率在不同生态环境、不同播期、不同遗传背景等因素下的变化并就其在玉米育种领域的应用潜力进行了探讨。

关键词:单倍体;诱导率;加倍率

中图分类号:S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)04-0151-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.04.0151

21 世纪以来,玉米的种植面积在逐年加大,目前已经跻身于我国第一大作物行列。高市场需求有力地推动了玉米产业及玉米育种技术的迅猛发展。其中单倍体育种技术因克服了常规育种技术的育种周期长、选择效率低等缺点而在近年来逐渐兴起,已经成为玉米自交系的重要选育手段。目前该项技术还处于研究开发阶段,只在大型种子(如:美国先锋公司、孟山都公司等)大规模应用,这种以规模换效率的研究手段严重制约着其在中小型育种单位中的应用。

为了使单倍体技术在玉米育种领域发挥最优水平,前人已在此领域做了大量的研究,其中如何提高玉米单倍体诱导率及加倍率方面也是研究较多、较难突破的两大技术难题,本文在初步总结近几年玉米单倍体育种技术的主要研究进展的前提下,特就影响其诱导率及加倍率的各因素展开深入研究,以期为该技术的高效利用提供一定的理论依据及技术支持。本文通过概括玉米单倍体育种技术研究与育种密切相关的实用技术和方法的新进展,并在分析当前国内玉米单倍体育种的一些热点问题的基础上提出今后应着重加强的领域,暂不涉及可能具有重要潜在价值,但目前还不能用于育种实践的基础性研究问题。

1 玉米单倍体育种技术研究概况

单倍体(haploid)指具有配子染色体数的细胞或个体。双单倍体(doubled haploid,DH)是指单倍体细胞(n)经过自然或人工诱导染色体加倍而形成的一种纯合基因型($2n$)^[1]。玉米单倍体的获得主要有自然变异和人工诱导两种方法:(1)自然变异:植物在生殖过程中生理平衡被破坏所导致的孤雌或孤雄生殖,高等植物中的单倍体植株多数高度不育,故其植株比它们的二倍体更弱小,但在自然界存在的单倍体发生率仅为0.05%~0.10%;(2)人工诱导:主要有远缘杂交、花药培养、诱导孤雌生殖等方法,人工诱导可以使单倍体发生频率大幅提高,目前较广泛应用的主要是利用单倍体诱导系杂交诱导。

最早在1922年Dorothy Bergner首次发现了野生的曼陀罗单倍体^[2],1929年由Randolph和Stadler首次发现玉米单倍体^[3],1947年Chase最先将选育的优良DH系用于杂交种的组配^[4]。直至1950年Coe^[5]发现并命名了第一个玉米孤雌生殖诱导系Stock 6,以其作为父本对其它品系授粉杂交时可以产生2.29%的孤雌生殖单倍体,首次使玉米单倍体诱导系理论在实际中得到应用,此后人们对Stock 6进一步展开深入的研究,通过选择发现并创造了一系列高频诱导系,如:WS 14^[6]、EMK^[7]、中国的农大高诱1号^[8]以及吉林省农业科学院选育的吉高诱3号^[9],其中农大高诱1号和吉高诱3号平均诱导率分别可达4%~6%和10%以上,这使得玉米单倍体育种工作取得了重大突破。

单倍体能简化基因互作,去掉超显性效应,消除基因显隐性干扰,不仅可保留有利的加性和加

收稿日期:2015-11-15

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAD01B01);牡丹江市科学技术计划资助项目(Z2015n0011)

第一作者简介:王晓梅(1982-),女,山西省大同市人,硕士,研究实习员,从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:wxmaiwyw2006@126.com。

通讯作者:傅迎军(1966-),女,黑龙江省绥化市人,硕士,研究员,从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:fuyuy@126.com。

