

水稻中胚轴伸长相关候选基因的关联分析

刘金栋^{1,2}, 王雅美^{2,3}, 刘宏岩⁴, 孟云^{2,4}, 叶国友^{2,5}

(¹中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; ²中国农业科学院深圳农业基因组研究所, 深圳 518120; ³中山大学深圳校区农学院, 深圳 518107; ⁴海南大学三亚南繁研究院, 三亚 572025; ⁵国际水稻研究所, 菲律宾马尼拉 090012)

摘要: 旱直播技术可有效提升水稻生产效率。中胚轴长度(ML, mesocotyl length)是影响旱直播水稻出苗和幼苗活力的重要性状。选育长中胚轴品种是促进旱直播技术推广最为经济、有效的方式。旱直播在南亚和东南亚地区的籼稻种植区已有一定推广面积, 在粳稻种植区推广面积较少。前人发现一批中胚轴伸长相关候选基因, 但其可靠性及适用性尚待验证。基于已报道的 97 个中胚轴伸长相关候选基因, 在不同来源的 TROP 和 TEMP 两个粳稻自然群体开展候选基因关联分析, 鉴定到 4 个显著候选基因, 解释 4.7%~6.3% 和 5.4%~6.7% 的遗传变异。其中, *LOC_Os01g44130*、*LOC_Os03g50560* 和 *LOC_Os05g27790* 在 TROP 和 TEMP 群体中均显著关联, 而 *LOC_Os11g10990* 和 *LOC_Os10g20860* 分别在 TROP 和 TEMP 群体中显著关联。候选基因所编码蛋白主要参与植物激素合成与代谢、信号转导和植物生长进程。进一步在 TROP 群体(*LOC_Os05g27790-Hap3* 和 *LOC_Os05g27790-Hap6*、*LOC_Os03g50560-Hap1*、*LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os11g10990-Hap1* 和 *LOC_Os11g10990-Hap3*) 和 TEMP 群体(*LOC_Os05g27790-Hap6*、*LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os10g20860-Hap5*) 中分别鉴定到 6 个和 3 个可用于分子标记辅助育种的优异单倍型。本研究鉴定到的显著关联候选基因及其优异单倍型可应用于水稻长中胚轴分子育种实践中。

关键词: 水稻; 中胚轴; 候选基因; 优异单倍型; 关联分析

Genome Wide Association Study of Candidate Genes Underlying Rice Mesocotyl Elongation

LIU Jindong^{1,2}, WANG Yamei^{2,3}, Liu Hongyan⁴, MENG Yun^{2,4}, YE Guoyou^{2,5}

(¹Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081; ²Agricultural Genomics Institute at Shenzhen, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shenzhen 518120; ³School of Agriculture, Shenzhen Campus of Sun Yat-sen University, Shenzhen 518107; ⁴Sanya Nanfan Research Institute of Hainan University, Sanya 572025; ⁵International Rice Research Institute, Metro Manila 090012, Philippines)

Abstract: Dry direct seeding method can effectively reduce human/resource consumption. Mesocotyl length (ML) affects the emergence and seedling vigor of dry direct seeding rice. Cultivating long ML varieties is the most economical and effective way to promote the popularization of the dry direct seeding method. Dry direct seeding has been popularized in *Indica* rice areas in South Asia and Southeast Asia, but less in *Japonica* rice areas. A number of candidate genes related to mesocotyl elongation have been found, but their reliability and applicability remain yet to be verified. Based on 97 identified candidate genes that modulate the mesocotyl elongation, we carried out candidate genes association analysis in two natural populations of *Japonica* rice, TROP and TEMP. Four significant candidate genes were identified, and each explained 4.7%-6.3% and 5.4%-6.7% phenotypic genetic variation in TROP and TEMP, respectively. Of these, three genes

收稿日期: 2023-03-26 修回日期: 2023-05-05 网络出版日期: 2023-05-25

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230326001>

第一作者研究方向为作物遗传育种, E-mail: liujindong@caas.cn; 王雅美为共同第一作者

通信作者: 叶国友, 研究方向为水稻数量遗传学, Email: G.Ye@irri.org

基金项目: 中国科学技术协会青年人才托举工程计划(2020QNRC001); 广东省自然科学基金面上项目(2023A1515012040)

Foundation projects: Young Elite Scientists Sponsorship Program by the China Association for Science and Technology (2020QNRC001); General Project of Natural Science Foundation of Guangdong Province(2023A1515012040)

LOC_Os01g44130, *LOC_Os03g50560* and *LOC_Os05g27790* were identified in both populations, while *LOC_Os11g10990* and *LOC_Os10g20860* were detected in the TROP and TEMP populations, respectively. The deduced proteins are annotated mainly involving in plant hormone synthesis and metabolism, signal transduction and plant growth process. Six and three superior haplotypes with potential used for molecular marker assisted breeding were further identified in TROP (*LOC_Os05g27790-Hap3* and *LOC_Os05g27790-Hap6*, *LOC_Os03g50560-Hap1*, *LOC_Os01g44130-Hap1* and *LOC_Os11g10990-Hap1* and *LOC_Os11g10990-Hap3*) and TEMP (*LOC_Os05g27790-Hap6*, *LOC_Os01g44130-Hap1* and *LOC_Os10g20860-Hap5*) populations. Collectively, these genes and their corresponding superior haplotypes identified in this study can be applied to the molecular breeding of rice varieties with long mesocotyl.

Key words: rice; mesocotyl; candidate gene; superior haplotype; association analysis

水稻(*Oryza sativa*. L)是最为重要的粮食作物之一。全球有超过50%的人口以稻米为主食。水稻的高产和稳产对于保障我国粮食安全至关重要。水稻生产主要包括传统的育苗移栽和早直播两种方式。相较于传统移栽,早直播生产方式无需育苗及移栽,有效降低人力消耗,减少水资源浪费。当前,水稻早直播方式已在南亚和东南亚地区大面积推广^[1]。然而,水稻早直播存在诸多弊端,最为显著的是出苗率低、成苗差、易倒伏。因此,如何促进早直播水稻快速、高质量的出苗是早直播推广亟需破解的难题。中胚轴是水稻幼苗胚芽鞘基部和根之间连接的器官。中胚轴的伸长对于籽粒发芽并突破土壤形成幼苗的过程十分重要^[2-3]。早直播条件下长中胚轴品种破土能力更强,出苗率较高且长势强^[4],采用长中胚轴品种可有效促进早直播技术的推广^[5-6]。多数材料中胚轴长度(ML, mesocotyl length)小于2.0 cm,长中胚轴种质不足10%^[6-8]。因此,挖掘中胚轴伸长相关基因,评价其可用性,可加速长中胚轴分子标记辅助选择(MAS, molecular marker assisted selection)育种,有效促进早直播推广^[9]。

中胚轴的伸长受外界环境因素和内部遗传机制共同影响。外界环境中光照、温度和土壤对中胚轴伸长影响最为显著^[10-11]。中胚轴长度是典型的微效数量遗传性状,由多基因共同控制^[6-8]。前人在12条染色体上鉴定到近70余个中胚轴长度相关位点,分别解释5.7%~27.8%的表型变异^[4, 6, 12-21]。Wu等^[14]利用关联分析在第1、3、4、5、6和9号染色体上定位到12个中胚轴长度相关QTL,其中,第3号染色体上来自Kasalath的等位位点贡献率高达37.6%。Zhao等^[15]利用GWAS在第3和7号染色体上鉴定到两个控制中胚轴长度的基因并命名为*OsML1*和*OsML2*,其表达量显著低于短中胚轴品种。Liu等^[16]利用207份籼稻种质,发掘到16个中

胚轴长度相关位点,分别解释6.3%~15.9%的表型变异。Wang等^[6]基于12个F₂群体的QTL-seq分析,鉴定到17个中胚轴长度相关位点,分别解释5.3%~14.6%的表型变异。刘畅等^[18]基于QTL-seq和连锁分析进一步将第3号染色体29.56~33.28 Mb处的中胚轴长度遗传区域缩小到28.89~31.03 Mb。迄今,仅有4个中胚轴长度相关基因被克隆和验证,包括*OsGYI*^[22]、*OsGSK2*^[23]、*OsSMAX1*^[24]和*OsPAO5*^[17]。另外,目前水稻中已报道97个中胚轴长度相关候选基因,然而这些基因的可靠性和育种可用性欠缺评估。

基于连锁不平衡(LD)的全基因组关联分析(GWAS, genome wide association study)已成为作物复杂性状遗传机制解析的重要方式^[25-27]。然而, GWAS所基于的遗传变异为全基因组变异,基于候选基因的关联分析(CAS, candidate gene association study)以基因组功能区内的变异为目标,可更显著地提高基因检测的效应^[28-29],目前,已有多项研究通过CAS来评价候选基因的可靠性及其效应大小^[30]。另外,真正影响个体表型的往往不是单个SNP或InDel变异,而是由多个遗传变异组成的单倍型。因此,针对重要候选基因开展单倍型分析,鉴定优异单倍型,对于MAS育种十分重要。目前,单倍型分析在农作物产量、营养、病害抗性和抗逆相关研究中取得越来越多进展^[30-31]。

早直播技术在南亚和东南亚地区的籼稻种植区有一定的推广面积。近年来,3K重测序项目为水稻的遗传解析提供了充分的基因型和表型信息^[32-34]。基于已发现的中胚轴长度关联位点,筛选到97个已报道候选基因,采用来自于3K重测序项目的TROP(热带粳稻)和TEMP(亚热带粳稻)两个亚群,利用CAS评估这97个候选基因在粳稻育种群体中的效应,并鉴定优异单倍型,为水稻长中胚轴

育种提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料 本研究采用来自于3K重测序项目的两个粳稻亚群(TROP和TEMP)进行中胚轴长度值的CAS分析(TROP所包含材料及表型数据详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230326001>,附表1,TEMP所包含材料及表型数据详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230326001>,附表2)^[34]和优异单倍型鉴定。其中,TROP亚群包含334份自然材料,主要包括来源于东南亚和南亚热带地区(如印度尼西亚、菲律宾、马来西亚等)的粳稻;TEMP群体包含210份自然材料,包括来自于东亚地区(如中国、日本和韩国)的粳稻。

1.2 试验方法

1.2.1 幼苗培养与中胚轴长度测定 将籽粒播种于装有营养土的穴盘内(10个×5个),15粒/穴,每份材料种植一穴。随后,称取500 g营养土至托盘内,

将播种后的穴盘置于托盘内并取适量去离子水喷洒穴盘与托盘。将处理后的穴盘和托盘置于30℃恒温黑暗培养箱内培养,每日定时浇水。约10 d后将穴盘从培养箱中取出,选取长势均一株系,采用流动水冲洗根部土壤,随后对各株系进行拍照并利用Image J软件(<https://imagej.en.softonic.com/>)测量中胚轴长度,去除长势较差单株后,每份材料测量约8~15株。

1.2.2 基因型获取 TROP和TEMP群体的基因型数据均来自于水稻3K重测序项目^[34],平均测序深度约12×。基于ANNOVAR对核苷酸变异(SNP和InDel)的注释信息^[35],提取97个候选基因内部的CDS和启动子(−1500 bp)区域的SNP和InDel变异信息(表1),用于CAS和单倍型分析。单倍型分型基于RFGB数据库(Rice Functional Genomics and Breeding Database,<https://www.rmbreeding.cn/>)^[36],主要基于非同义SNP和InDel,在分析过程中过滤掉基因型数据完全一致的遗传变异。

表1 已报道水稻中胚轴伸长相关候选基因

Table 1 Reported candidate genes for rice mesocotyl elongation

候选基因	染色体	开始(bp)	终止(bp)	注释	参考文献
Candidate gene	Chromosome	Start	End	Annotation	Reference
<i>LOC_Os01g08220</i>	1	4004946	4003659	赤霉素3-β-双加氧酶2-2	[4]
<i>LOC_Os01g13200</i>	1	7357620	7352175	脱落酸不敏感因子8	[19]
<i>LOC_Os01g16400</i>	1	9318060	9314159	NB-ARC结构域蛋白	[42]
<i>LOC_Os01g32940</i>	1	18080300	18079428	假定蛋白	[4]
<i>LOC_Os01g36020</i>	1	19931949	19929043	逆转录组蛋白	[4]
<i>LOC_Os01g44130</i>	1	25298072	25291338	天冬氨酸蛋白酶米蛋白酶-1前体	[4]
<i>LOC_Os01g50970</i>	1	29288718	29285372	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os01g50980</i>	1	29295442	29290326	Cullin家族	[4]
<i>LOC_Os01g50990</i>	1	29299464	29298041	FBD结构域蛋白	[4]
<i>LOC_Os01g53090</i>	1	30521565	30512276	病原体相关蛋白	[6]
<i>LOC_Os01g66100</i>	1	38385504	38382382	赤霉素20氧化酶2	[6]
<i>LOC_Os01g67430</i>	1	39178676	39177169	脂肪酶	[22]
<i>LOC_Os01g71410</i>	1	41376297	41375172	糖基水解酶家族17	[4]
<i>LOC_Os02g07480</i>	2	3863872	3855934	含转糖基化酶SLT结构域的蛋白质	[15]
<i>LOC_Os02g49230</i>	2	30099674	30094292	CCT/B-box 锌指结构蛋白	[16]
<i>LOC_Os03g06070</i>	3	3045376	3039736	1a结构域蛋白	[4]
<i>LOC_Os03g06139</i>	3	3085989	3075919	ABC-2类含转运蛋白结构域的蛋白质	[4]
<i>LOC_Os03g39790</i>	3	22138216	22135801	转录组蛋白	[4]
<i>LOC_Os03g40040</i>	3	22244649	22243187	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os03g40084</i>	3	22270021	22268809	表达蛋白	[4]

