



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109566397 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201811541503.4

(22)申请日 2018.12.17

(71)申请人 北京市农林科学院

地址 100097 北京市海淀区曙光花园中路9号

(72)发明人 赵久然 张如养 邢锦丰 王元东
宋伟 王继东 赵衍鑫 苏爱国
孙轩

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君 陈征

(51)Int.Cl.

A01H 1/02(2006.01)

A01H 1/04(2006.01)

权利要求书2页 说明书11页

(54)发明名称

以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法

(57)摘要

本发明提供一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,包括以下步骤:I)从杂种优势利用模式明确的优势群中选择双亲杂交得到F₁世代种子;II)F₂世代起按一穴3株12000株/亩高密度选育2或3个世代,自交后结合田间综合表现入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲≥10%的果穗;III)接着3或4个世代按不同播期平均单果穗粒重选择,入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲≥10%的几个果穗为待测配穗行;IV)待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合表现优良则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。本发明的方法选系群体大,选系标准明确、可测量,杂交组配和鉴定的工作量小,选育的自交系具有超高亲表现。

1. 一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,包括以下步骤:

包括以下步骤:I)从杂种优势利用模式明确的杂种优势群中选择两个优良自交系作为双亲进行杂交,得到F₁世代种子作为基础材料;II)F₂世代开始高密度选育2或3个世代,每世代按照一穴4株播种,间苗时按一穴3株保苗,间苗后密度为12000株/亩;自交后结合田间综合表现入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗;III)接着3或4个世代按不同播期平均单果穗粒重进行选择,入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗,作为待测配穗行;IV)待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合经多年多点鉴定表现优良,则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。

2. 如权利要求1所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,包括以下步骤:

I)从杂种优势利用模式明确的杂种优势群中选择两个优良自交系作为母本A和父本B;待母本A的花丝完全吐整齐后,取父本B花粉一次性充分杂交授粉,成熟期收杂交果穗作为F₁世代种子作为基础材料,开始自交选育;

II)F₂世代开始高密度选育2或3个世代,每世代按照一穴4株播种,间苗时按一穴3株保苗,间苗后密度为12000株/亩;在花期选择田间长势较为旺盛的植株自交,在成熟时结合植株株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选果穗体积较大且综合性状表现优良的部分自交单株果穗,充分晾晒后以入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗;

III)接着进行3或4个世代单果穗粒重不同播期综合选择,即每个世代将每个穗行的种子平均分为两份,分别进行春播和夏播,自交后充分晾晒,以两个播期的均值统计单果穗粒重,入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗,作为待测配穗行;

IV)将待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合经多年多点鉴定比双亲组配的杂交种增产10%以上、且综合性状表现优良,则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。

3. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,步骤IV所述相应待测配穗行入选,选出育成的自交系,是指将待测配穗行直接作为育成的自交系或者将待测配穗行再自交纯化1或2代稳定,作为选育出的自交系。

4. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,所述自交,每次自交均在花丝完全吐整齐后进行,一次性充分自交授粉。

5. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,所述步骤II进行2个世代;所述步骤III进行3个世代。

6. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,所述F₂世代的选系群体设为3000-4000株,优选3000株。

7. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,所述F₂世代,保苗3000株后,花期选择田间长势较为旺盛的1000株单株自交,成熟期结合株型、抗病性、抗倒性等综合表现入选100个果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗,收获充分晾晒后,入选单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%的30个果穗。

8. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,步骤III所述单果穗粒重不同播期综合选择,在步骤II的最后一个世代按穗行种植作为大穗行,步骤III的第一个世代,将上一个世代入选的果穗按穗行种植,首先入选单果穗粒

重均值最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、变异系数最小、出籽率大于85%的几个上一个世代大穗行,再每个大穗行入选3个单果穗粒重均值最高且变异系数最小的小穗行,每个小穗行入选1个果穗。

9. 如权利要求1或2所述的以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,其特征在于,步骤III所述单果穗粒重不同播期综合选择,步骤III第二个世代开始,将上一个世代入选的果穗按穗行种植,在穗行内选择单果穗粒重最高且超高亲、出籽率大于85%的1个果穗进入下一个世代。

10. 权利要求1-9任一项所述以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法在玉米育种中的应用。

以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法

技术领域

[0001] 本发明涉及育种技术,具体是一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法。

背景技术

[0002] 当前玉米育种选系过程主要以配合力测定为核心,每年组配数以万计的杂交组合,所费人力、物力巨大。然而巨大的规模导致影响结果的因素多且复杂,例如种植地块肥力和管理水平不均一、测试数据误差等,使所得配合力和产量等衡量指标的可信度大大降低。同时,在玉米杂交种产量的不断提高中,杂种优势的贡献没有显著增加,而自交系自身产量提高对杂交种产量提高具有显著的贡献,因此在自交系选育过程中提高单果穗粒重具有非常重要意义。