性上位效应,同时也便于性状的选择和致死基因的消除。因此单倍体技术在玉米育种中将具有广阔的应用前景。此外单倍体育种技术获得一个纯系只需 2 a,能快速育成来自供体亲本的稳定纯系,其高效育种的特点促使其近年来被多家育种单位争相应用,然而单倍体诱导率受受体母本材料遗传背景的影响较大,同时单倍体自然加倍率较低也是困扰育种家多年的瓶颈问题,为了提高其加倍率许多学者针对其加倍方法及人工加倍试剂做过大量研究,但目前能显著提高其加倍率且无毒、无害、无污染、操作简单的加倍方法方面的报道并不多,太多的不确定因素限制了其应用范畴,因此如何能有效利用这一新兴技术来指导育种实践亟待进一步深入研究及探讨,如何创制单倍体高诱导率和加倍率、以及操作方便、成本低的加倍方法,还待不断摸索进步。

2 影响玉米单倍体诱导率的因素

2.1 不同生态环境对玉米单倍体诱导率的影响

不同的环境条件在一定程度上影响着单倍体的诱导效率,2011 年姜龙等^[10]将杂交诱导基础材料在吉林省长春、长岭及海南省三亚等地进行杂交诱导,结果表明三亚平均诱导率最高,可达 11.93%,极显著高于长春和长岭两地。这可能是由于海南的冬季温度较高,昼夜温差较大,光照、水分充足的特殊气候条件下更有助于提高玉米单倍体的诱导率。

2.2 不同生态型及母本基因型对玉米单倍体诱导率的影响

刘丽等^[11]通过对我国不同基因型及生态型玉米自交系的单倍体诱导率进行比较,提出不同杂种优势群诱导率兰卡斯特>Sunwan 群>瑞得群>旅大红骨群>四平头群,不同生态型玉米诱导率北方春播玉米区>南方丘陵玉米区>西南山地玉米区>黄淮海夏播玉米区,温带自交系的单倍体诱导率明显高于热带自交系。因而可以看出不同遗传背景材料会导致单倍体诱导率存在明显差异。Chase^[12]认为母本遗传背景影响单倍体诱导率的原因可能是母本基因型所产生的雌配子中有害基因频率不同所致。徐国良^[13]则认为其原因可能与糊粉层和盾状体标记的染色在不同基因型籽粒中着色不同有关,有些基因型的籽粒中着色很深,而在另一些中则着色很浅或不着色。形成这种现象的原因主要可能是籽粒成熟度不同,

着色深浅不同,且标记基因在表达时受增强子、修饰和抑制基因等的影响,CI 基因、C2 基因、R 基因、Bz1 基因和 Bz2 基因等有关色素基因的表达具有剂量效应。所以为了提高诱导效率应根据母本材料的遗传背景及特性制定合理的诱导方案,需加强对孤雌生殖可诱导性的分子基础的研究,以期获得更多的单倍体籽粒。当母本材料群体内的遗传差异小时可用较小的群体规模,而当群体内遗传差异较远时则需考虑扩大诱导规模。

2.3 不同播期对玉米单倍体诱导率的影响

不同播期对单倍体的诱导率影响不尽相同。刘德友^[14]等研究发现夏播材料的诱导率普遍要高于春播材料,其原因可能与夏播授粉时期(9 月初)温度较春播时(7 月中旬)低有关,因夏播授粉时期新陈代谢缓慢,呼吸作用减弱,能量和物质的消耗减慢,玉米诱导系的不正常花粉粒的两个精核可在花粉管中有充足的时间分开运输,更有利于单受精进而产生玉米单倍体。

2.4 不同授粉时期对玉米单倍体诱导率的影响

Chase^[15]、Seaney^[16]的研究均表明,延迟授粉可以提高玉米单倍体诱导率。姜龙等^[17]选择不同的授粉时期进行授粉得出早期授粉的单倍体平均诱导率>中期授粉>晚期授粉的诱导率,母本吐丝后延迟授粉会降低单倍体的诱导率。另刘晓鑫等^[18]也报道早期授粉的单倍体诱导率高于晚期授粉,但他认为不同授粉时间的单倍体诱导率未达显著差异。早期授粉的单倍体诱导率高可能是由于吐丝时间长的花丝直径更大,可以容纳更多的花粉管生长,单受精的概率可能降低,进而影响单倍体出现的概率。杨巍等^[19]研究发现 JS6-2 杂交诱导单倍体最佳时期为雌穗吐丝后 3~8 d,提出不同品种在不同杂交诱导授粉时期诱导率没有显著差异。说明授粉时期对玉米单倍体诱导率的影响具有特异性,且因晚期授粉结实率较低,所以在雌穗吐丝后 4~5 d 进行杂交诱导,效果更好。