表 1 (续)

候选基因	染色体	开始(bp)	终止 (bp)	注释	参考文献
Candidate gene	Chromosome	Start	End	Annotation	Reference
<i>LOC_Os03g40110</i>	3	22292562	22285683	nop14-1类家族蛋白	[4]
<i>LOC_Os03g40194</i>	3	22351524	22347660	类抗病蛋白 RPP13	[4]
<i>LOC_Os03g40390</i>	3	22445121	22443273	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os03g50540</i>	3	28860136	28855620	2Fe-2S 含铁硫簇结合结构域的蛋白质	[18]
<i>LOC_Os03g50550</i>	3	28862894	28861857	STE_MEK_ste7_MAP2K.7-STE 激酶	[18]
<i>LOC_Os03g50560</i>	3	28873264	28869065	RNA 识别序列蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50570</i>	3	28880854	28875574	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50580</i>	3	28882859	28882515	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50590</i>	3	28891283	28890274	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50600</i>	3	28896432	28896052	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50610</i>	3	28900356	28900024	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50620</i>	3	28906929	28901044	ATP 结合蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50630</i>	3	28913708	28913418	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50644</i>	3	28917706	28916701	表达蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50660</i>	3	28929255	28927914	CACTA, En/Spm 亚类转录蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g50670</i>	3	28940039	28931768	Ty3-gypsy 亚类逆转录组蛋白	[18]
<i>LOC_Os03g51340</i>	3	29378021	29376077	表达蛋白	[15]
<i>LOC_Os03g53320</i>	3	30603235	30602885	假定蛋白	[15]
<i>LOC_Os03g53340</i>	3	30607164	30603964	HSF-型 DNA-含有结合结构域的蛋白质	[15]
<i>LOC_Os03g56050</i>	3	31925513	31921933	AP2 类乙烯反应性转录因子	[6]
<i>LOC_Os03g56060</i>	3	31934624	31930541	CSLC9-纤维素合成酶样家族 C	[6]
<i>LOC_Os03g56060</i>	3	31934624	31930541	CSLC9-纤维素合成酶样家族 C	[6]
<i>LOC_Os03g57640</i>	3	32852782	32851425	赤霉素受体 GID1L2	[6]
<i>LOC_Os03g58290</i>	3	33210400	33207531	吡啶-3-甘油磷酸裂解酶, 叶绿体前体	[6]
<i>LOC_Os03g58300</i>	3	33217418	33214533	吡啶-3-甘油磷酸裂解酶, 叶绿体前体	[6]
<i>LOC_Os03g58320</i>	3	33228543	33226460	吡啶-3-甘油磷酸裂解酶, 叶绿体前体	[6]
<i>LOC_Os04g16350</i>	4	8888963	8885859	逆转录转座子蛋白	[4]
<i>LOC_Os04g17840</i>	4	9786839	9781331	逆转录转座子蛋白	[4]
<i>LOC_Os04g19900</i>	4	11100948	11096093	Ty3-gypsy 亚类逆转录转座子蛋白	[4]
<i>LOC_Os04g33360</i>	4	20201885	20200072	赤霉素 2- β -双加氧酶 7	[8, 20]
<i>LOC_Os04g51190</i>	4	30321649	30317693	生长调节因子	[4]
<i>LOC_Os04g51390</i>	4	30438328	30433199	醛糖 1 差向异构酶	[4]
<i>LOC_Os04g51600</i>	4	30571716	30570016	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os04g58590</i>	4	34837343	34832040	含 RNA 识别基序蛋白质	[15]
<i>LOC_Os05g10670</i>	5	5848291	5846045	锌指结构家族蛋白 CCCH	[8, 16]
<i>LOC_Os05g10770</i>	5	5946866	5940137	jumonji 转录因子	[8, 16]
<i>LOC_Os05g11730</i>	5	6661493	6657481	CGMC_GSK.7-CGMC 包括 CDA, MAPK, GSK3 和 CLKC 激酶	[23]
<i>LOC_Os05g27650</i>	5	16103367	16093366	CACTA, En/Spm 亚类转座子蛋白	[4]
<i>LOC_Os05g27720</i>	5	16145937	16141193	CACTA, En/Spm 亚类转座子蛋白	[4]

表 1 (续)

候选基因	染色体	开始(bp)	终止 (bp)	注释	参考文献
Candidate gene	Chromosome	Start	End	Annotation	Reference
<i>LOC_Os05g27740</i>	5	16159660	16156427	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os05g27790</i>	5	16186813	16184117	膜相关DUF588结构域含蛋白	[4]
<i>LOC_Os05g28090</i>	5	16423221	16421457	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os05g39530</i>	5	23201465	23196134	核糖核酸酶P家族蛋白	[4]
<i>LOC_Os06g09660</i>	6	4932177	4926492	生长素响应因子	[6]
<i>LOC_Os06g43690</i>	6	26312412	26303837	WD重复序列蛋白	[4]
<i>LOC_Os06g44070</i>	6	26583748	26581702	逆转录转座子蛋白	[4]
<i>LOC_Os06g44080</i>	6	26588132	26585560	泛素家族蛋白	[4]
<i>LOC_Os07g13634</i>	7	7832311	7815442	细胞分裂素-N-葡萄糖基转移酶 1	[6]
<i>LOC_Os07g22360</i>	7	12552496	12551930	表达蛋白	[8, 15]
<i>LOC_Os07g23990</i>	7	13604623	13589491	含四肽重复结构域的蛋白质	[8, 15]
<i>LOC_Os07g24010</i>	7	13611539	13611075	假定蛋白	[8, 15]
<i>LOC_Os07g24170</i>	7	13729382	13728678	表达蛋白	[8, 15]
<i>LOC_Os07g24190</i>	7	13747256	13741284	CESA3-纤维素合成酶	[8, 15]
<i>LOC_Os07g25460</i>	7	14580334	14574496	含锚蛋白重复结构域的蛋白质	[8, 15]
<i>LOC_Os07g27610</i>	7	16129954	16129694	表达蛋白	[8, 15]
<i>LOC_Os07g27630</i>	7	16135465	16134832	表达蛋白	[15]
<i>LOC_Os07g27680</i>	7	16151880	16150946	表达蛋白	[15]
<i>LOC_Os07g28060</i>	7	16368840	16368462	乙烯受体	[6]
<i>LOC_Os07g39660</i>	7	23772784	23772512	假定蛋白	[15]
<i>LOC_Os08g04240</i>	8	2064909	2063156	富含半胱氨酸的重复分泌蛋白 55 前体	[6]
<i>LOC_Os08g04340</i>	8	2130615	2129613	含有质体花青素样结构域的蛋白质	[6]
<i>LOC_Os08g04350</i>	8	2134479	2133547	含有质体花青素样结构域的蛋白质	[6]
<i>LOC_Os08g15296</i>	8	9272579	9271631	光系统II反应中心蛋白H	[4]
<i>LOC_Os08g17350</i>	8	10613674	10613092	表达蛋白	[5]
<i>LOC_Os08g41180</i>	8	26016312	26015092	BTB蛋白结构域	[4]
<i>LOC_Os09g03140</i>	9	1505356	1503778	细胞分裂素-O-葡萄糖基转移酶2	[6]
<i>LOC_Os09g11380</i>	9	6336208	6327584	表达蛋白	[4]
<i>LOC_Os09g11800</i>	9	6598134	6596786	表达蛋白	[15]
<i>LOC_Os09g12000</i>	9	6760348	6759298	假定蛋白	[4]
<i>LOC_Os09g20350</i>	9	12218346	12216432	乙烯响应转录因子	[6]
<i>LOC_Os10g03730</i>	10	1684278	1681080	OsFBX347 - F-box 蛋白结构域	[15]
<i>LOC_Os10g03780</i>	10	1715027	1707818	OsFBX351 - F-box 蛋白结构域	[15]
<i>LOC_Os10g20860</i>	10	10573989	10570876	蛋白酶抑制剂/种子贮藏/LTP家族	[4]
<i>LOC_Os11g10920</i>	11	6034441	6030542	羧基末端蛋白酶	[15]
<i>LOC_Os11g10990</i>	11	6066797	6064996	热激蛋白DnaJ	[15]
<i>LOC_Os12g08780</i>	12	4517346	4515673	黄素单加氧酶	[6]
<i>LOC_Os12g24800</i>	12	14234903	14232903	9-顺式环氧类胡萝卜素双加氧酶1	[6]

1.2.3 CAS分析 利用筛选后的SNP和Indel进行中胚轴长度的CAS分析。为控制假阳性,CAS分析采用基于PCA(Principal component analysis)+K(Kinship)的混合线性模型(MLM, mixed linear model)(Tassel v5.1)^[37-40]。TEMP和TROP的PCA分析由GAPIT完成^[41]。TROP和TEMP群体MLM模型阈值选择 $P=10^{-3}$ 。随后,对不同单倍型材料的中胚轴长度平均值进行Duncan分析,鉴定优异单倍型(优异单倍型中胚轴长度在 $P<0.05$ 水平下显著高于其他单倍型)。

1.2.4 候选基因表达量分析 针对TROP和TEMP

群体,分别选取4份极长和极短中胚轴品种(表2),按照1.2.1的方法进行播种,并于第6天取中胚轴用于表达量检测。qRT-PCR引物如表3所示。采用TRIzol法提取总RNA并检测其浓度和纯度,确定RNA模板加样量。反转录合成20 μL cDNA(RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit, Thermo Scientific),并用双蒸水稀释5~10倍,配制qPCR反应体系(ChamQ Universal SYBR qPCR Master Mix),使用 $2^{-\Delta\Delta CT}$ 进行基因表达水平数据分析。设置3次重复,以 β -Actin和GAPDH管家基因为内参基因对基因表达数据归一化分析。

表2 用于TROP和TEMP群体表达量分析的极端中胚轴材料

Table 2 The accessions with extreme mesocotyl length in TROP and TEMP panel

TROP群体			TEMP群体		
材料代号 Code name	名称 Name	中胚轴长度 (cm) Mesocotyl length	材料代号 Code name	名称 Name	中胚轴长度 (cm) Mesocotyl length
A	MALAGKIT	4.09	I	LUSITO IRRADIADO 859-85-2	2.05
B	BIKYAT	4.23	J	FU LI HONG	2.08
C	BUNTU DOMBA 1	4.26	K	MAO ZHA NUO	2.11
D	BLUE BELLE	4.38	L	HAN NUO	2.20
E	PANNITHI	0.21	M	CHEONJUDO	0.14
F	KETAN MLANTING	0.35	N	YUNLEN 13	0.14
G	SAMPANG KUNING	0.43	O	MA SHE 8	0.15
H	PANGETAN	0.43	P	LUAN DAO	0.17

表3 显著候选基因表达分析引物序列

表3 The primer sequence of the significant candidate gene for expression analysis

引物名称 Primer name	正向引物序列(5'-3') Forward primer sequence(5'-3')	反向引物序列(5'-3') Reverse primer sequence(5'-3')
β -Actin	AGTGTCTGGATTGGAGGAT	TCTTGGCTTAGCATTCTTG
GAPDH	AAGCCAGCATCCTATGATCAGATT	CGTAACCCAGAATACCCTTGAGTTT
LOC_Os01g44130	TTTGTGTTGACGGTTGTGCT	TTTGCACTCTTCGTTTGCCA
LOC_Os03g50560	GGTTAACAAGCGCATTTGGC	AAGCCCATTCTCTCTTCCC
LOC_Os05g27790	GCGATCCCGATAACGAACAG	AAGAAGGCCATGCTGATGGA
LOC_Os11g10990	GGGAAGAAGAAGACGGTGGA	ACCTGGTAGTGAGACTCGGA
LOC_Os10g20860	GAGTGTGCATCAACGTGCTA	CCGAGATCAACTGGGAGGTT

2 结果与分析

2.1 基因型和表型分析

本研究选择的97个中胚轴伸长候选基因在水稻12条染色体上均有分布。其中,3号染色体最多,

1号和7号染色体其次,2号染色体仅有2个。在97个中胚轴伸长候选基因的CDS和启动子区共鉴定出1819个SNP和911个InDel位点,单基因SNP和InDel变异平均分别为18.7和9.4个,遗传变异在染色体上分布详见图1。TROP群体和TEMP群体均

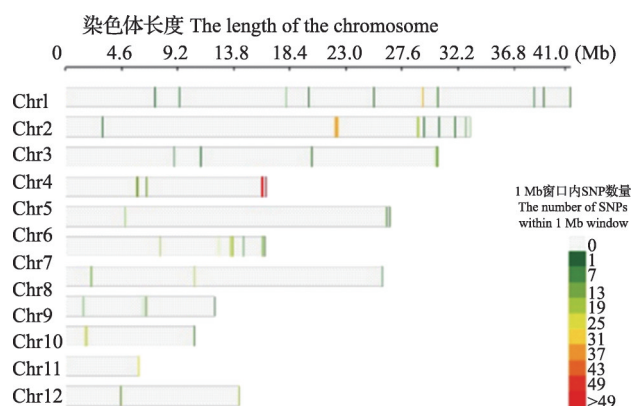


图1 已报道 97 个中胚轴伸长候选基因及其遗传变异在水稻染色体上的分布

Fig. 1 The distribution of 97 mesocotyl elongation candidate genes and their genetic variations on rice chromosomes