[0003] 本发明以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,在高密度和多点鉴定的条件下,以测量方法简单准确的单果穗粒重为核心指标,可操作性强,可信度高,能大幅度减小早代测试规模,有效地将选系规模控制在较小的范围内,且最后选育所得自交系在单果穗粒重超高亲、出籽率和一般配合力性状上都有显著提升,其所组配的杂交种比双亲组配的杂交种可增产10%以上,综合性状表现优良。因此,通过本发明的方法可以让育种选系在可控的规模下进行,且选系效果明显,遗传增益幅度大,同时可有效的降低育种成本,提高育种效率。

发明内容

[0004] 针对玉米自交系选系规模巨大、衡量指标不够精准的现状,本发明提供一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法。

[0005] 本发明提供一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,包括以下步骤:I)从杂种优势利用模式明确的杂种优势群中选择两个优良自交系作为双亲进行杂交,得到F₁世代种子作为基础材料;II)F₂世代开始高密度选育2或3个世代,每世代按照一穴4株播种,间苗时按一穴3株保苗,间苗后密度为12000株/亩;自交后结合田间综合表现入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗;III)接着3或4个世代按不同播期平均单果穗粒重进行选择,入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗,作为待测配穗行;IV)待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合经多年多点鉴定表现优良,则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。

[0006] 其中,所述不同播期,按照玉米一年合适的播期设置,一般为春播和夏播,有些气候合适的地区可多于两个播期。

[0007] 本发明所述一种以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法,具体包括以下步骤:

[0008] I)从杂种优势利用模式明确的杂种优势群中选择两个优良自交系作为母本A和父本B;待母本A的花丝完全吐整齐后,取父本B花粉一次性充分杂交授粉,成熟期收杂交果穗

作为F₁世代种子作为基础材料,开始自交选育;

[0009] II) F₂世代开始高密度选育2或3个世代,每世代按照一穴4株播种,间苗时按一穴3株保苗,间苗后密度为12000株/亩;在花期选择田间长势较为旺盛的植株自交,在成熟时结合植株株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选果穗体积较大且综合性状表现优良的部分自交单株果穗,充分晾晒后以入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗;

[0010] III) 接着进行3或4个世代单果穗粒重不同播期综合选择,即每个世代将每个穗行的种子平均分为两份,分别进行春播和夏播,自交后充分晾晒,以两个播期的均值统计单果穗粒重,入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗,作为待测配穗行;

[0011] IV) 将待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合经多年多点鉴定比双亲组配的杂交种增产10%以上、且综合性状表现优良,则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。

[0012] 其中,步骤IV所述相应待测配穗行入选,选出育成的自交系,是指将待测配穗行直接作为育成的自交系或者将待测配穗行再自交纯化1或2代稳定,作为选育出的自交系。

[0013] 其中,所述杂种优势利用模式(也叫杂种优势模式、杂优模式),是由杂交种双亲所属的杂种优势群所构成的一种组配形式。例如:X群和黄改群组配、瑞德群和兰卡群组配、改良瑞德群和黄改群组配、兰卡群和黄改群组配、P群和黄改群组配、P群和旅大红骨群组配、改良瑞德群和旅大红骨群组配等。

[0014] 若利用某一杂种优势模式,则应当:1) 步骤I的两个优良自交系从构成该杂种优势模式的母本杂种优势群选出,步骤IV待测配穗行和父本杂种优势群中的自交系测配;或者2) 步骤I的两个优良自交系从构成该杂种优势模式的父本杂种优势群选出,步骤IV待测配穗行和母本杂种优势群中的自交系测配。

[0015] 其中,所述自交,每次自交均在花丝完全吐整齐后进行,一次性充分自交授粉。

[0016] 其中,所述超高亲,需以两个亲本母本A和父本B作为对照。从F₂开始,每世代均需在田间按照与待选材料同样的设计种植母本A和父本B作为对照。

[0017] 其中,所述步骤II优选进行2个世代;所述步骤III优选进行3个世代。

[0018] 其中,所述F₂世代的选系群体设为3000-4000株,优选3000株;所述选系群体为间苗后的株数。

[0019] 其中,所述F₂世代,保苗约3000株后,花期选择田间长势较为旺盛的大约1000株单株自交,成熟期结合株型、抗病性、抗倒性等综合表现入选约100个果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗,收获充分晾晒后,入选单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%的30个果穗。

[0020] 其中,步骤III所述单果穗粒重不同播期综合选择,在步骤II的最后一个世代按穗行种植作为大穗行,步骤III的第一个世代,将上一个世代入选的果穗按穗行种植,首先入选单果穗粒重均值最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、变异系数最小、出籽率大于85%的几个上一个世代大穗行,再每个大穗行入选3个单果穗粒重均值最高且变异系数最小的小穗行,每个小穗行入选1个果穗。