2.5 父本基因型对玉米单倍体诱导率的影响

不同的诱导系在单倍体诱导频率上亦有显著差异,2013 年张如养^[20]曾利用 6 个玉米单倍体诱导系对玉米自交系做杂交诱导,分析得出 6 个不同诱导系的诱导率均值具有显著差异,因此他提出诱导系的诱导能力不仅受诱导的基础材料遗传背景的影响,同时受自身遗传背景的影响也较大。另 Aman^[21]也认为诱导能力是由具有加性

效应的多基因所决定,受环境因素影响较小;Sarka等^[22]则认为 Stock6 核基因控制其诱导性状,且可通过杂交选择得以改良和提高。目前单倍体育种技术已在某些国家玉米育种中广泛应用,一些高频诱导系已被申请了专利,限制了国际间材料的交流。我国玉米育种要充分利用这一项技术,前提必须创造自己的单倍体诱导系。因此须加强单倍体诱导系诱导性状的遗传规律和诱导机制研究的多学科协作。应通过已有的单倍体诱导系与国内的优良玉米种质杂交和回交创造出诱导率更高、遗传标记性状更强的新诱导系应用于育种实践中。

3 玉米单倍体加倍率影响因素

3.1 单倍体加倍率在不同加倍方式下的不同表现

3.1.1 自然加倍 玉米单倍体恢复二倍体是细胞的本能反应,但因受限于单倍体雄穗高度不育,自然加倍率一直处于偏低水平。研究者认为,精核融合、核内复制、核内有丝分裂、花粉管中精子和营养核的融合等因素都是导致染色体加倍的可能原因。Shatskaya等^[23]研究表明,许多材料的单倍体自然加倍率都低于5%,且不同基因型单倍体雄穗育性恢复程度存在很大差异,有些材料甚至不发生自然加倍。

3.1.2 人工加倍 由于单倍体自然加倍率极低,因而科研人员始终在坚持不懈地研究创新更有效的人工加倍方法,目前研究较多的主要是以秋水仙素和除草剂为加倍剂的化学加倍法。

秋水仙素可通过与微管蛋白结合来抑制微管的形成,染色体被滞留在赤道板上而不能向两极移动,从而阻碍了有丝分裂的进程,导致细胞的染色体加倍。常用的秋水仙素加倍处理方法主要有浸种法、浸根法、浸芽法、注射法等。其加倍效果因所采用的试剂浓度、处理部位及处理时间的不同而存在较大差异。据2007年魏俊杰^[24]研究显示以0.5%浓度的秋水仙素注射处理6叶期玉米茎尖生长点效果最好,散粉率最高可达32.3%。另外刘俊等^[25]报道利用0.06%秋水仙素配2.0%的二甲基亚砜(DMSO)溶液对2~3叶期玉米单倍体幼苗进行加倍,对比分析自然加倍法、幼苗浸根法、滴注心叶法及针刺生长点滴注法的差异得出:不同加倍处理方法间达到极显著差异,其中针刺生长点法处理的单倍体散粉率显著高于其它3种加倍方法,可达23.03%。但与此同时化学加

倍法对单倍体植株的毒害也较大,尤其是针刺生长点加倍法的致死率最高,为16.30%。秋水仙素属剧毒物质,摄入3~13 mg即会引起人体窒息而死亡,且容易对环境造成不必要的污染,各种不利因素均限制了秋水仙素在玉米单倍体加倍领域中的应用。