源自于 3K 重测序项目,为遗传背景相近的亚群。PCA 分析结果表明 TROP 群体前 3 个主成分的方差解释率分别为 23.5%、7.2% 和 1.6%;TEMP 群体前 3 个主成分方差解释率分别为 24.6%、8.2% 和 2.2%,在两个群体中均存在明显的群体结构。在两群体中,中胚轴长度均呈连续性变异(图 2)。TEMP 群体和

TROP 群体的中胚轴长度均呈近似正态分布,TEMP 群体表型范围为 0.06~2.58 cm,平均值为 0.84 cm,标准差和变异系数分别为 0.54 和 64.2%;TROP 群体中胚轴长度的变异范围为 0.21~4.38 cm,平均值为 1.80 cm,标准差和变异系数分别为 0.89 和 49.4%。

2.2 候选基因关联分析

在 TROP 群体中,基于 MLM 模型,鉴定到 7 个 SNP 与中胚轴长度显著关联,分别位于 1 号(25.3 Mb)、3 号(28.9 Mb)、5 号(16.2 Mb)和 11 号(6.1 Mb)染色体上,解释 4.7%~6.3% 的表型变异。在 TEMP 群体中,鉴定到 26 个 SNP 与中胚轴长度显著相关,分别位于 1 号(25.3 Mb)、3 号(28.9 Mb)、5 号(16.1~16.2 Mb)和 10 号(10.6 Mb)染色体上,解释 5.4%~6.7% 的表型变异。其中, *LOC_Os01g44130*、*LOC_Os03g50560* 和 *LOC_Os05g27790* 在 TROP 和 TEMP 亚群中均与中胚轴长度显著关联; *LOC_Os11g10990* 仅在 TROP 群体中与中胚轴长度显著关联,而 *LOC_Os10g20860* 仅在 TEMP 群体中与中胚轴长度显著关联(表 4)。将显著关联基因作为候选基因进行下一步分析。

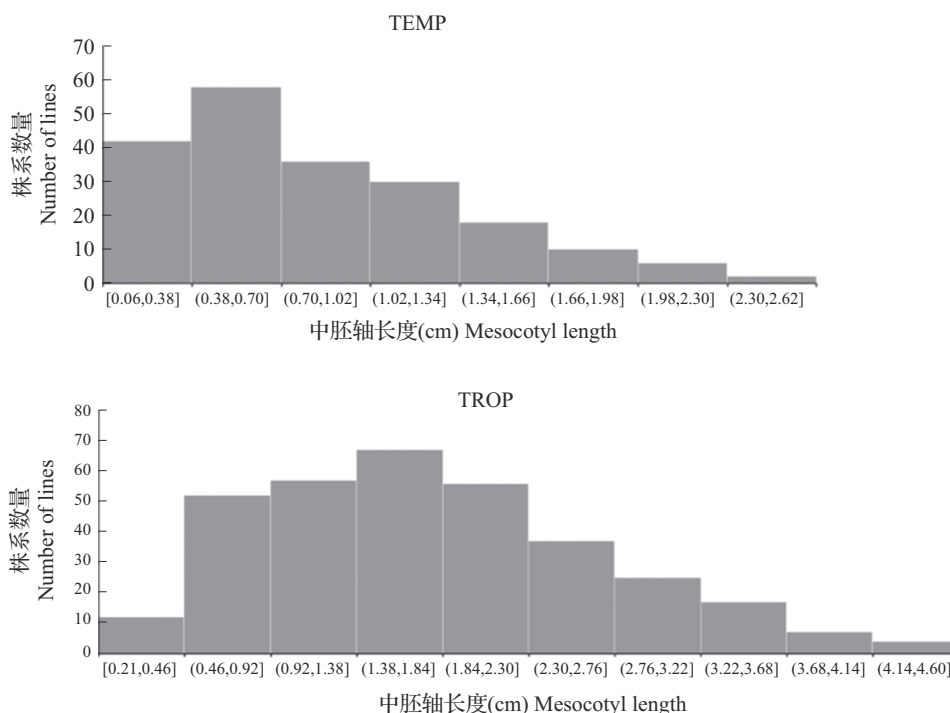


图2 TROP 和 TEMP 群体水稻中胚轴长度

Fig. 2 The mesocotyl length of accessions from TROP and TEMP population

表4 TROP和TEMP群体中胚轴长度候选基因关联分析结果

Table 4 The results of the candidate gene association analysis for mesocotyl length in TROP and TEMP population

亚群	候选基因	标记	染色体	位置 (Mb)	P值	表型变异率 (%)
Group	Candidate gene	Marker	Chromosome	Position	P-value	Phenotypic variation
TROP	LOC_Os03g50560	rs3_28875586	3	28.9	4.7E-03	4.8
	LOC_Os01g44130	rs1_25293070	1	25.3	2.1E-03	4.8
	LOC_Os01g44130	rs1_25292504	1	25.3	2.2E-03	4.7
	LOC_Os01g44130	rs1_25289678	1	25.3	2.4E-03	4.7
	LOC_Os05g27790	rs5_16182057	5	16.2	1.2E-03	6.3
	LOC_Os05g27790	rs5_16183210	5	16.2	3.2E-03	5.6
	LOC_Os11g10990	rs11_6064185	11	6.1	1.4E-03	6.2
TEMP	LOC_Os03g50560	rs3_28896854	3	28.9	1.1E-04	6.7
	LOC_Os03g50560	rs3_28895506	3	28.9	1.4E-04	6.5
	LOC_Os05g27790	rs5_16143550	5	16.1	1.8E-04	6.4
	LOC_Os05g27790	rs5_16156027	5	16.2	2.0E-04	6.4
	LOC_Os05g27790	rs5_16183705	5	16.2	2.4E-04	6.1
	LOC_Os05g27790	rs5_16090675	5	16.1	2.4E-04	6.2
	LOC_Os05g27790	rs5_16092174	5	16.1	2.5E-04	6.0
	LOC_Os05g27790	rs5_16182057	5	16.2	2.5E-04	6.1
	LOC_Os05g27790	rs5_16157197	5	16.2	2.6E-04	6.1
	LOC_Os05g27790	rs5_16154422	5	16.2	2.8E-04	6.1
	LOC_Os05g27790	rs5_16182344	5	16.2	2.8E-04	6.0
	LOC_Os05g27790	rs5_16159098	5	16.2	2.8E-04	5.9
	LOC_Os05g27790	rs5_16181390	5	16.2	2.8E-04	5.9
	LOC_Os05g27790	rs5_16157357	5	16.2	2.9E-04	6.0
	LOC_Os05g27790	rs5_16091666	5	16.1	2.9E-04	6.1
	LOC_Os05g27790	rs5_16091887	5	16.1	3.1E-04	6.2
	LOC_Os05g27790	rs5_16090954	5	16.1	3.3E-04	5.9
	LOC_Os05g27790	rs5_16155086	5	16.2	3.5E-04	5.9
	LOC_Os03g50560	rs3_28925811	3	28.9	3.7E-04	5.7
	LOC_Os05g27790	rs5_16183210	5	16.2	3.8E-04	5.8
	LOC_Os01g44130	rs1_25290468	1	25.3	4.2E-04	5.6
	LOC_Os05g27790	rs5_16155122	5	16.1	4.7E-04	5.4
	LOC_Os05g27790	rs5_16155087	5	16.1	5.2E-04	5.6
	LOC_Os05g27790	rs5_16143096	5	16.1	5.7E-04	5.6
	LOC_Os10g20860	rs10_10570859	10	10.6	6.0E-04	5.7
	LOC_Os10g20860	rs10_10569618	10	10.6	5.7E-04	5.6

2.3 候选基因单倍型分析

针对 *LOC_Os01g44130* 基因在 TROP 和 TEMP 群体中的单倍型进行分析,其启动子和 CDS 区的遗传变异位点共同组成了两种主要单倍型(单倍型频率< 0.05 未统计,下同),分别命名为 *LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os01g44130-Hap2*。*LOC_Os01g44130-Hap1* 在 TROP 和 TEMP 亚群中均为优势单倍

型,分布频率分别为 96.1% 和 97.6%。基于 *LOC_Os03g50560* 基因启动子和 CDS 区的遗传变异位点,共同组成两种主要单倍型,分别命名为 *LOC_Os03g50560-Hap1* 和 *LOC_Os03g50560-Hap2*。*LOC_Os03g50560-Hap1* 在两个亚群中均为优势单倍型,分布频率分别为 94.6% 和 92.9%。*LOC_Os05g27790* 基因启动子和 CDS 区的遗传变异位点组成了 7 种主要

单倍型,命名为 *LOC_Os05g27790-Hap1~Hap7*,在 TROP 亚群中均有分布。其中,*LOC_Os05g27790-Hap1* 分布频率最高,为 45.8%。TEMP 群体中存在 *LOC_Os05g27790-Hap1~Hap3* 和 *LOC_Os05g27790-Hap5~Hap6* 等 5 种单倍型。其中,*LOC_Os05g27790-Hap1* 所占比例最高,接近 64.8%。*LOC_Os10g20860* 仅在 TEMP 群体中与中胚轴长度显著关联,其遗传变异位点形成 5 种主要单倍型,命名为

LOC_Os10g20860-Hap1~Hap5。分布最为广泛的为 *LOC_Os10g20860-Hap1*,占比接近 66.7%。*LOC_Os11g10990* 仅在 TROP 群体中与中胚轴长度显著关联,*LOC_Os11g10990-Hap1~Hap4*, *LOC_Os11g10990-Hap1* 分布最为广泛,占比近 45.3% (表 5,详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230326001>,附表 3,详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230326001>,附表 4)。

表 5 TROP 和 TEMP 群体的中胚轴相关优异单倍型

Table 5 Superior haplotypes of mesocotyl length associated genes in TROP and TEMP population

候选基因 Candidate gene	单倍型 Haplotypes	TROP		TEMP	
		数量 Number	中胚轴长度(cm) Mesocotyl length	数量 Number	中胚轴长度 (cm) Mesocotyl length
<i>LOC_Os01g44130</i>	<i>Hap1</i>	321	1.792a	205	0.883a
	<i>Hap2</i>	8	1.670b	5	0.527b
<i>LOC_Os03g50560</i>	<i>Hap1</i>	316	1.788a	195	0.870
	<i>Hap2</i>	3	1.158b	—	—
<i>LOC_Os05g27790</i>	<i>Hap1</i>	153	1.871b	136	0.901b
	<i>Hap2</i>	90	1.559c	3	0.807bc
	<i>Hap3</i>	40	2.042a	49	0.865b
	<i>Hap4</i>	19	1.630bc	—	—
	<i>Hap5</i>	7	1.667bc	10	0.547c
	<i>Hap6</i>	7	2.245a	9	1.003a
	<i>Hap7</i>	5	1.496c	—	—
<i>LOC_Os10g20860</i>	<i>Hap1</i>	—	—	140	0.779c
	<i>Hap2</i>	—	—	21	0.830c
	<i>Hap3</i>	—	—	9	1.051b
	<i>Hap4</i>	—	—	7	0.748c
	<i>Hap5</i>	—	—	6	1.475a
<i>LOC_Os11g10990</i>	<i>Hap1</i>	83	1.967a	—	—
	<i>Hap2</i>	78	1.500b	—	—
	<i>Hap3</i>	15	1.724ab	—	—
	<i>Hap4</i>	7	1.345b	—	—

不同小写字母分别代表 $P<0.05$ 水平下差异显著;下同。—代表无数据
Different lowercase letters indicate significant at $P<0.05$ level; The same as below. - means missing

基于多重比较,在 TROP 群体中鉴定到 6 种优异单倍型,分别为 *LOC_Os05g27790-Hap3* 和 *LOC_Os05g27790-Hap6*、*LOC_Os03g50560-Hap1*、*LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os11g10990-Hap1* 和 *LOC_Os11g10990-Hap3*;在 TEMP 群体中也鉴定到 3 种优异单倍型,分别为 *LOC_Os05g27790-Hap6*、*LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os10g20860-Hap5* 其中,*LOC_Os05*

g27790-Hap6 和 *LOC_Os01g44130-Hap1* 在 TROP 和 TEMP 群体中均为优异单倍型。TROP 群体中优异单倍型 *LOC_Os05g27790-Hap3* 和 *LOC_Os05g27790-Hap6* 对应中胚轴长度分别为 2.042 cm 和 2.245 cm,与其他单倍型存在显著差异 ($P<0.05$);TEMP 群体优异单倍型 *LOC_Os05g27790-Hap6* 对应中胚轴长度为 1.003 cm,与其他单倍型存在显著差异 ($P<0.05$)。