[0021] 其中,步骤III所述单果穗粒重不同播期综合选择,步骤III第二个世代开始,将上

一个世代入选的果穗按穗行种植,在穗行内选择单果穗粒重最高且超高亲、出籽率大于85%的1个果穗进入下一个世代。

[0022] 其中,所述单果穗粒重用电子称测定,在果穗完全晾干后进行。

[0023] 本发明还提供所述以单果穗粒重为核心指标的玉米自交系选育方法在玉米育种中的应用。

[0024] 本发明的方法选系群体大,选系标准明确、可测量,杂交组配和鉴定的工作量小,选育的自交系具有超亲表现。本发明的具体有益效果是:

[0025] (1) 本方法明确的要求选用亲本材料时杂种优势模式利用明确的杂种优势群中选取双亲,而一般方法没有明确要求杂种优势利用,只注重自交系自身的表现,对改良自交系所利用的种质遗传背景来源不明确,导致最后所选育出的新自交系无法成功的组配杂交种。本方法所利用双亲遗传背景清晰,且杂种优势利用模式利用明确,使得通过两者相互改良所得的新自交系可依据或参考原有的杂种优势利用模式进行组配,只需确保新选育出的自交系在果穗性状等综合性状上优于双亲即可。所以这种方法目标明确,最后通过遗传改良所获得的自交系的价值可以得到很好的利用。

[0026] (2) 本方法 F_2 世代开始按照12000株/亩密度一穴4株播种、一穴3株间苗的高密度方法,可以进行3000株以上的大群体选系。对比其他方法选系规模只有200株左右的小群体,本方法的群体规模可以有效的将大量的重组分离后代种植到田间进行筛选,而小群体包含的重组分离世代类型具有局限性。最终通过小群体单株选育而成的自交系由于亲本的可能性比通过大群体的低10倍以上。作为分离最大的 F_2 世代,只有将最优良的重组后代分离出来,后续选育出来的自交系才能具有更好的利用价值。

[0027] (3) 对比常规的高密度方法,本方法步骤II采用的一穴3株的高密度方式,这种方式田间种植时可以有效增加植株个体间的竞争,淘汰生长势弱的植株个体,淘汰比率可达66%,而一般高密度种植模式通过田间种植淘汰不良植株个体的比率10%左右。同时通过一穴3株的方法所得自交材料的果穗单果穗粒重在不同的个体间的差异非常大,高低差异明显,可达200克,变异系数高达50%,非常有利于选择单果穗粒重最高的植株个体;而一般高密度种植模式的果穗单果穗粒重在不同的个体间的差异较小,高低差异只有50克,变异系数较小,不利于选择且选择的可靠性偏低。

[0028] (4) 本方法步骤II按照一穴3株的模式选择的优良单株个体进行自交,通过个体间的竞争,大部分的一穴中只有1株能够正常生长吐丝,入选率30%左右的,再从这些个体选择表现较为优良的植株进行自交,与一般方法90%的进行自交相比,可以节省60%的工作量,效率显著提升。

[0029] (5) 本方法采用的是等花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉。这种方法可以让个体的果穗性状充分的完整体现,让选择不同大小的果穗具有更高的可靠性;而一般的方法只进行了自交,没有等花丝完全吐齐,这样所得的果穗无法得到充分的表达,与花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉相比,没有等花丝完全吐齐进行自交的果穗单果穗粒重,两者差异可达50克左右,这样就会给导致选择的误差增大了50%。

[0030] (6) 本方法采用的通过电子称测量的方法,所得数据精准、可信,准确度可达100%。一般目测的方法进行果穗选择,因其还受穗轴粗度、籽粒深度、百粒重、籽粒大小等方面的影响,选择的可行度不高,目测100个较大的果穗,而通过测量只有80个单果穗粒重

较高,其余20个单果穗粒重比目测时小的单果穗粒重低。因此,通过电子称测量的方法所得数据可以直接代表该果穗的表现,非常直观,避免了人为目测产生的误差。

[0031] (7) 本方法在每个世代都种植双亲进行对比。一般方法只注重选育自交系,而不看重选育世代和新选育的材料是否超过双亲表现,这样导致最后选育出了材料可能会存在表现比双亲差,单果穗粒重比双亲低,实际利用价值不高。本方法设置双亲对照,可有效保证选育的每一个世代表现都超高亲表现,这样可以保证最后选育出的新自交系可以超高亲,这是为选育的工作成效提供可靠的保证。