为了避免秋水仙素不利因素的影响,研究者们又开始寻找更为安全有效的化学加倍药剂,通过研究发现了抗微管除草剂对细胞有加倍的作用,利用除草剂对玉米单倍体加倍的相关报道也相对较少,除草剂对部分植物诱导多倍体程度甚至比秋水仙素还高,药害程度也较轻,因其对植物微管蛋白的亲合力要比秋水仙素高,在低浓度条件下具有比秋水仙素更高的微管蛋白解聚能力,因而在低于秋水仙素百倍的浓度便有较好的诱导效果。而且除草剂对环境的污染较小,且兼具高效、低毒、低残留、易降解等优点。目前对该项技术的研究正日益增多,2012年惠国强等^[26]通过比较3种除草剂甲基胺草磷、炔苯酰草胺和氟乐灵加倍玉米单倍体的效率,指出这3种除草剂对玉米单倍体加倍均有效果,加倍率在3.42%~26.32%,从而提出了利用除草剂加倍玉米单倍体的新方法。同年慈佳宾^[27]等用氟乐灵、拿草特两种抗微管除草剂和秋水仙素在不同处理部位、不同处理时间和浓度条件下也对玉米单倍体加倍率做了研究分析,提出3种药剂用浸种法处理玉米单倍体的加倍率以氟乐灵在浓度80 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理20 h最高(35.7%)。前人的研究均显示抗微管除草剂对玉米单倍体加倍效果较好,因此抗微管除草剂加倍技术的研究和应用,将使倍性育种更加系统化、规模化,或将对育种领域产生革命性的影响。

这两种化学加倍药剂均表现浓度越高处理时间越长,对植物组织的抑制程度越大。抑制过大,植株生长缓慢甚至死亡。反之,诱变效果不明显,因此合适的处理时间和加倍剂浓度对诱导染色体加倍至关重要。

3.2 不同生态环境下玉米单倍体加倍效果比较

许洛^[28]等分别在石家庄春播、夏播和三亚冬播这3种不同生态环境条件下,开展玉米单倍体自然加倍效果的研究,结果表明,三亚冬播玉米单倍体的自然加倍效果最好(10.2%),石家庄春播次之(10.1%),石家庄夏播的加倍效果最差(2.5%)。证明单倍体雄穗育性的恢复与环境

温度息息相关,生长前期温度过高(或昼夜温差较小)不利于单倍体雄穗育性恢复,而温度偏低(或昼夜温差较大)对雄穗育性的恢复较有利。蔡泉等^[29]认为海南是较为适宜单倍体自然加倍的场所。由此可以说明玉米单倍体育性的自然恢复会随着光照、温度、降水及纬度等不同生态环境的变化而表现较大差异,深入研究适宜玉米单倍体自然加倍的环境因素是提高其自然加倍率的前提。

3.3 不同播期对玉米单倍体加倍率的影响

相同材料播期不同其自然加倍率亦有很大差异。有研究发现单倍体雄穗育性的自然恢复与生长前期环境温度或昼夜温差的变化具有负或正相关的趋势^[30]。另外段民孝^[31]等通过对北京地区玉米单倍体在不同播期散粉率和结实率的变化规律的研究表明播种时期对单倍体的加倍频率有显著影响,春播对于提高单倍体发生加倍的几率更有利。芦连勇^[32]通过对安阳春夏不同播期玉米单倍体自然加倍效果的研究得出:不同材料来源的玉米单倍体夏播和春播的散粉率平均分别为34.24%、29.37%,夏播比春播高4.87%,夏播更利于提高单倍体的加倍几率。针对不同播期对玉米单倍体加倍率的影响目前还存在不同环境下结果各异的问题,需进一步研究其原因,无疑玉米单倍体雄穗育性的恢复对温度变化较敏感,从而增加了对最适宜单倍体植株加倍的环境温度研究的必要性。

3.4 不同母本基因型对玉米单倍体加倍率的影响

2008年李国良等^[33]通过对比不同母本基因型材料的单倍体植株雄穗散粉率的研究得出:从旅大红骨和Lancaster中诱导出的单倍体散粉株率最高为10.5%;从Reid中诱导出的单倍体的散粉株率为2.6%;不同种质类群的单倍体散粉株率平均为7.4%。2012年徐国良等^[13]研究发现不同种质材料的单倍体自交结实率差异很大,Reid群最高为13.01%,其单倍体雄穗加倍率较高,为18.44%;国外杂交种7和Lancaster群单倍体自交结实率较低,且其单倍体植株的雄穗加倍率也仅为5.62%和9.37%。由此看出单倍体雄穗的育性问题是单倍体自交结实性的限制因素,几乎所有玉米单倍体植株的雌穗均能正常吐丝且大部分都能正常抽雄,但其雄穗育性的自然恢复率较低且单倍体雄穗育性在不同母本基因型背景下存在较大差异。