LOC_Os03g50560-Hap1 仅在 TROP 群体中为优异单倍型, 对应中胚轴长度为 1.788 cm, 非优异单倍型 *LOC_Os03g50560-Hap2* 为 1.158 cm, 差异显著 ($P < 0.05$)。 *LOC_Os01g44130-Hap1* 在 TROP 和 TEMP 群体中均为优异单倍型。其中, TROP 群体中优异单倍型 *LOC_Os01g44130-Hap1* 对应中胚轴长度为 1.792 cm, 非优异单倍型 *LOC_Os01g44130-Hap2* 对应中胚轴长度为 1.670 cm; TEMP 群体中优异单倍型 *LOC_Os01g44130-Hap1* 对应中胚轴长度为 0.883 cm, 非优异单倍型 *LOC_Os01g44130-Hap2* 对应中胚轴长度为 0.527 cm。 *LOC_Os11g10990* 仅在 TROP 群体中与中胚轴长度显著关联, 其优异单倍型 *LOC_Os11g10990-Hap1* 和 *LOC_Os11g10990-Hap3* 所对应中胚轴长度为 1.967 cm 和 1.724 cm, 其

他材料所对应中胚轴长度为 1.345~1.724 cm, 差异显著 ($P < 0.05$)。 *LOC_Os10g20860* 仅在 TEMP 群体中显著, 其优异单倍型 *LOC_Os10g20860-Hap5* 所对应中胚轴长度为 1.475 cm, 与其他单倍型存在显著差异 ($P < 0.05$)。

对 TROP 和 TEMP 亚群进行单倍型加性效应分析。结果表明, TROP 亚群中胚轴长度加性效应显著, 随着优异单倍型数目由 1 个增加到 5 个, 所对应的中胚轴长度由 1.20 cm 增加至 2.32 cm, 差异显著 ($P < 0.05$, $R^2=0.971$)。 TEMP 群体也呈现相同趋势, 随着优异单倍型数目由 1 个增加到 3 个, 中胚轴长度由 0.58 cm 增加至 1.21 cm, 差异显著 ($P < 0.05$, $R^2=0.9964$) (图 3)。

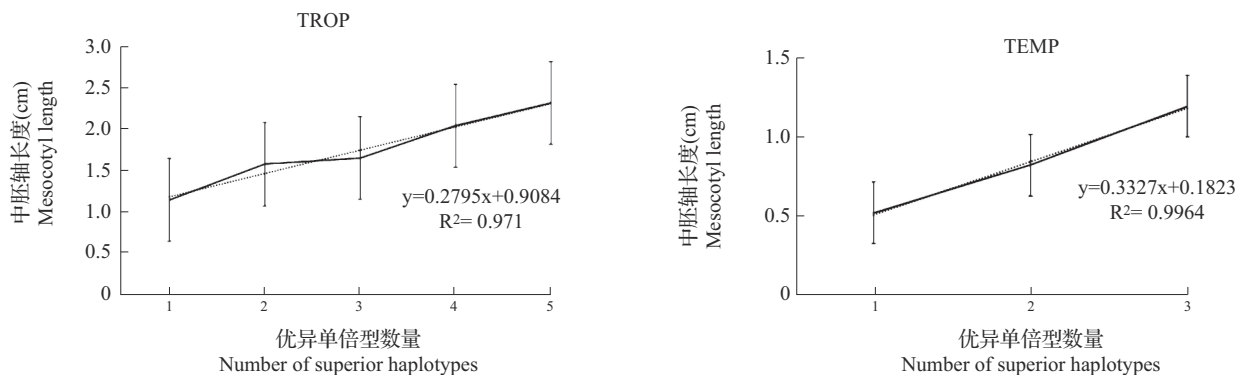


图3 TROP和TEMP群体中胚轴优异单倍型加性效应分析

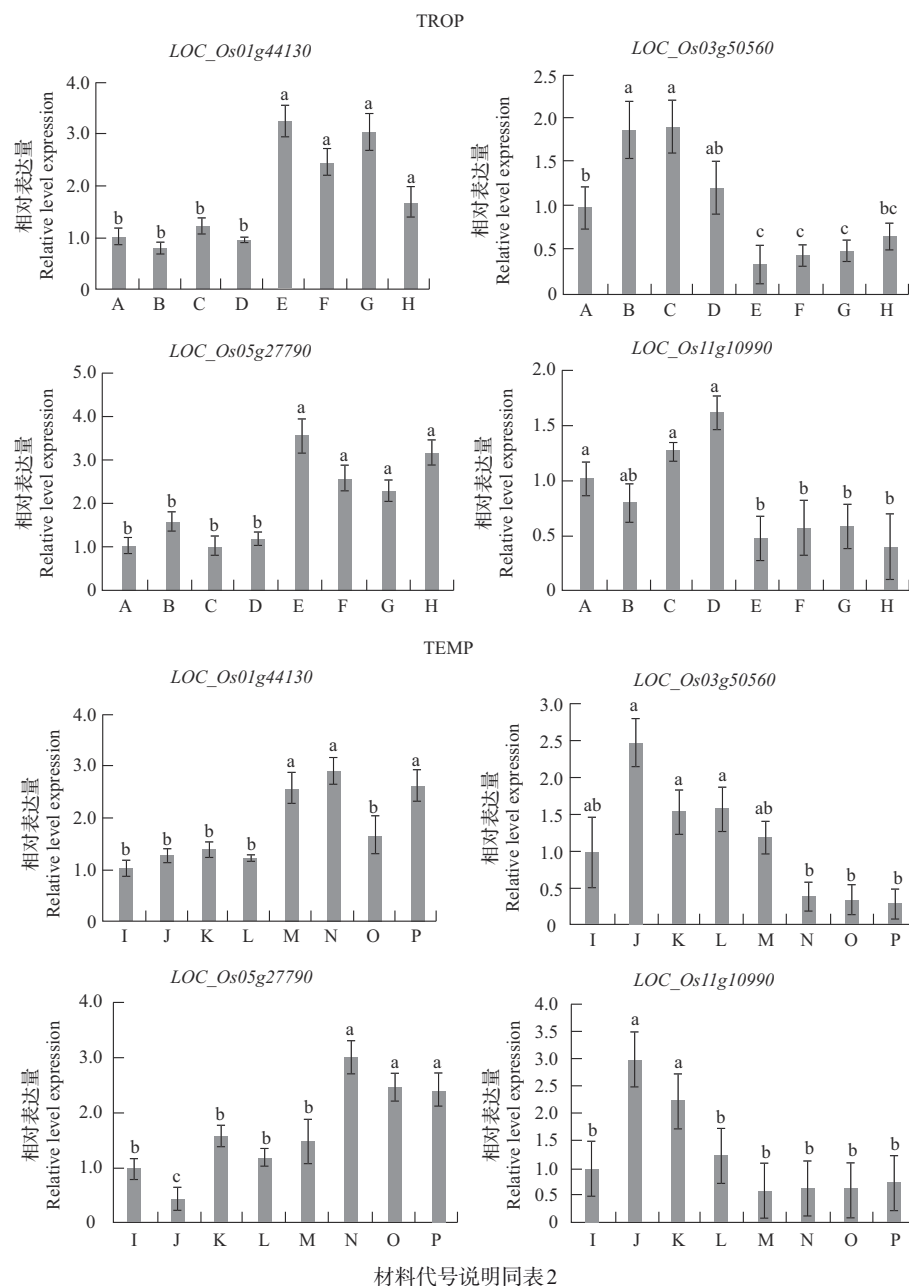
Fig. 3 Analysis of additive effects of excellent haplotypes of mesocotyl in TROP and TEMP populations

2.4 候选基因表达量分析

采用qRT-PCR对初步筛选的5个候选基因进行表达模式验证。在TROP群体中, *LOC_Os01g44130* 和 *LOC_Os05g27790* 在长中胚轴品种表达水平显著低于短中胚轴品种; 表明 *LOC_Os01g44130* 和 *LOC_Os05g27790* 参与并负调控中胚轴伸长。 *LOC_Os03g50560* 和 *LOC_Os11g10990* 在长中胚轴品种表达水平显著高于短中胚轴品种, 表明以上基因参与并正调控中胚轴伸长。在TEMP群体中, *LOC_Os01g44130* 和 *LOC_Os05g27790* 在长中胚轴品种表达水平显著低于短中胚轴品种; 表明 *LOC_Os01g44130* 和 *LOC_Os05g27790* 参与并负调控中胚轴伸长。 *LOC_Os03g50560* 和 *LOC_Os10g20860* 在长中胚轴品种表达水平显著高于短中胚轴品种, 表明其参与并正调控中胚轴伸长。在TROP和TEMP群体中, *LOC_Os01g44130* 和 *LOC_Os05g27790* 和 *LOC_Os03g50560* 在两个亚群中的表达趋势一致(图4)。

3 讨论

水稻的中胚轴长度是典型的数量遗传性状, 受多基因控制。早直播技术在多数水稻种植国家已得到大面积推广, 是未来水稻生产的发展方向。解析水稻中胚轴伸长遗传机制, 加速选育直播稻, 对于促进水稻直播生产具有重要作用。当前, 水稻直播出苗影响因素研究已有较多报道, 且已发掘部分中胚轴长度相关位点, 为培育适宜于直播的种质提供参考。虽然已报道近百个中胚轴长度相关候选基因, 但这些基因的可应用性尚未得到验证。另外, 早直播在籼稻种植区域已有一定推广面积, 粳稻种植区域面积较少。因此, 亟需选育长中胚轴粳稻资源。基于此, 本研究以97个已报道中胚轴长度关联候选基因为研究对象, 采用两个来源不同的粳稻自然群体(TROP和TEMP), 基于CAS发掘中胚轴伸长相关基因, 鉴定优异单倍型, 为创制长中胚轴优异种质提供参考。



The accession code description is the same as table 2

图4 TROP和TEMP候选基因在中胚轴极长和极短材料的表达差异

Fig. 4 Relative expression levels of candidate genes between accessions with longer and shorter mesocotyl in TROP and TEMP

中胚轴伸长受到多种调节蛋白和植物激素的调控^[42]。多项研究表明,生长素(IAA, auxin)^[9]、赤霉素(GA, gibberellins)^[43-44]、乙烯(ETH, ethylene)^[22]、细胞分裂素(CTK, cytokinin)^[45]和脱落酸(ABA, abscisic acid)^[46]均能促进中胚轴伸长;而茉莉酸(JA, jasmonic acid)和独脚金内酯(SL, strigolactones)则抑制中胚轴伸长。油菜素内酯(BR, brassinolide)低浓度促进伸长,高浓度则抑制伸长。针对97个候选基因开展CAS,发现LOC_Os05g27790、LOC_Os03g50560、LOC_Os01g44130、LOC_Os10g20860和

LOC_Os11g10990与中胚轴伸长显著关联,分别编码RNA识别motif蛋白^[47]、膜DUF588结构域蛋白^[48]、水稻天冬氨酸蛋白酶合成前体^[42]、LTP家族和热激蛋白DnaJ^[49]。Duf588为膜结构蛋白,可通过参与调控植物细胞伸长、分裂和植物细胞信号通路来调控植物的生长发育。Liang等^[48]表明Duf588可调节rel1-D的表达调控叶片的发育和对ABA激素的响应。水稻中RNA识别motif蛋白OsRRM参与多项植物激素调节过程,其信号途径和调控机理尚不明晰,还需要进一步研究^[50]。天冬氨酸蛋白酶(AP,

aspartic proteinase)广泛分布于多种生物^[42]。拟南芥和水稻基因组分别包含 69 和 96 个 AP 基因。其中,拟南芥 *AsPGI* 的过表达可通过调节 ABA 依赖的信号传递响应干旱胁迫^[49]。LTP 家族可结合和转移多种脂质分子,参与植物中各种信号通路的激活和调节^[49],与 ETH、IAA、ABA、JA 和水杨酸的调控紧密关联。HSP40(DnaJ)等热休克蛋白(HSPs)在植物生长和非生物胁迫耐受中发挥重要作用,HSP40 基因的过度表达与获得耐热性呈正相关,并导致植物对盐、水和高温胁迫的耐受性增强^[49,51]。

相较于单个遗传变异,由同一基因不同区域的多个遗传变异所组成的单倍型对于育种更为重要。因此,针对重要基因在评估群体中的单倍型效应分析十分重要。结果表明,不同群体间单倍体分布存在差异,且优势单倍型也存在不同。如 *LOC_Os05g27790* 基因包含 7 个主要单倍型,其中,TROP 材料存在所有 7 种单倍型,分布最广的为 *LOC_Os05g27790-Hap1* (45.8%)和 *LOC_Os05g27790-Hap2* (26.9%),而 TEMP 群体中存在 *LOC_Os05g27790-Hap1*、*LOC_Os05g27790-Hap2*、*LOC_Os05g27790-Hap3*、*LOC_Os05g27790-Hap5* 和 *LOC_Os05g27790-Hap6* 等 5 种单倍型,分布最广的为 *LOC_Os05g27790-Hap1* (64.8%)和 *LOC_Os05g27790-Hap3* (23.3%),*LOC_Os05g27790-Hap2* 比例极低(1.4%);*LOC_Os03g50560* 基因包含两种主要单倍型,TROP 群体中两种单倍型均存在,分布最广的单倍型为 *LOC_Os03g50560-Hap1* (94.6%),而 *LOC_Os03g50560-Hap2* 比例仅为 0.9%,TEMP 群体中仅存在 *LOC_Os03g50560-Hap1* (92.9%),其他单倍型分布较少。