[0032] (8) 本方法从 F_2 代开始,2-3个世代以一穴3株,12000株/亩的选系密度进行,且每个穗行是种植200个植株。一般的方法只是在 F_2 世代进行高密度选择,之后的世代是按照正常的大田种植密度5000株/亩进行选系,每个随行只种植1-2行,约50个单株。本方法在通过一穴3株的方法增加密度和种植株数,一方面可以增加选择压力,让优良的穗行更为容易的凸显出来;另一方面通过200个单株的表现来衡量一个穗行的优劣具有非常好可靠性,一般方法只有50个单株很难包含一个穗行的所有变异,并通过50个单株的方法最后的所得穗行并不是最优的。因此只有通过大的基数才能将每个穗行的表现完整的展现出来,最终的评判结果才具有高的可信度。

[0033] (9) 本方法步骤III进行春播和夏播的两种不同播期进行种植,最后以两者的均值进行穗行间的对比。对比一般方法只有一个播期进行选育,选择时只有播期下的性状指标,本方法采用两个不同播期的性状指标来衡量,选择的可信度可以增加一倍,且选育出的优良自交系具有适应性春播和夏播的不同环境的优势。这与变换地是不一样的,变换地是在不同的选育世代在不同的地点进行种植选育,也就是 F_4 世代在北京, F_5 世代在海南,不同世代不同地点;本方法是在 F_4 世代进行春播和夏播的两种不同播期进行种植,也就是产生两种的生态条件的选择压力,在 F_5 世代也是用同样的方法。

[0034] (10) 本方法在自交系稳定后再依据杂种优势利用模式选择测验种进行测配。一般的方法在玉米育种选系过程中都主要以配合力测定为核心,一个选系群体都每个世代都需要组配1000份的杂交组合且需要5个鉴定点以上进行鉴定,5个世代累计下来需要组配5000份组合,合计种植25000份的材料,所费人力、物力支出巨大。然而在巨大的测试规模下,其影响因素多且极为复杂,例如种植地块肥力和管理水平不均一、测试数据出现较大误差等,需要考虑的因素非常多。本方法再每一个世代都是以单穗粒种为核心选择指标,从 F_2 至 F_5 世代都无需进行配合力测定,注重结合一穴3株的种植方式、不同环境种植的手段、双亲对照种植为标准的方法将每一个世代入选的材料做好优良、真实、可信,这样的方法可以节省了大量的组配和测试规模,节省了一半的财务支出。

[0035] (11) 本方法 F_2 世代从1000个植株中入选100果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗进行称重,最后依据粒重的大小入选最高的30个果穗。1000个植株基数时基于3000个单株的群体,100个果穗是基于株高、穗位高、株型结构、植株抗病性、果穗抗病性的5个综合指标进行筛选,每个性状淘汰20%左右的个体,如果每个性状淘汰30%或者更高的比率,则最后可选的果穗数量就会很低,不利于后期果穗选择。如果每个性状淘汰10%或者更低的比率,则最后的果穗数量就会很大,导致后期的工作量就会很大。从100个果穗重最后依据粒重的大小入选最高的30个果穗;对比入选50个果穗后期工作量非常大,在 F_3 世代入选的果穗还是30个穗行之内;对比入选10个果穗,在 F_3 世代入选的果穗无法有效的包含

单果穗粒重最高的果穗。

[0036] (12) 本方法在第一个单果穗粒重不同播期综合选择的世代入选了每个穗行内的10个果穗。对比入选20个果穗后期工作量非常大,而通过入选20个穗行和10个穗行进行对比,最终两者入选的材料具有一致性;对比入选5个果穗,最终两者入选的材料具有3个差异,且最终入选的果穗无法有效的包含单果穗粒重最高的果穗。因此,工作量和选择有效性双重指标下每个穗行内入选10个果穗具有非常好的实用性。

[0037] (13) 本方法单果穗粒重不同播期综合选择的第二个世代起,种植了200个单株。因为前期选择和淘汰具有非常好的依据,在本世代(一般为F₅)入选的穗行就20个左右,田间的工作量较少且材料的优越性有保证。一般的方法在F₅世代都种植1行,20个单株左右,自交后代可选的范围较少。从F₅世代穗行间单果穗粒重的变异系数发现,与亲本自交系的变异系数相比,在该世代变异系数还是较高的,说明在该世代个体间还是存在一定的差异,因此本方法将F₅世代穗行的单株增加到200个,使得后代具有充分的分离表现,可选择到最优良的单株,选择的后代单果穗粒重比20个单株的高出10克以上。

具体实施方式

[0038] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0039] 以下实施例涉及如下植物品种:

[0040] 京724为京科968(国审玉2011007)的母本。

[0041] 京MC01为京农科728(国审玉20170007)的母本。

[0042] 京464为NK718(蒙审玉2011003号)的母本。

[0043] 昌7-2为郑单958(国审玉20000009)的父本。

[0044] 京2416为京农科728(国审玉20170007)的父本。

[0045] 郑58为郑单958(国审玉20000009)的母本。

[0046] 以上品种均为公知品种,可从育种单位或种质库引进。

[0047] 预实验1

[0048] 本发明在分离材料的F₂群体的密度达到12000株/亩结论得出的方式如下:

[0049] I) 从杂种优势模式利用明确的杂种优势群中选择京724作为母本,京MC01作为父本;待母本的花丝完全吐整齐后,取父本花粉一次性充分杂交授粉,成熟期收杂交果穗作为F₁世代种子作为基础材料,开始自交选育;

[0050] II) F₂世代开始按照6000株/亩、9000株/亩、12000株/亩、15000株/亩、18000株/亩的密度一穴3株高密度种植(介于有些穴不能出齐3株,播种时宜进行一穴4株播种),在花期选择田间长势较为旺盛的植株自交,在成熟时结合植株株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选果穗体积较大且综合性状表现优良的部分自交单株果穗,充分晾晒后以入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗,最终的结果见表1。

[0051] 表1不同种植密度对F₂世代自交系入选情况的影响

[0052]

种植密度	最终所得优良自交系数个数	正常植株个体比率(%)	工作增加量
18000株/亩	5	10.00	增加-23.33
15000株/亩	8	20.20	增加-13.13

12000株/亩	20	33.33	对照
9000株/亩	11	80.00	增加53.33
6000株/亩	6	90.00	增加63.33

[0053] 针对表1分析如下:

[0054] 1:与种植密度18000株/亩所选育而成的优良自交系个数相对比,12000株/亩的群体最后所选自交系个数多15个,18000株/亩由于密度提高导致正常制种个体显著较少,严重影响了正常选择。

[0055] 2:与种植密度15000株/亩所选育而成的优良自交系个数相对比,12000株/亩的群体最后所选自交系个数多12个,15000株/亩由于密度提高导致正常制种个体显著较少,严重影响了正常选择。虽然投入有所较少,但是选育效果显著减低。

[0056] 3:与种植密度9000株/亩所选育而成的优良自交系个数相对比,12000株/亩的群体最后所选自交系个数多9个,9000株/亩由于密度较少导致正常制种个体显著增多,选择压力太低,F₂分离世代选择的可靠性差。授粉工作量增加,且选育效果显著减低。

[0057] 4:与种植密度6000株/亩所选育而成的优良自交系个数相对比,12000株/亩的群体最后所选自交系个数多14个,6000株/亩由于密度较少导致正常制种个体显著增多,选择压力太低,F₂分离世代选择的可靠性差。授粉工作量增加,且选育效果显著减低。

[0058] 因此,高密度选育时宜将种植密度设定为一穴3株12000株/亩。

[0059] 预实验2

[0060] 本发明在分离材料的F₂群体的最佳的分离数目设为3000株结论得出的方式如下:

[0061] I)从杂种优势模式利用明确的杂种优势群中选择京724作为母本,京MC01作为父本;待母本的花丝完全吐整齐后,取父本花粉一次性充分杂交授粉,成熟期收杂交果穗作为F₁世代种子作为基础材料,开始自交选育;

[0062] II)依据预实验2的结果,F₂世代开始按照12000株/亩的密度一穴3株高密度种植,将分离群体数目分别设为2000株、2500株、3000株、3500株、和4000株。在花期选择田间长势较为旺盛的植株自交,在成熟时结合植株株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选果穗体积较大且综合性状表现优良的部分自交单株果穗,充分晾晒后以入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗,最终的结果见表2。

[0063] 表2不同分离群体数目对F₂世代自交系入选情况的影响

[0064]

分离群体数目	最终所得优良自交系个数	工作增加量	投入经费(元)
4000株	21	增加1/3	16000
3500株	20	增加1/6	14000
3000株	20	对照	12000
2500株	8	增加-1/6	10000
2000株	4	增加-1/3	8000

[0065] 针对表2分析如下:

[0066] 1:与分离群体4000株和3500株所选育而成的优良自交系个数相对比,3000株的群体最后所选自交系个数比4000株少一个,但是4000株的工作量增加了1/3,投入增加了4000元,而最后选出自交系数量并没有显著提升。

[0067] 2:与分离群体3500株所选育而成的优良自交系工作量和相对比,3000株的群体最后所选自交系个数与3500株的相同,但是3500株的工作量增加了1/6,投入增加了2000元。

[0068] 3:与分离群体2500株所选育而成的优良自交系工作量和相对比,3000株的群体最后所选自交系个数与2500株的多12个,但是2500株的工作量只增加了-1/6,投入增加了-2000元。虽然投入有所较少,但是选育效果显著减低。