4 展望

玉米单倍体育种技术目前已在国内外广泛使用,大约60%的马齿型自交系,30%的硬粒型自交系均由单倍体技术选育而来。在中国科学院遗传所最早开展此项研究,利用孤雌生殖技术育成3 000多个孤雌生殖纯系^[26]。但在单倍体诱导、加倍、扩繁等一系列操作过程中,因诱导率和加倍率受限、选择标记不明显、串粉等仍有可能造成诱导及加倍效率较低、肉眼鉴定单倍体存在误差、DH系不纯等现象发生,且综合农艺性状优良的DH系并不多,从而部分削弱了单倍体技术的应用效果。因此,在玉米单倍体育种过程中应以培育高频诱导系为前提,同时要加强对加倍方法的研究及新型加倍试剂的创制,并兼顾提高DH系纯度及分子鉴定环节,通过测配来筛选配合力高且综合性状优良的自交系加以利用,为筛选出高产优质的新组合奠定基础。要将单倍体育种与种质扩增和育种材料的改良有机结合起来,先对基础材料进行基因重组改良,在累积足够的高产、抗病虫性及抗逆性等更多有利基因位点的基础上,再用单倍体诱导加倍技术获得纯系,将会充分发挥单倍体育种的优势,大大提高育种效率,并且双单倍体群体在遗传学研究上具有重要的研究价值,可应用于遗传图谱的构建、基因定位及克隆。目前,玉米单倍体育种技术研究已深入到诱导机理研究、诱导率与加倍率研究、诱导系选育、单倍体鉴定及栽培、DH系筛选及应用等诸多方面。该项技术如何能广泛应用于各育种单位仍是亟待突破的课题之一,未来的工作除了要进一步加强遗传标记性状的研究及探讨单倍体诱导系诱导性状的遗传规律和诱导机制以外,还需对新诱导系选育中渗入本地种质及加强诱导系生态适应性的研究,以如何选择合适的基础材料及适宜的生态环境,如何提高诱导率和创新染色体加倍技术及探讨单倍体加倍的遗传规律和加倍机制等为重点研究方向。

参考文献:

- [1] 刘培勋,刘和平,罗仁革,等.单倍体诱导技术在玉米育种中的应用[J].种子,2014,33(5):49-52.
- [2] Blakeslee A F. A haploid mutation in the jimson weed, *Datura stramonium*[J]. Science, 1922, 55: 646-647.
- [3] Randolph L F. Note on haploid frequencies[J]. Maize Genet Coop. News Lett, 1938, 12: 12.
- [4] Chase S S. Techniques for isolating monoploid maize plants[J]. J. Bot., 1947, 34: 582.