加性效应分析表明,显著基因在 TROP 和 TEMP 亚群中单倍型累加效应显著。因此,可基于以上基因的优异单倍型开展 MAS 育种。在 TROP 和 TEMP 亚群中,随着优异单倍型数目的增加,中胚轴长度分别由 1.20 cm 和 0.58 cm 增加至 2.32 cm 和 1.21 cm。因此,可以通过 MAS 育种的方式聚合优异单倍型,加速水稻长中胚轴种质选育。不同区域育种历史有较大的差异,且种质资源来源广泛,基于不同区域应选择不同基因和单倍型。本研究在 TROP 和 TEMP 群体中分别鉴定到 6 个和 3 个优异单倍型。其中,*LOC_Os01g44130-Hap1* 和 *LOC_Os05g27790-Hap6* 在 TROP 和 TEMP 群体中均为优异单倍型,具有较强的适应性,在南亚、东南亚和东亚地区的粳稻育种中均可应用。*LOC_Os05g27790-Hap3*、*LOC_Os03g50560-Hap1*、*LOC_Os11g10990-*

Hap1 和 *LOC_Os11g10990-Hap3* 仅适用于 TROP 群体;*LOC_Os10g20860-Hap5* 仅适用于 TEMP 群体。携带多个优异单倍型的品系,如 TROP 群体中来自于印度尼西亚的 SIFARASI、KABADOKA、PAEONGGA、ANENOE 和 PADIUDANG,马来西亚的 ANGKARONG 和 PINAHULA,菲律宾的 SINAPLED、ONROY 和 BIKYAT;TEMP 群体中来自于中国的 NAN-29-2、CHING HIS、Diangeng China、MAO ZHA NUO,印度的 PUTTIGE 和菲律宾的 IREQUIN 可作为优异亲本应用于直播育种,促进水稻旱直播技术推广。

参考文献

- [1] Kumar V, Ladha J K. Direct seeding of rice: Recent developments and future research needs. *Advance in Agronomy*, 2011, 111: 297-413
- [2] Turner F T, Chen C C, Bollich C N. Coleoptile and mesocotyl lengths in semidwarf rice seedlings. *Crop Science*, 1982, 22: 43-46
- [3] 张光恒, 林建荣, 吴明国, 曹立勇, 程式华. 水稻出苗顶土动力源研究. *中国水稻科学*, 2005, 19(1): 59-62
Zhang G H, Lin J R, Wu M G, Cao L Y, Cheng S H. Analysis on germinating dynamic source of rice (*Oryza sativa*). *Chinese Journal of Rice Science*, 2005, 19(1): 59-62
- [4] Lee H S, Sasaki K, Kang J, Sato T, Song W, Ahn S. Mesocotyl elongation is essential for seedling emergence under deep-seeding condition in rice. *Rice*, 2017, 10: 32
- [5] Chung N J. Elongation habit of mesocotyls and coleoptiles in weedy rice with high emergence ability in direct-seeding on dry paddy fields. *Crop & Pasture Science*, 2010, 61: 911-917
- [6] Wang Y, Liu J, Meng Y, Liu H, Liu C, Ye G. Rapid identification of QTL for mesocotyl length in rice through combining QTL-seq and genome-wide association analysis. *Frontiers in Genetics*, 2021, 12: 713446
- [7] Wu M, Zhang G, Lin J, Cheng S. Screening for rice germplasms with specially elongated mesocotyl. *Rice Science*, 2005, 12: 226-228
- [8] Zhan J, Lu X, Liu H, Zhao Q, Ye G. Mesocotyl elongation, an essential trait for dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.): A review of physiological and genetic basis. *Planta*, 2020, 251: 1-14
- [9] Mahender A, Anandan A, Pradhan S K. Early seedling vigour, an imperative trait for direct-seeded rice: An overview on physio-morphological parameters and molecular markers. *Planta*, 2015, 241: 1027-1050
- [10] Gray W M, Ostin A, Sandberg G, Romano C P, Estelle M. High Temperature promotes auxin-mediated hypocotyl elongation in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1998, 95: 7197-7202
- [11] Kato Y, Katsura K. Rice adaptation to aerobic soils:

- Physiological considerations and implications for agronomy. *Plant Production Science*, 2014, 17: 1-12
- [12] 曹立勇, 朱军, 颜启传, 何立斌, 魏兴华, 程式华. 水稻籼粳交DH群体幼苗中胚轴长度的QTLs定位和上位性分析. *中国水稻科学*, 2002, 16(3): 24-27
- Cao L Y, Zhu J, Yan Q C, He L B, Wei X H, Cheng S H. Mapping QTLs with Epistasis for mesocotyl length in a DH population from indica-japonica cross of rice (*Oryza sativa*). *Chinese Journal of Rice Science*, 2002, 16(3): 24-27
- [13] Ouyang Y N, Zhang Q Y, Zhang K Q, Yu S M, Zhuang J Y, Jin Q Y. QTL mapping and interaction analysis of genotype/environment (Fe^{2+} -concentrations) for mesocotyl length in rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Genetica Sinica*, 2005, 32: 712-718
- [14] Wu J, Feng F, Lian X, Teng X, Wei H, Yu H, Xie W, Yan M, Fan P, Li Y, Ma X, Liu H, Yu S, Wang G, Zhou F, Luo L, Mei H. Genome-wide association study (GWAS) of mesocotyl elongation based on re-sequencing approach in rice. *BMC Plant Biology*, 2015, 15: 218
- [15] Zhao Y, Zhao W, Jiang C, Wang X, Xiong H, Todorovska E G, Yin Z, Chen Y, Wang X, Xie J, Pan Y, Rashid M A R, Zhang H, Li J, Li Z. Genetic architecture and candidate genes for deep-sowing tolerance in rice revealed by non-syn GWAS. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 332
- [16] Liu H, Zhan J, Li J, Lu X, Liu J, Wang, Y, Zhao Q Z, Ye G Y. Genome-wide association study (GWAS) for mesocotyl elongation in rice (*Oryza sativa* L.) under multiple culture conditions. *Genes*, 2020, 11: 49
- [17] Lv Y, Shao G, Jiao G, Sheng Z, Xie L, Hu S, Tang S, Wei X, Hu P. Targeted mutagenesis of *POLYAMINE OXIDASE 5* that negatively regulates mesocotyl elongation enables the generation of direct-seeding rice with improved grain yield. *Molecular Plant*, 2020, 14: 344-351
- [18] 刘畅, 孟云, 刘金栋, 王雅美, Guoyou Ye. 结合QTL-seq和连锁分析发掘水稻中胚轴伸长相关QTL. *作物学报*, 2021, 47(10): 2036-2044
- Liu C, Meng Y, Liu J D, Wang Y M, Ye G Y. Combining QTL-seq and linkage analysis to identify the QTL of mesocotyl elongation in rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agronomica Sinica*, 2021, 47(10): 2036-2044
- [19] Jang S G, Park S Y, Lar S M, Zhang H, Lee A R, Cao F Y, Seo J, Ham T, Lee J, Kwon S W. Genome-wide association study (GWAS) of mesocotyl length for direct seeding in rice. *Agronomy*, 2021, 11: 2527
- [20] Huang Q, Ju C, Cheng Y, Cui D, Han B, Zhao Z, Ma X, Han L. QTL mapping of mesocotyl elongation and confirmation of a QTL in Dongxiang common wild rice in China. *Agronomy*, 2022, 12: 1800
- [21] Zhang X J, Lai Y C, Meng Y, Tang A, Dong W J, Liu Y H, Liu K, Wang L Z, Yang X L, Wang W L, Ding G H, Jiang H, Ren Y, Jiang S K. Analyses and identifications of quantitative trait loci and candidate genes controlling mesocotyl elongation in rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 2023, 22: 325-340
- [22] Xiong Q, Ma B, Lu X, Huang Y H, He S J, Yang C, Yin C C, Zhao H, Zhou Y, Zhang W K, Wang W S, Li Z K, Chen S Y, Zhang J S. Ethylene-inhibited jasmonic acid biosynthesis promotes mesocotyl/coleoptile elongation of etiolated rice seedlings. *Plant Cell*, 2017, 29: 1053-1072
- [23] Sun S, Wang T, Wang L, Li X, Jia Y, Liu C, Huang X, Xie W, Wang X. Natural selection of a *GSK3* determines rice mesocotyl domestication by coordinating strigolactone and brassinosteroid signaling. *Nature Communication*, 2018, 9: 2523
- [24] Zheng J, Hong K, Zeng L, Wang L, Kang S, Qu M, Dai J, Zou L, Zhu L, Tang Z, Meng X, Wang B, Hu J, Zeng D, Zhao Y, Cui P, Wang Q, Qian Q, Wang Y, Li J, Xiong G. Karrikin signaling acts parallel to and additively with Strigolactone signaling to regulate rice mesocotyl elongation in darkness. *Plant Cell*, 2020, 32: 2780-2805
- [25] Breseghello F, Sorrells M E. Association mapping of kernel size and milling quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Genetics*, 2006, 172: 1165-1177
- [26] 张志辉, 程宇坤, 任毅, 王睿, 董一帆, 耿洪伟. 小麦籽粒相关性状全基因组关联分析. *植物遗传资源学报*, 2023, 24(4): 993-1006
- Zhang Z H, Cheng Y K, Ren Y, Wang R, Dong Y F, Geng H W. Genome-wide association analysis of wheat grain related traits. *Journal of Plant Genetic Resources*. 2023, 24(4): 993-1006
- [27] Liu J D, He Z H, Rasheed A, Wen W E, Yan J, Zhang P Z, Wan Y X, Zhang Y, Xie C J, Xia X C. Genome-wide association mapping of black point reaction in common wheat (*Triticum aestivum* L.), *BMC Plant Biology*, 2017, 17: 220
- [28] Flint-Garcia S A, Thornsberry J M, Buckler E S. Structure of linkage disequilibrium in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 2003, 54: 357-374
- [29] Zhu C S, Gore M, Buckler E S, Status Y J M. Prospects of association mapping in plants. *Plant Genome*, 2008, 1: 5-20
- [30] Liu J, Zhan J, Chen J, Lu X, Zhi S, Ye G. Validation of genes affecting rice grain zinc content through candidate gene-based association analysis. *Frontiers in Genetics*, 2021, 12: 701658
- [31] Sinha P, Singh V K, Saxena R K, Khan A W, Abbai R, Chitkineni A, Desai A, Molla J, Upadhyaya H D, Kumar A, Varshney R K. Superior haplotypes for haplotype - based breeding for drought tolerance in pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Plant Biotechnology Journal*, 2020, 18: 2482-2490
- [32] Varshney R K, Nayak S N, May G D, Jackson S A. Next generation sequencing technologies and their implications for crop genetics and breeding. *Trends in Biotechnology*, 2009, 27: 522-530
- [33] Li J, Wang J, Zeigler R S. The 3,000 rice genomes project: New opportunities and challenges for future rice research. *Giga Science*, 2014, 3: 8
- [34] Wang W, Mauleon R, Hu Z, Chebotarov D, Tai S, Wu Z, Li M, Zheng T, Fuentes R R, Zhang F, Mansueto L, Copetti D,