[0069] 4:与分离群体2000株所选育而成的优良自交系工作量和相对比,3000株的群体最后所选自交系个数与2000株的多16个,但是2500株的工作量增加了-1/3,投入增加了-4000元。虽然投入有所较少,但是选育效果显著减低。

[0070] 因此,宜将F₂的分离群体数目设定为3000株。

[0071] 预实验3

[0072] 本发明在100个果穗中按照30%比例入选30个果穗的结论得出的方式如下:

[0073] 根据预实验1、2的结果,按照与实施例2相同的方法,按照12000株/亩的密度一穴3株高密度种植,将分离群体数目设为3000株。花期选择田间长势较为旺盛的大约1000株单株自交,成熟期结合株型、抗病性、抗倒性等综合表现入选约100个果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗,收获充分晾晒后,按照10%、20%、30%、40%、50%的入选比率入选单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%的果穗,结果见表3。

[0074] 表3不同入选比率对F₂世代100个果穗自交系入选情况的影响

[0075]

入选比率	最终所得优良自交系个数
50%	20
40%	20
30%	20
20%	11
10%	8

[0076] 针对表3分析如下:

[0077] 1:与入选40%、50%比例所选育而成的优良自交系个数相对比,30%入选比例最后所选自交系个数与40%、50%的相同。

[0078] 2:与入选40%、50%比例所选育而成的优良自交系穗行来源相对比,30%入选比例最后所选自交系包含了40%、50%入选比例最终选育而成的自交系的全部穗行来源。也就是最后选育而成的自交系都来源30%的比例之内的。

[0079] 3:与入选20%、10%比例所选育而成的优良自交系个数相对比,30%入选比例最后所选自交系个数大于与20%、10%,且两者相差较大,说明按照20%、10%的入选比例不能包含所有的优良材料,这个比例偏低。

[0080] 4:与入选20%、10%比例所选育而成的优良自交系穗行来源相对比,30%入选比例最后所选自交系包含了20%、10%入选比例最终选育而成的自交系的全部遗传来源,但也有一些20%、10%入选比例所没有的穗行来源。

[0081] 因此,F₂代100个果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗,收获充分晾晒后,按单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%筛选时宜将入选比率设定为30%。

[0082] 预实验4

[0083] 本发明在单果穗粒重不同播期综合选择的结论得出的方式如下：

[0084] I) 从杂种优势模式利用明确的杂种优势群中选择京724作为母本，京MC01作为父本；待母本的花丝完全吐整齐后，取父本花粉一次性充分杂交授粉，成熟期收杂交果穗作为F₁世代种子作为基础材料，开始自交选育；

[0085] II) F₂世代开始高密度选育2或3个世代，每世代按照一穴4株播种，间苗时按一穴3株保苗，间苗后密度为12000株/亩；自交后结合田间综合表现入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗；

[0086] III) 接着3或4个世代按春播、夏播、春播和夏播三种播期方式对平均单果穗粒重进行选择，入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ （一般自交系选育时，考虑到选育过程选择误差较大，不确定因素较多，为了最后能选育出较为优良的自交系，大多数育种者会降低选择标准，会按照超高亲 $\geq 5\%$ 进行筛选，对选育世代中的材料尽量多的入选，但本发明多播期的方法标准可行度高，使得到的优秀材料质量好，按照超高亲 $\geq 10\%$ 的入选标准进行选择能够选到足够多的更优质株系，因此定入选标准为超高亲 $\geq 10\%$ ）的几个果穗，作为待测配穗行；结果见表4。

[0087] 表4不同播期对入选自交系超高亲 $\geq 10\%$ 情况的影响

[0088]

播期情况	超高亲 $\geq 10\%$ 自交系数个数	杂交种超高亲 $\geq 10\%$ 个数
春播	11	11
夏播	10	10
春和夏播	20	20

[0089] 针对表4分析如下：

[0090] 1：与春播，春播和夏播两个播期入选的自交系超高亲 $\geq 10\%$ 自交系数个数可达20个，远远高于单独春播，且组配所得杂交种的超高亲的个数也远远高于单独春播。

[0091] 2：与夏播，春播和夏播两个播期入选的自交系超高亲 $\geq 10\%$ 自交系数个数可达20个，远远高于单独夏播，且组配所得杂交种的超高亲的个数也远远高于单独夏播。

[0092] 因此，III) 接着3或4个世代按不同播期方式对平均单果穗粒重进行选择，入选出籽率高、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗，作为待测配穗行3的播期方式设为春播和夏播。