- [5] Coe E H. A line of maize with high haploid frequency[J]. Amer. Nat., 1959, 93: 381-382.
- [6] Lashermes P, Beckert M. Genetic control of maternal haploidy in maize (*Zea mays* L.) and selection of haploid inducing lines[J]. Theor. Appl. Genet, 1988, 76: 405-410.
- [7] Chang M T, Coe E H. Doubled haploids molecular genetic approaches to maize improvement[J]. Biotechnology in Agriculture and Forestry, 2009, 63: 127-142.
- [8] 刘志增. 玉米孤雌生殖诱导机理与遗传探讨及单倍体诱导系的培育和利用[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [9] 才卓, 徐国良, 刘向辉, 等. 玉米高频率单倍体生殖诱导系吉高诱3号的选育[J]. 玉米科学, 2007, 15(1): 1-4.
- [10] 姜龙, 慈佳宾, 崔学宇, 等. 不同生态条件下玉米单倍体诱导率和加倍率研究[J]. 吉林农业大学学报, 2014, 36(2): 139-143.
- [11] 刘丽, 于丽娟, 毕亚琪, 等. 玉米自交系单倍体诱导率的研究[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(5): 32-38.
- [12] Chase S S. Monoploids and diploids of maize: a comparison of genotypic equivalents [J]. Amer. J. Bot., 1964, 51: 928-933.
- [13] 徐国良, 代玉仙, 刘晓丹, 等. 玉米单倍体诱导率和加倍率研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(2): 1-5.
- [14] 刘德友, 赵延明, 刘治先, 等. 不同基因型玉米不同播期单倍体诱导效果初步研究[J]. 中国种业, 2010(7): 49-51.
- [15] Chase SS. Monoploids and monoploid derivatives of maize (*Zea mays* L.) [J]. Bot Review, 1969, 35: 161-167.
- [16] Seane RR. Monoploids in maize [J]. Maize Genet Coop News Lett, 1954, 28: 22.
- [17] 姜龙. 玉米单倍体诱导和加倍技术的优化及 DH 系的遗传性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014.
- [18] 刘晓鑫, 慈佳宾, 崔学宇, 等. 玉米孤雌生殖单倍体高效诱导研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2015, 43(4): 35-43.
- [19] 杨巍, 任雪娇, 崔雪宇, 等. 玉米单倍体诱导系 JS6-2 诱导效果的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2015, 43(7): 89-94.
- [20] 张如养, 段民孝, 赵久然, 等. 6 个玉米单倍体诱导系诱导率的差异性研究[J]. 玉米科学, 2013, 21(2): 6-10.
- [21] Aman M A, Sarkar K R. Selection for haploidy inducing potential in maize[J]. Indian Journal of Genet and Plant Breeding, 1978, 38(3): 452-457.
- [22] Sarkar K R, Coe E H. A genetic analysis of the origin of maternal haploids in maize [J]. Genetics, 1996, 54: 453-464.
- [23] Shatskaya O A, Zabirowa E R, Shcherbak V S. Autodiploid lines sources of haploid spontaneous diploidization in corn[J]. Maize Genetics Cooperation Newsletter, 1994, 68: 51-52.
- [24] 魏俊杰, 张晓丽, 陈梅香, 等. 6 叶期秋水仙素注射处理玉米单倍体的加倍效果研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 49-51.
- [25] 刘俊, 尹晓红, 刘君, 等. 不同加倍方法处理玉米单倍体的加倍效果研究[J]. 玉米科学, 2014, 22(4): 8-12.
- [26] 惠国强, 杜何为, 杨小红, 等. 不同除草剂加倍玉米单倍体的效率[J]. 作物学报, 2012, 38(3): 416-422.
- [27] 慈佳宾. 玉米单倍体诱导和加倍技术及 DH 系的遗传研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [28] 许洛, 王绍新, 冯健英, 等. 不同生态环境的玉米单倍体自然加倍效果研究[J]. 河北农业科学, 2013, 17(3): 63-65.
- [29] 蔡泉, 曹靖生, 史桂荣, 等. 玉米单倍体在黑龙江与海南自然加倍效果的对比研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(5): 7-9.
- [30] 刘志增, 宋同明. 玉米单倍体雌雄育性的自然恢复以及染色体的化学加倍[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 947-952.
- [31] 段民孝, 赵久然, 刘新香, 等. 春夏不同播期对玉米单倍体自然加倍率的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(5): 39-42.
- [32] 芦连勇, 王海莉, 董文恒, 等. 玉米单倍体在春夏不同播期条件下的自然加倍效果研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(18): 9613-9614, 9625.
- [33] 李国良, 苏俊, 李春霞, 等. 农大高诱1号对玉米不同种质和世代单倍体诱导频率的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 3-6.

Research Progress of the Effective Factors on the Induced Rates and the Doubling Rates of Haploid in Maze

WANG Xiao-mei, FU Ying-jun, SUN Yin-hui, WANG Xiao-dong, ZHANG Qin-na

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

Abstract: Haploid breeding is an emerging maize breeding technology based on the genetic marker technique. It has such advantages as shortening the breeding cycle, overcoming the incompatibility of distant hybridization and synthetic breeding of new materials, etc. So as to provide references to the research and application of maize haploid breeding technology, brief introduces the research situation and characteristics of maize haploid breeding technology, focuses on the change in maize haploid induction rate and doubling rate in different ecological environments, at different sowing time, under different genetic background and other factors, and also discusses its potential application in the maize breeding field.

Keywords: haploid; induction rate; doubling rate