- Sanciangco M, Palis K C, Xu J, Sun C, Fu B, Zhang H, Gao Y, Zhao X, Shen F, Cui X, Yu H, Li Z, Chen M, Detras J, Zhou Y, Zhang X, Zhao Y, Kudrna S, Wang C, Li R, Jia B, Lu J, He X, Dong Z, Xu J, Li Y, Wang M, Shi S, Li J, Zhang D, Lee S, Hu W, Poliakov A, Dubchak I, Ulat V J, Borja F N, Mendoza J R, Ali J, Li J, Gao Q, Niu Y, Yue Z, Naredo M E B, Talag J, Wang X, Li J, Fang X, Yin Y, Glaszmann J C, Zhang J, Li J, Hamilton R S, Wing R A, Ruan J, Zhang G, Wei C, Alexandrov N, McNally K L, Li Z, Leung H. Genomic variation in 3,010 diverse accessions of Asian cultivated rice. *Nature*, 2018, 557: 43-49
- [35] Wang K, Li M, Hakonarson H. ANNOVAR: Functional annotation of genetic variants from next-generation sequencing data. *Nucleic Acids Research*, 2010, 38: e164
- [36] Wang C C, Yu H, Huang J, Wang W S, Faruquee M, Zhang F, Zhao X Q, Fu B Y, Chen K, Zhang H L, Tai S S, Wei C, McNally K L, Alexandrov N, Gao X Y, Li J, Li Z K, Xu J L, Zheng T Q. Towards a deeper haplotype mining of complex traits in rice with RFGB v2.0. *Plant Biotechnology Journal*, 2020, 18: 14-16
- [37] 刘利成, 李小湘, 黎用朝, 潘孝武, 闵军, 刘三雄, 刘文强, 胡敏, 段永红, 余亚莹, 张海清. 水稻种子耐厌氧萌发全基因组关联分析. *植物遗传资源学报*, 2021, 22(6): 1644-1650
- Liu L C, Li X X, Li Y Z, Pan X W, Min J, Liu S X, Liu W Q, Hu M, Duan Y H, Yu Y Y, Zhang H Q. Genome-wide association study of anaerobic germination tolerance in seeds of rice accessions. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22(6): 1644-1650
- [38] 张红杰, 邓中印, 陶姝, 孙国梁, 贾美玲, 王振玉, 廖如意, 郑兴卫, 李爱丽, 毛龙, 郑军, 耿帅锋. CIMMYT 新引进合成小麦株高性状全基因组关联分析. *植物遗传资源学报*, 2021, 22(4): 1054-1067
- Zhang H J, Deng Z Y, Tao S, Sun G L, Jia M L, Wang Z Y, Liao R Y, Zheng X W, Li A L, Mao L, Zheng J, Geng S F. Genome-wide association study (GWAS) for plant height traits in synthetic wheat lines introduced in CIMMYT. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22(4): 1054-1067
- [39] 潘孝武, 黎用朝, 刘文强, 熊海波, 董铮, 盛新年, 段永红, 余亚莹, 赵文锦, 魏秀彩, 李小湘. 水稻资源开花期耐热性的全基因组关联分析. *植物遗传资源学报*, 2021, 22(2): 407-415
- Pan X W, Li Y C, Liu W Q, Xiong H B, Dong Z, Sheng X N, Duan Y H, Yu Y Y, Zhao W J, Wei X C, Li X X. Genome wide association study of heat tolerance at the anthesis stage in rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22(2): 407-415
- [40] Bradbury P J, Zhang Z, Kroon D E, Casstevens T M, Ramdoss Y, Buckler E S. TASSEL: Software for association mapping of complex traits in diverse samples. *Bioinformatics*, 2007, 23: 2633-2635
- [41] Lipka A E, Tian F, Wang Q, Peiffer J, Li M, Bradbury P J, Gore M A, Buckler E S, Zhang Z W. GAPIT: Genome association and prediction integrated tool. *Bioinformatics*, 2012, 8: 2397-2399
- [42] Huang J Y, Zhao X B, Cheng K, Jiang Y H, Ouyang Y D, Xu C G, Li X H, Xiao J X, Zhang Q F. *OsAP65*, a rice aspartic protease, is essential for male fertility and plays a role in pollen germination and pollen tube growth. *Journal of Experimental Botany*, 2013, 64: 3351-3360
- [43] Xu Z H, Xue H W. Plant hormones: Function and molecular mechanism. First edition. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2012: 45-67
- [44] Liang Q, Wang C, Ma D R, Li L, Cui Z B, Wang X X, Qian Q, Cai B D, Feng Y Q, Chen W F. Cortical microtubule disorganized related to an endogenous gibberellin increase plays an important role in rice mesocotyl elongation. *Plant Biotechnology Journal*, 2016, 33: 59-69
- [45] Yuldashev R, Avalbaev A, Bezrukova M, Vysotskaya L, Khripach V, Shakirova F. Cytokinin oxidase is involved in the regulation of cytokinin content by 24-epibrassinolide in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2012, 55: 1-6
- [46] Watanabe H, Takahashi K, Saigusa M. Morphological and anatomical effects of abscisic acid (ABA) and fluridone (FLU) on the growth of rice mesocotyls. *Plant Growth Regulation*, 2011, 34: 273-275
- [47] Chen S Y, Wang, Z Y, Cai, X L. *OsRRM*, a Spen-like rice gene expressed specifically in the endosperm. *Cell Research*, 2007, 17: 713-721
- [48] Liang J, Guo S, Sun B, Liu Q, Chen X, Peng H, Zhang Z, Xie Q. Constitutive expression of REL1 confers the rice response to drought stress and abscisic acid. *Rice*, 2018, 1: 59
- [49] Ge X, Dietrich C, Matsuno M, Li G, Berg H, Xia Y. An *Arabidopsis* aspartic protease functions as an anti-cell-death component in reproduction and embryogenesis. *EMBO Reports*, 2005, 6: 282-288
- [50] Nonomura K I, Eiguchi M, Nakano M, Takashima K, Komeda N, Fukuchi S, Miyazaki S, Miyao A, Hirochika H, Kurata N. A novel RNA-recognition-Motif protein is required for premeiotic G1/S-phase transition in Rice (*Oryza sativa* L.). *PLoS Genetics*, 2011, 7: e1001265
- [51] 桑璐曼, 汤沙, 张仁梁, 贾小平, 刁现民. 谷子热激蛋白 HSP90 基因家族鉴定及分析. *植物遗传资源学报*, 2022, 23(4): 1085-1097
- Sang L M, Tang S, Zhang R L, Jia X P, Diao X M. Identification and analysis of heat shock protein HSP90 family genes in foxtail millet. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(4): 1085-1097

附表 1 TEMP 群体中胚轴表型数据及其显著候选基因优异单倍型

Table S1 The details for mesocotyl length and superior haplotypes of significant candidate genes of the accessions from TEMP population

编号	名称	来源	中胚轴长度 (cm)	LOC_Os01g44130	LOC_Os03g50560	LOC_Os05g27790	LOC_Os10g20860
Code	Name	Origin	Mesocotyl length				
B001	Heibiao	中国	1.27	Hap1	Hap1	Hap1	-
B002	Sansuijin	中国	1.02	Hap2	Hap1	Hap3	Hap1
B004	Qiuguangtengxi 104	日本	0.18	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
B005	Wanshi	日本	0.06	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
B014	Wuziluosi 215	苏联	0.71	Hap1	Hap1	Hap1	-
B016	Aomierite 168	匈牙利	1.05	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
B017	Aerjituo	保加利亚	1.31	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
B023	Gaoliqiu	朝鲜	0.76	Hap1	Hap1	Hap1	-
B034	Albania Rice	阿尔巴尼亚	0.45	Hap1	Hap1	Hap1	-
B038	Nabated A Smar	埃及	0.72	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
B045	Gongchengxiang	日本	0.29	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
B046	Qiutianxiaoting	日本	0.55	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
B047	Zhenfu 8	日本	0.31	Hap2	-	Hap1	-
B055	YR 196	中国	1.15	Hap1	Hap1	Hap1	-
B167	Qingjinzaosheng	朝鲜	0.60	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
B168	Zhuyuan	日本	0.49	Hap1	Hap1	Hap3	Hap3
B170	Hongse 90	俄罗斯	0.13	Hap1	Hap1	Hap3	Hap3
B171	Linguo	意大利	0.52	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
B179	Keluoduo B	法国	1.21	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
B183	Qingnuo Kyohatamochi	日本	0.98	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
B215	Hongqi 5	中国	0.57	Hap1	Hap1	Hap3	Hap2
B236	Jindao 1	中国	-	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
B269	Yuefu	中国	1.44	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
CX47	Diangeng	中国	1.82	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
CX49	NAN-29-2	中国	1.58	Hap1	Hap1	Hap3	-
CX306	Mongolia Rice	中国	0.72	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
CX317	MR 19	中国	1.06	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
CX329	Jinchuanjihao	中国	0.26	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
CX351	053 A-3	中国	0.63	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8024	RIBE 253::GERVEX 54-C1	意大利	1.69	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8025	ITALPATNA 48::GERVEX 60-C1	意大利	1.21	Hap1	-	Hap1	-
IRIS_313-8026	GIOVANNI MARCHETTI::GERVEX 62-C1	意大利	0.48	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8032	PIEMONTE::GERVEX 81-C1	意大利	0.74	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8033	LOMELLINO::GERVEX 83-C1	意大利	1.36	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8039	LOTO::GERVEX 104-C1	意大利	1.58	Hap1	Hap1	Hap3	Hap3

IRIS_313-8050	MIARA::GERVEX 129-C1	意大利	1.80	Hap1	-	Hap6	Hap3
IRIS_313-8052	SMERALDO::GERVEX 138-C1	意大利	1.33	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8066	GHIBLI::GERVEX 187-C1	意大利	1.41	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8075	HARRA::GERVEX 501-C1	澳大利亚	0.20	Hap1	Hap1	Hap5	Hap5
IRIS_313-8084	CAPATAZ::GERVEX 521-C1	西班牙	0.29	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8085	CLOT::GERVEX 523-C1	西班牙	0.85	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8087	FRANCES::GERVEX 527-C1	西班牙	0.41	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8090	MARENY::GERVEX 535-C1	西班牙	1.89	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8095	SHSS 53::GERVEX 550-C1	西班牙	1.35	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8096	SR 113::GERVEX 553-C1	西班牙	0.84	Hap1	Hap1	Hap3	Hap3
IRIS_313-8097	ULLAL::GERVEX 556-C1	西班牙	0.77	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8099	FLIPPER::GERVEX 597-C1	意大利	1.23	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8105	THAIERLA::GERVEX 696-C1	美国	0.41	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8109	CAMPINO::GERVEX 824-C1	葡萄牙	0.83	Hap1	Hap1	Hap1	Hap4
IRIS_313-8111	CARRICO::GERVEX 828-C1	葡萄牙	1.32	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8112	CHIPKA::GERVEX 837-C1	保加利亚	0.70	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8113	ESCARLATE::GERVEX 887-C1	葡萄牙	0.98	Hap1	Hap1	Hap1	Hap4
IRIS_313-8114	FAISCA::GERVEX 900-C1	葡萄牙	0.92	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8118	IBO 400::GERVEX 943-C1	葡萄牙	2.57	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8119	JUBILIENI::GERVEX 992-C1	保加利亚	0.70	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8123	MUGA::GERVEX 1099-C1	葡萄牙	2.58	Hap1	Hap1	Hap1	Hap5
IRIS_313-8125	PLOVDIV 22::GERVEX	保加利亚	-	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1167-C1						
IRIS_313-8126	PLOVDIV 24::GERVEX	保加利亚	1.54	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1168-C1						
IRIS_313-8127	POLIZESTI 28::GERVEX	保加利亚	1.17	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1170-C1						
IRIS_313-8128	PRECOZ 2 F A::GERVEX	阿根廷	1.15	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1182-C1						
IRIS_313-8129	RODINA::GERVEX 1234-C1	保加利亚	1.25	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8132	RUBI::GERVEX 1247-C1	葡萄牙	1.01	Hap1	Hap1	Hap1	Hap5
IRIS_313-8134	S 102/2::GERVEX 1251-C1	葡萄牙	-	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8135	SAEDINENIE::GERVEX	保加利亚	1.24	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1255-C1						
IRIS_313-8136	SAFARI::GERVEX 1256-C1	葡萄牙	1.98	Hap1	Hap1	Hap1	Hap5
IRIS_313-8138	SALOIO::GERVEX 1259-C1	葡萄牙	1.48	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8140	SANGHAI::GERVEX 1264-C1	中国	1.24	Hap1	Hap1	Hap1	Hap5
IRIS_313-8141	SELN 244 A 6-20::GERVEX	澳大利亚	1.43	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	1273-C1						
IRIS_313-8142	SETTANTUNO::GERVEX	葡萄牙	1.84	Hap1	Hap1	Hap1	Hap5
	1279-C1						
IRIS_313-8145	SUPER::GERVEX 1304-C1	葡萄牙	1.10	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8147	T 757::GERVEX 1316-C1	印度	1.22	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8148	TIMICH 108::GERVEX 1325-C1	罗马尼亚	0.62	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1

IRIS_313-8149	TOPAZIO::GERVEX 1332-C1	葡萄牙	0.56	Hap1	Hap1	Hap3	Hap4
IRIS_313-8151	VALTEJO::GERVEX 1355-C1	葡萄牙	1.49	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8160	CT 58::GERVEX 1491-C1	格鲁吉亚	1.43	Hap1	Hap1	Hap3	Hap2
IRIS_313-8162	RPC 12::GERVEX 1505-C1	中国	0.27	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8164	YRM 6-2::GERVEX 1508-C1	澳大利亚	1.10	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8165	CIGALON::GERVEX 1514-C1	法国	0.38	Hap1	Hap1	Hap5	Hap2
IRIS_313-8171	AUZGUSTA::GERVEX 1634-C1	匈牙利	0.97	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8200	OPALE::GERVEX 1667-C1	意大利	1.28	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8204	S 102::GERVEX 1671-C1	美国	0.26	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8208	LUSITO IRRADIADO	葡萄牙	2.05	Hap1	Hap1	Hap3	-
	859-85-2::GERVEX 1676-C1						
IRIS_313-8216	ROXANI::GERVEX 1686-C1	希腊	-	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8217	SAKHA 102::GERVEX 1687-C1	埃及	0.65	Hap1	-	Hap5	Hap1
IRIS_313-8218	SAKHA 103::GERVEX 1688-C1	埃及	1.09	Hap1	-	Hap6	Hap1
IRIS_313-8387	FU LI HONG::IRGC 70250-1	中国	2.08	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8399	68-2::IRGC 14546-1	法国	1.69	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8444	M 203::IRGC 76309-1	美国	1.00	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8481	DAN YAN NUO::IRGC 4860-1	中国	1.01	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8502	M 102::IRGC 76307-1	美国	1.06	Hap1	Hap1	Hap5	Hap1
IRIS_313-8665	M 7::IRGC 34281-1	美国	0.20	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8755	NORIN 6::IRGC 2633-1	日本	0.60	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8856	S 201::IRGC 55230-1	美国	0.46	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8890	WIR 1072::IRGC 57496-1	比利时	0.43	Hap1	Hap1	Hap3	Hap4
IRIS_313-8921	PUTTIGE::IRGC 52588-1	印度	1.63	Hap1	-	Hap1	-
IRIS_313-9002	KOTOBUKI MOCHI::IRGC	日本	0.23	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	2545-1						
IRIS_313-9081	TAKAO MOCHI::IRGC 2564-1	日本	0.53	Hap2	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9140	81 A 32::IRGC 60162-1	中国	0.43	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9228	HOKUSETSU::IRGC 65705-1	日本	0.33	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9233	CHUNG YI::IRGC 1427-1	中国	0.78	Hap1	-	Hap5	Hap1
IRIS_313-9249	KANU DAM::IRGC 29755-1	柬埔寨	1.51	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9346	SHINCHIKU IKU 103::IRGC	中国台湾	0.64	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	10430-1						
IRIS_313-9379	HWANGJO::IRGC 55547-1	韩国	0.68	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9410	CI 9498::IRGC 2134-1	美国	0.53	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9438	7507-137::IRGC 40081-1	日本	0.79	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9463	CI 1600::IRGC 16305-1	美国	0.94	Hap1	Hap1	Hap6	Hap1
IRIS_313-9468	NONG KE::IRGC 59807-1	中国	1.63	Hap1	-	Hap3	Hap1
IRIS_313-9539	TEXAS PATNA 49::IRGC	美国	-	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	6077-1						
IRIS_313-9698	JO SANG DAE YA::IRGC	朝鲜	0.19	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	90852-1						
IRIS_313-9701	TAICHUNG 65::IRGC 79-1	中国台湾	0.73	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9702	TAICHUNG 179::IRGC 85-1	中国台湾	0.57	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1