[0093] 实施例1

[0094] I) 从杂种优势模式利用明确的杂种优势群中选择两个优良自交系作为母本A和父本B；待母本A的花丝完全吐整齐后，取父本B花粉一次性充分杂交授粉，成熟期收杂交果穗作为F₁世代种子作为基础材料，开始自交选育；具体如下：

[0095] (1) 本实施例利用X群和黄改群组配的杂种优势模式，从X群选出两个自交系，具体是以京724为母本，以京MC01为父本，组配基础材料，利用的基础材料遗传背景清晰，具有明确的杂种优势群归类且杂种优势利用模式已在生产上十分明确，为选育出的优良自交系快速、高效的组配优良杂交种提供保障。

[0096] (2) 2013年，将两个亲本自交系种植田间，先种植生育期偏晚的自交系京724，依据两个自交系的生育期差异天数5天，晚5-7天错期种植生育期早的另一个自交系京MC01，以确保两者的花期相遇。在两个自交系雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露，等自交系

京724花丝完全吐整齐后,取京MC01的花粉给京724一次性充分杂交授粉,成熟期收杂交果穗。

[0097] (3) 杂交果穗即为 F_1 世代,将 F_1 世代种子种植5米行长2行,3000株/亩,约50个植株,在雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露,等花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉,成熟期收获自交的果穗作为分离群体的 F_2 世代种子。

[0098] II) F_2 世代开始按照12000株/亩密度一穴4株高密度播种2或3个世代,间苗时按一穴3株保苗;在花期选择田间长势较为旺盛的植株自交,在成熟时结合植株株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选果穗体积较大且综合性状表现优良的部分自交单株果穗,充分晾晒后以入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的若干果穗;具体如下:

[0099] (4) 在 F_2 世代分离群体需要种植4000株左右,按照12000株/亩密度一穴4株的设计种植,间苗时按一穴3株,保苗3000株左右,确保田间种植的材料包含丰富的分离类型;同时两个亲本京724和京MC01也按照同样的设计种植4行,田间开放授粉,做为对照。在雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露,在花期选择田间长势较为旺盛的植株个体,等花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉,按30%以上的比率选择优良单株进行自交,约自交1000个单株。在成熟时剥开果穗苞叶,剔除异常植株和果穗个体,目测自交单株的果穗大小、穗行数和行粒数表现并进行登记,结合观察植株个体的株型、抗病性、抗倒性等综合表现,入选100果穗体积较大且综合性状表现优良的单株果穗。收获充分晾晒后,通过电子称测量的方法比较两个亲本及其100个不同果穗间的单果穗粒重和出籽率指标,入选单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%的30个果穗(按照单果穗粒重的高低,依次编号为世代号&A穗行号,即 F_2A01 — F_2A30)。

[0100] (5) 在 F_3 世代,将入选单果穗粒重最高的30个果穗按照穗行种植,每个穗行种植5米行长3行,按照12000株/亩密度一穴4株的设计种植,间苗时按一穴3株保苗200株左右,同时两个亲本京724和京MC01也按照同样的设计种植4行,田间开放授粉,做为对照。每个穗行在雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露,在花期等花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉,尽可能多的自交。在成熟时剥开所有果穗苞叶,剔除异常植株和异常果穗,目测穗行内具有典型材料特征的所有单株的果穗大小、穗行数和行粒数表现并进行登记,结合整个穗行植株的株型、抗病性、抗倒性等综合表现,田间直接淘汰果穗较小、或者果穗变异较大、或者综合性状表现差的不良穗行。按照穗行单穗收获套袋自交的果穗,通过电子称测量的方法比较两个亲本和30个不同果穗间的单果穗粒重,统计出籽率及不同穗行间单果穗粒重的均值和方差,入选单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、方差小、出籽率大于85%的10个穗行(编号模式为世代号&A穗行号,即编号为 F_3A-- ,与 F_2 世代的穗行编号对应,世代增加而穗行号一致),每个穗行入选10个果穗(编号模式为世代号&A穗行号&B穗行内号,即编号为 $F_3A--B--$),合计入选100个果穗。

[0101] III) 接着进行3或4个世代单果穗粒重不同播期综合选择,即每个世代将每个穗行的种子平均分为两份,分别进行春播和夏播,自交后充分晾晒,以两个播期的均值统计单果穗粒重,入选出籽率大于85%、单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 的几个果穗,作为待测配穗行;具体如下:

[0102] (6) 在 F_4 世代,将 F_3 世代入选单果穗粒重最高的100个果穗(10个穗行,每个穗行内入选10个果穗)分别按照穗行种植,每个穗行的种子平均分为两份,按照春播和夏播两种不