IRIS_313-9703	CHIANAN 8::IRGC 90-1	中国台湾	0.58	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9724	AI DA ZHONG::IRGC 59348-1	中国	0.50	Hap1	Hap1	Hap3	Hap2
IRIS_313-9725	DA DAO TOU::IRGC 59499-1	中国	0.38	Hap1	Hap1	Hap5	-
IRIS_313-9759	OEIRAS::IRGC 286-1	葡萄牙	0.44	Hap1	Hap1	-	Hap4
IRIS_313-9769	MURASAHITSUTSURI::IRGC 2493-1	日本	0.53	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9771	BERGREIS::IRGC 3150-1	澳大利亚	1.98	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9782	BENLOK::IRGC 3404-1	秘鲁	0.60	Hap1	Hap1	Hap6	Hap1
IRIS_313-9790	JAPONES BALILLA::IRGC 5785-1	匈牙利	2.29	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9813	SZANISZLO 2::IRGC 9353-1	匈牙利	1.24	Hap1	Hap1	Hap1	Hap4
IRIS_313-9814	AMARELO::IRGC 9389-1	匈牙利	1.13	Hap1	Hap1	-	Hap2
IRIS_313-9838	TEPUKE::IRGC 12872-1	新西兰	0.62	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-9839	O. SATIVA::IRGC 12876-1	西班牙	0.76	Hap1	-	Hap1	Hap1
IRIS_313-9880	PI 282203::IRGC 16292-1	匈牙利	1.70	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9884	FUKUSHIMA MOCHI (GLUT)::IRGC 19296-1	日本	0.72	Hap1	-	Hap3	Hap1
IRIS_313-9886	HUK ZO::IRGC 19760-1	韩国	0.64	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9887	JEUK DO::IRGC 19775-1	韩国	0.51	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9890	WA BANG::IRGC 19880-1	韩国	0.65	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-9891	YONG AN HUK::IRGC 19891-1	韩国	0.33	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9937	ROCCA::IRGC 50351-1	意大利	0.89	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9961	WIR 884::IRGC 51591-1	挪威	0.75	Hap1	Hap1	Hap6	Hap4
IRIS_313-9964	WIR 1951::IRGC 51643-1	格鲁吉亚	0.94	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-9974	HEUKSANJO::IRGC 55536-1	韩国	1.25	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-9996	SUWEON 295::IRGC 58368-1	韩国	0.20	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10057	CHUGOKU 68 HEN::IRGC 72514-1	日本	0.21	Hap1	Hap1	Hap6	-
IRIS_313-10059	DACHEONGBYEO::IRGC 72533-1	韩国	-	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10083	BETIS::IRGC 74581-1	西班牙	1.17	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10084	SENIA::IRGC 74582-1	西班牙	0.66	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10089	KALIN::IRGC 77312-1	保加利亚	0.75	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10092	CHALBYEO::IRGC 77639-1	韩国	0.11	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10093	CHEONJUDO::IRGC 77644-1	韩国	0.14	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10097	MAEKJO::IRGC 77666-1	韩国	0.95	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10164	HAN NUO::IRGC 59591-1	中国	1.15	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10228	HAN NUO::IRGC 82350-1	中国	2.20	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10242	H 305-84::IRGC 116988-1	匈牙利	1.63	Hap1	Hap1	Hap3	Hap3
IRIS_313-10258	BULI INIA::IRGC 116961-1	智利	1.50	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10373	IR 68333-R-R-B-19::IRGC 117381-1	菲律宾	0.60	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10379	IR 73688-57-2::IRGC 117383-1	菲律宾	0.45	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10429	TAICHUNG 150::IRGC 80-1	中国台湾	0.73	Hap1	Hap1	Hap5	Hap1

IRIS_313-10430	GINMASARI::IRGC 242-1	日本	0.35	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10437	NORIN 21::IRGC 493-1	日本	0.48	Hap1	Hap1	Hap5	Hap1
IRIS_313-10440	NAGKAYAT::IRGC 584-1	菲律宾	0.26	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10469	KINUGASAWASE::IRGC 2609-1	日本	0.27	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10558	LITCHIKIANG::IRGC 7287-1	中国	0.35	Hap1	-	Hap3	Hap2
IRIS_313-10559	FI LAI FENG::IRGC 7288-1	中国	-	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10563	SHA TIAO TSAO::IRGC 7339-1	美国	1.29	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10564	250 KUNGANI 1::IRGC 7370-1	日本	1.01	Hap1	-	Hap1	Hap1
IRIS_313-10567	AIKAWA 44::IRGC 7676-1	日本	0.64	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10568	OITA MII 120::IRGC 7696-1	日本	0.11	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10569	BEN KEL::IRGC 7769-1	日本	0.59	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10570	CHUSEI HONEN::IRGC 7777-1	日本	0.66	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10583	TSAO SIAO PEH TAO::IRGC 8265-2	中国	0.51	Hap1	Hap1	Hap5	Hap2
IRIS_313-10617	KARA SHALI::IRGC 9293-1	菲律宾	0.54	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-10618	CHINES::IRGC 9316-1	葡萄牙	0.95	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10631	SHINCHIKU IKU 97::IRGC 10429-1	中国台湾	0.77	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10642	SACHIKAZE::IRGC 10891-1	日本	0.41	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10677	DEWAMINORI::IRGC 12743-1	日本	0.55	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10837	BACK KYUNG ZO::IRGC 19698-2	韩国	0.96	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10838	SSAL BYEO::IRGC 19867-2	韩国	0.98	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10839	TAE GU NA::IRGC 19875-2	韩国	0.18	Hap1	Hap1	-	Hap1
IRIS_313-10840	YE ZO::IRGC 19888-1	韩国	0.23	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10967	IAS 22-8 PALMAR::IRGC 26058-1	巴西	0.76	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-11153	CT 45::IRGC 34027-2	印度	0.30	Hap2	Hap1	Hap5	-
IRIS_313-11155	K 113::IRGC 34107-1	印度	0.45	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11198	K 78-13::IRGC 36794-2	印度	0.55	Hap1	-	Hap3	Hap1
IRIS_313-11201	CHING HSI 15::IRGC 36852-1	中国	1.65	Hap1	-	Hap6	Hap1
IRIS_313-11202	4583::IRGC 36894-2	中国	0.41	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11246	7516-14::IRGC 40090-3	日本	0.60	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11336	IREQUIN::IRGC 44476-2	菲律宾	1.88	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-11536	WIR 2091::IRGC 57536-1	格鲁吉亚	1.49	Hap1	Hap1	Hap6	Hap1
IRIS_313-11571	BAI MANG AI ZHONG::IRGC 59408-1	中国	0.46	Hap2	Hap1	Hap3	Hap2
IRIS_313-11574	HEI TOU HONG::IRGC 59595-1	中国	0.32	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-11575	HONG PI NUO::IRGC 59638-1	中国	1.14	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11578	LUAN DAO::IRGC 59762-1	中国	0.17	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-11582	WAN GENG BAI DAO TOU::IRGC 59948-1	中国	0.26	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11584	YI SUI QI::IRGC 60088-1	中国	0.44	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2

IRIS_313-11586	36037-1::IRGC 60177-2	中国	0.58	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11651	FEI ZHAO 12::IRGC 62683-1	中国	0.50	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11652	GONG SHE 9::IRGC 62693-1	中国	0.26	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11653	MA SHE 8::IRGC 62750-1	中国	0.15	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11654	PL 3165::IRGC 62827-1	中国	0.35	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11655	SI WAN 14::IRGC 63019-1	中国	0.51	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11672	RAI MANULA::IRGC 64138-1	尼泊尔	1.89	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11689	DECHANGBYEO::IRGC 64858-1	韩国	0.37	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11702	CN 1067::IRGC 65680-1	美国	0.49	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11725	ZUIHOU::IRGC 66982-1	日本	0.28	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11800	FAN GENG 6::IRGC 70243-1	中国	-	<i>Hap1</i>	-	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11803	MAO ZHA NUO::IRGC 70335-1	中国	2.11	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11829	MUNJI::IRGC 70928-1	巴基斯坦	0.70	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11875	CHUBU 17::IRGC 72505-1	日本	0.34	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11890	C 722323::IRGC 73147-1	中国台湾	0.50	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap6</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11908	DUAN SHEN ZI::IRGC 73962-1	中国	1.15	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11973	NOINJO::IRGC 77669-1	韩国	0.48	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11981	TAICHUNG 188::IRGC 78209-1	中国台湾	0.25	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12003	GYEONGSAN 1::IRGC 79404-1	韩国	0.78	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12054	HUA 24::IRGC 82127-1	中国	0.21	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12059	LIGEN 2::IRGC 82398-1	中国	0.24	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12061	YUNLEN 13::IRGC 82402-1	中国	0.14	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12217	WEONJU 8::IRGC 90845-1	韩国	0.62	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-15904	JINBUBYEO::G1	韩国	0.07	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>

-代表缺失

- means missing

附表 2 TROP 群体中胚轴表型数据及其显著候选基因优异单倍型

Table S2 The details for mesocotyl length and superior haplotypes of significant candidate genes of the accessions from TROP population

编号	名称	来源	中胚轴长度 (cm)	<i>LOC_Os01g44130</i>	<i>LOC_Os03g50560</i>	<i>LOC_Os05g27790</i>	<i>LOC_Os11g10990</i>
Code	Name	Origin	Mesocotyl length				
B018	American Huangkedao	美国	0.42	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
B025	Djanda Mandja	印度尼西亚	1.00	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
B037	Nanoay P.A	阿根廷	1.16	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
B043	YR 83-23-11	中国	2.56	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
B053	80 A 97 YR 303-304-1-3	中国	1.45	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
B054	80050 YR 72136-43	中国	2.09	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
B189	IRAT 669	科特迪瓦	1.14	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-	-
CX106	SAL BUI BAO	越南	2.72	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
CX111	Giza 14	埃及	2.51	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap3</i>
CX113	Biniapan	中国	1.75	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap4</i>	-
CX129	MOLOK	印度尼西亚	0.47	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
CX132	AP 423	印度	1.45	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
CX214	巴西 Nuodao	巴西	1.38	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
CX220	IRAT 109	巴西	0.91	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
CX241	IAC 47	中国	2.47	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
CX243	IR 47686-6-2-1-1	菲律宾	2.15	<i>Hap2</i>	-	-	-
CX248	Kinandang Patong	菲律宾	2.05	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
CX262	IAC 3	中国	1.54	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
CX266	DINORADO	菲律宾	2.48	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap4</i>	-
CX352	BD 007	中国	0.93	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
CX355	Yunlu 102	中国	1.19	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
CX371	NERICA 1	科特迪瓦	1.22	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
CX372	NERICA 2	科特迪瓦	1.50	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
IRIS_313-7838	62667::C1	塞内加尔	2.37	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7850	BODA 148-3::GERVEX 8258-C1	马达加斯加	1.37	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7863	CIRAD 403::GERVEX 9039-C1	-	1.21	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-7866	CNA 7\BO\I\I>33-13-6-1::C1	哥伦比亚	2.14	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>
IRIS_313-7868	CT 13582-15-5-M::C1	哥伦比亚	1.52	<i>Hap1</i>	-	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7883	GANIGI::IRGC 48698-C1	印度尼西亚	2.09	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-7885	GOGO::IRGC 43390-C1	印度尼西亚	1.67	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7902	IR 63380-16::C1	菲律宾	1.54	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7907	IR 68704-145-1-1-B::C1	菲律宾	1.55	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-7909	IR 71525-19-1-1::C1	菲律宾	1.81	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap3</i>
IRIS_313-7912	IRAT 104::C1	科特迪瓦	1.99	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-7914	IRAT 112::C1	科特迪瓦	1.12	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-7922	IRAT 234::C1	-	1.37	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>