同播期环境进行种植,每个穗行5米行长2行,按照6000株/亩的密度种植,保苗100株左右,同时两个亲本京724和京MC01也按照同样的设计种植4行,田间开放授粉,做为对照。每个穗行在雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露,在花期在花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉。在成熟期按照单穗收获套袋自交的果穗,以两个不同播期环境下单果穗粒重的均值进行统计。首先通过F₃的10个大穗行的单果穗粒重均值和变异系数的整体比较,入选F₃穗行中10个果穗后代都表现出单果穗粒重均值最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、变异系数最小、出籽率大于85%的5个F₃A—B穗行,每个大穗行内入选3个单果穗粒重均值最高且变异系数最小的小穗行,每个小穗行入选1个果穗(编号模式为世代号&A穗行号&B穗行内号&C穗行内号,即编号为F₄A-B-C-)。其次按照100个小穗行的单果穗粒重均值比较,入选单穗重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、变异系数最小、出籽率大于85%的10个穗行,每个穗行1个果穗,编号模式同上。最后两者合计入选在20个果穗之内。

[0103] (7) 在F₅世代,将入选的20个果穗,按照穗行种植,每个穗行的种子平均分为两份,按照春播和夏播两种不同播期环境进行种植,每个穗行种植5米行长4行,按照6000株/亩的密度种植,保苗200株左右,同时两个亲本京724和京MC01也按照同样的设计种植4行,田间开放授粉,做为对照。每个穗行在雌穗吐丝前用透明袋套雌穗以防花丝外露,在花期选在花丝完全吐整齐后一次性充分自交授粉。在成熟期按照单穗收获套袋自交的果穗,以两个不同播期环境下单果穗粒重的均值进行统计。依据单果穗粒重和出籽率指标,在穗行内选择单果穗粒重最高且超高亲、出籽率大于85%的1个果穗进入下一个世代,20个穗行都不进行淘汰。

[0104] (8) F₆世代过程同F₅世代,在纯化的同时将每一穗行内单果穗粒重最高的穗行保留繁种,最终得到单果穗粒重最高且超高亲 $\geq 10\%$ 、出籽率大于85%的20个自交系。

[0105] IV) 将待测配穗行按照构建群体时的杂种优势利用模式测配,测配的杂交组合经多年多点鉴定比双亲组配的杂交种增产10%以上、且综合性状表现优良,则相应待测配穗行入选,选出育成的自交系。具体如下:

[0106] (9) 在F₇世代对单果穗粒重最高的20个自交系,按照构建群体时设计的X群和黄改群组配杂种优势模式,与5个测验种进行测配和杂交组合的2年10点鉴定,比较选育出的单果穗粒重最高的20个自交系与原始双亲在产量性状一般配合力的差异,结果表明最后所得的20个自交系在单果穗粒重及其一般配合力都有显著的提升,单果穗粒重超高亲 $\geq 10\%$,所组配的杂交种比双亲组配的杂交种增产10%以上,且综合性状表现优良。

[0107] 实施例2

[0108] 利用X群和黄改群组配的杂种优势模式,步骤I从X群选用两个自交系,具体是2013年开始以京464为母本,以京MC01为父本杂交。其他步骤以与实施例1相同的方法进行,最终选出了20个自交系,所得的这20个自交系在单果穗粒重及其一般配合力对比双亲都有显著的提升,所组配的杂交种比双亲组配的杂交种增产10%以上,且综合性状表现优良。

[0109] 实施例3

[0110] 利用X群和黄改群组配、改良瑞德群和黄改群组配、兰卡群和黄改群组配、P群和黄改群组配的杂种优势模式,步骤I从黄改群选用两个自交系,具体是2013年开始以昌7-2为母本,以京2416为父本杂交。到步骤IV将待测配穗行按照构建群体时设计的杂种优势模式测配,分别从X群、改良瑞德群、兰卡群、P群选1-2个自交系作为测验种与待测配穗行测配。

其他步骤以与实施例1相同的方法进行,最终选出了20个自交系,所得的这20个自交系在单果穗粒重及其一般配合力都有显著的提升,单果穗粒重超高亲 $\geq 10\%$,所组配的杂交种比双亲组配的杂交种增产10%以上,且综合性状表现优良。

[0111] 实施例4

[0112] 利用X群和黄改群组配、改良瑞德群和黄改群组配的杂种优势模式,步骤I从改良瑞德群和X群选用两个自交系,具体是2013年开始以郑58为母本,以X群京724为父本杂交。到步骤IV将待测配穗行按照构建群体时设计的杂种优势利用模式测配,从黄改群选3-4个自交系作为测验种与待测配穗行测配。其他步骤以与实施例1相同的方法进行,最终选出了20个自交系,所得的这20个自交系在单果穗粒重及其一般配合力都有显著的提升,单果穗粒重超高亲 $\geq 10\%$,所组配的杂交种比双亲组配的杂交种增产10%以上,且综合性状表现优良。

[0113] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施方案对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。