IRIS_313-7924	IRAT 335::C1	玻利维亚	1.73	-	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-7959	MITSANGANAHIJERY::GERVE	马达加斯加	2.89	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
	X 8316-C1						
IRIS_313-7992	VARY LAVA 90::GERVEX	马达加斯加	2.77	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	8254-C1						
IRIS_313-7993	VARY LAVA DE	马达加斯加	1.52	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	BETAFO::GERVEX 8381-C1						
IRIS_313-7994	VARY MADINIKA	马达加斯加	1.85	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	3566::GERVEX 8448-C1						
IRIS_313-8003	IR 47686-09-01-B-1::C1	菲律宾	3.83	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-8010	IR 71524-44-1-1::C1	菲律宾	1.87	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8044	GOLFO::GERVEX 118-C1	意大利	1.22	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-8046	PLUS::GERVEX 122-C1	意大利	4.18	Hap1	Hap1	Hap6	-
IRIS_313-8057	79 UPLA::GERVEX 154-C1	阿根廷	1.42	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8058	91 UPLA::GERVEX 155-C1	阿根廷	2.77	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8060	77 UPLA::GERVEX 159-C1	阿根廷	2.68	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8061	75 UPLA::GERVEX 161-C1	阿根廷	0.70	-	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8062	80 UPLA::GERVEX 164-C1	阿根廷	1.44	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8063	104 UPLA::GERVEX 167-C1	阿根廷	1.29	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8064	32 UPLA::GERVEX 176-C1	阿根廷	2.48	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8065	SAMBA::GERVEX 186-C1	意大利	2.59	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8072	CENTURY PATNA::GERVEX	美国	2.20	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	477-C1						
IRIS_313-8074	GOOLARAH::GERVEX 500-C1	澳大利亚	1.95	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8076	PELDE::GERVEX 502-C1	澳大利亚	1.05	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8102	BLUE BONNET::GERVEX	美国	2.97	Hap1	Hap1	Hap3	-
	669-C1						
IRIS_313-8173	A 201::GERVEX 1638-C1	美国	1.89	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8180	DELLMONT::GERVEX 1647-C1	美国	1.55	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8183	DREW::GERVEX 1650-C1	美国	3.56	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8185	GLADIO::GERVEX 1652-C1	意大利	1.34	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8186	JACINTO::GERVEX 1653-C1	美国	1.01	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8192	L 205::GERVEX 1659-C1	美国	2.11	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8193	LACASSINE::GERVEX 1660-C1	美国	1.92	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8202	REXMONT::GERVEX 1669-C1	美国	0.93	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8209	ALEXANDROS::GERVEX	希腊	1.95	Hap1	Hap1	Hap1	-
	1678-C1						
IRIS_313-8213	GRAAL::GERVEX 1682-C1	法国	1.52	Hap1	Hap1	Hap6	Hap1
IRIS_313-8232	IR 62266-42-6-2::IRGC 117397-1	菲律宾	2.30	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-8277	K 2 C 14::IRGC 68549-1	科特迪瓦	2.19	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8279	SAWAH::IRGC 71612-1	马来西亚	2.81	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8285	KATY::IRGC 77140-1	美国	2.02	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8314	BEUREUM MEULIT::IRGC	印度尼西亚	0.85	Hap1	Hap1	Hap4	-
	35563-1						

IRIS_313-8339	BOND::IRGC 66755-1	美国	1.96	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8356	BLICCA::IRGC 47151-1	菲律宾	2.61	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-8381	PURAK SIRIBA::IRGC 71598-1	马来西亚	2.27	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8400	RIKUTO NORIN MOCHI	日本	0.74	Hap1	Hap1	Hap3	Hap2
	20::IRGC 410-1						
IRIS_313-8431	BOCAO::IRGC 50384-1	菲律宾	2.32	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-8434	TEBONNET::IRGC 66760-1	美国	1.98	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8439	KENDINGA 5 (H)::IRGC	马来西亚	2.24	Hap1	Hap1	Hap1	-
	60310-1						
IRIS_313-8523	OS 4::IRGC 11335-1	-	1.24	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-8572	ONROY::IRGC 55418-1	菲律宾	3.44	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-8626	BANJANG::IRGC 44069-1	马来西亚	2.72	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8627	PRELUDE::IRGC 1790-1	美国	2.03	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-8694	TRES MESES::IRGC 6464-1	巴西	1.83	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8745	SD 120 SELN (CI 12320)::IRGC	海地	2.33	Hap1	Hap1	Hap1	-
	1667-1						
IRIS_313-8768	MOROFIN::IRGC 56698-1	科特迪瓦	1.68	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8769	KOSAGI::IRGC 57692-1	-	1.81	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-8778	SUP BLUE ROSE::IRGC 1739-1	美国	0.54	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-8803	TEXAS PATNA::IRGC 1797-1	美国	1.98	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8865	PADI SEPAH::IRGC 48803-1	印度尼西亚	2.96	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8876	DELITUS::IRGC 5769-1	法国	1.44	Hap1	Hap1	Hap5	Hap2
IRIS_313-8894	LEKATAN::IRGC 71554-1	马来西亚	1.70	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-8923	CALIFORNIA BELLE::IRGC	美国	2.10	Hap1	Hap1	Hap1	-
	66836-1						
IRIS_313-8955	LASAT PUTIH::IRGC 44076-1	马来西亚	1.60	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8960	BLUEBONNET::IRGC 1799-1	美国	2.65	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-8976	SKY BONNET::IRGC 66759-1	美国	2.14	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9050	ANGKARONG::IRGC 71493-1	马来西亚	3.48	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9129	LAYANDABU::IRGC 25214-1	印度尼西亚	4.01	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9201	ARC 6044::IRGC 12190-1	印度	1.45	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-9239	RIMBUN::IRGC 43741-1	印度尼西亚	3.27	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9267	CHIRGUA 1 I 22::IRGC 3408-1	-	1.79	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9297	KORR::IRGC 30751-1	-	2.11	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-9301	KETAN DONGGO::IRGC	印度尼西亚	1.17	Hap1	Hap1	Hap2	-
	54201-1						
IRIS_313-9363	MAYBELLE::IRGC 78629-1	美国	3.78	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9375	PULUTAN::IRGC 71596-1	马来西亚	2.95	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-9389	KINANDANG BUSIKSIK::IRGC	菲律宾	1.72	Hap1	Hap1	Hap6	Hap2
	74607-1						
IRIS_313-9405	INGSA BELANAK::IRGC	印度尼西亚	1.16	Hap1	Hap1	Hap2	-
	43402-1						
IRIS_313-9423	AGUYOD::IRGC 67423-1	菲律宾	3.09	Hap1	Hap1	Hap4	Hap1
IRIS_313-9452	B 505 A 1-28-7-1-2::IRGC 6741-1	美国	3.84	Hap1	Hap1	Hap1	-

IRIS_313-9470	SAHULO FACHE SOYO::IRGC	印度尼西亚	1.80	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
	66630-1						
IRIS_313-9491	BLUE BELLE::IRGC 51125-1	美国	4.38	Hap1	-	Hap1	-
IRIS_313-9519	WANICA::IRGC 3394-1	-	2.06	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9550	VEGOLD::IRGC 7756-1	美国	2.16	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9558	LIMBAYAN::IRGC 71556-1	马来西亚	2.63	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9568	PAMPANGON (H)::IRGC	马来西亚	2.87	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
	60392-1						
IRIS_313-9616	INITLOG DALAG::IRGC	菲律宾	2.08	Hap1	Hap1	Hap5	Hap2
	67436-1						
IRIS_313-9691	SIFARASI::IRGC 66644-1	印度尼西亚	3.15	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-9742	LOHAMBITRO::IRGC 69857-1	马达加斯加	2.79	Hap1	Hap1	-	Hap1
IRIS_313-9745	VARY MALADY::IRGC 69911-1	马达加斯加	1.54	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-9789	RIKUTO TAUKE MOCHI	日本	0.78	Hap1	Hap1	-	Hap2
	27::IRGC 5726-1						
IRIS_313-9800	KAHEL::IRGC 7691-1	日本	3.30	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-9851	GOGOWIERIE::IRGC 14791-1	-	1.14	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-9897	BIKYAT::IRGC 26276-1	菲律宾	4.23	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-9928	DEO KITAN::IRGC 47197-1	菲律宾	0.84	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-9929	GOBYERNO::IRGC 47216-1	菲律宾	3.41	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-9949	PANNITHI::IRGC 51049-1	斯里兰卡	0.21	Hap1	Hap1	Hap4	Hap4
IRIS_313-9995	NONGLIMNA 1::IRGC 58347-1	韩国	2.49	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10041	BOTOHAVANA MENA::IRGC	马达加斯加	3.31	Hap1	Hap1	Hap3	-
	69349-1						
IRIS_313-10051	TSIVIMBININA::IRGC 69890-1	马达加斯加	2.24	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-10062	REA::IRGC 73031-1	希腊	1.78	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10065	JAERAERYUKDO::IRGC	韩国	0.73	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	73053-1						
IRIS_313-10067	JEONBUKGUNGWEONNA::IR	韩国	0.98	Hap2	Hap1	Hap1	Hap2
	GC 73055-1						
IRIS_313-10071	CHIYODA WASE::IRGC 74467-1	日本	0.89	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10073	OWARI MOCHI::IRGC 74513-1	日本	0.64	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10074	RIKU AIKOKU::IRGC 74514-1	日本	0.39	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10075	SANGOKU::IRGC 74518-1	日本	0.99	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10076	SHINA MOCHI::IRGC 74523-1	日本	0.59	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10078	YOSHINO MOCHI::IRGC	日本	0.74	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	74550-1						
IRIS_313-10079	DANGO MOCHI::IRGC 74551-1	日本	0.52	Hap1	Hap1	Hap5	Hap2
IRIS_313-10080	HIRAKAWA OKUTE::IRGC	日本	NA	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	74554-1						
IRIS_313-10082	KYUUSHUU::IRGC 74558-1	日本	0.78	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10094	GAWICHAL::IRGC 77653-1	韩国	0.86	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10099	MANONGAZATO::IRGC	马达加斯加	1.38	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
	77876-1						

IRIS_313-10152	KETAN MENAH::IRGC 48733-1	印度尼西亚	3.09	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-10327	CAROLINO BLANCO::IRGC 117249-1	-	1.50	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-10444	FORTUNA COLORADO::IRGC 703-1	-	2.82	Hap2	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10485	CATIBOS::IRGC 3762-1	菲律宾	1.79	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10489	MOROPOTOL::IRGC 3909-1	菲律宾	2.37	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-10507	HSIANG TSENF TAO::IRGC 5008-1	中国台湾	0.64	Hap1	Hap2	Hap1	Hap2
IRIS_313-10541	IACA ESCURO::IRGC 6636-1	-	1.01	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-10552	RL GOPHER::IRGC 6934-2	美国	1.26	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10577	IFUGAO RICE::IRGC 8052-1	菲律宾	1.36	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-10578	PARAY QIKUG KABAYUH::IRGC 8059-1	菲律宾	1.25	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-10580	PARAY KINARABAW::IRGC 8083-1	菲律宾	1.15	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10581	P PEY SIQAT::IRGC 8129-1	菲律宾	2.91	Hap1	Hap1	Hap6	-
IRIS_313-10582	QINOGNAS::IRGC 8135-1	菲律宾	1.40	Hap2	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10619	BICCO BRANCO::IRGC 9478-1	巴西	1.95	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10620	R 27::IRGC 9498-1	巴西	1.04	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10644	BUSIYETAN::IRGC 11205-1	菲律宾	2.25	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10645	LENKIBE-N::IRGC 11216-1	菲律宾	1.46	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10649	RACION 1::IRGC 11340-1	菲律宾	0.76	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10689	SIKEP BATU::IRGC 13514-2	印度尼西亚	0.57	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10693	SEREH::IRGC 13732-2	印度尼西亚	0.73	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10703	PADI ADONG DUMARAT::IRGC 14356-1	马来西亚	2.41	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10704	PADI DARAWAL::IRGC 14373-1	马来西亚	2.38	Hap1	Hap1	Hap6	Hap2
IRIS_313-10708	B 6311 A 5553-16-2::IRGC 14541-1	美国	3.13	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10710	PINDE GOGO WIERIE::IRGC 14795-2	-	0.56	Hap1	Hap1	Hap1	Hap3
IRIS_313-10711	7 AC::IRGC 14860-2	-	1.07	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-10712	KOTO OURA S 5::IRGC 15155-1	科特迪瓦	1.75	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10722	GODAWEL::IRGC 15750-1	斯里兰卡	1.27	Hap1	Hap2	Hap1	-
IRIS_313-10730	NANIBRE::IRGC 16102-2	科特迪瓦	1.49	Hap1	Hap1	Hap4	Hap4
IRIS_313-10740	KETAN PAPAHA AREN::IRGC 16467-1	印度尼西亚	1.20	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10741	KETAN PELERN::IRGC 16468-1	印度尼西亚	0.97	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10743	SERAJU::IRGC 16565-1	印度尼西亚	1.73	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10744	SIPON::IRGC 16570-1	印度尼西亚	2.10	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10745	SLOBOK::IRGC 16571-1	印度尼西亚	1.35	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10747	TJOKRON::IRGC 16653-2	印度尼西亚	2.32	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10752	O. SATIVA::IRGC 16898-1	美国	2.84	Hap1	Hap1	Hap1	-

IRIS_313-10758	AEN METAN::IRGC 17142-1	印度尼西亚	2.34	Hap1	Hap1	Hap2	Hap4
IRIS_313-10759	ANDEL::IRGC 17153-2	印度尼西亚	1.96	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10761	BALIK SEMAH::IRGC 17201-2	印度尼西亚	0.51	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10765	CERE KAWAT::IRGC 17401-2	印度尼西亚	NA	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10766	DJALAWARA::IRGC 17471-1	印度尼西亚	0.65	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-10767	DJANGGOT::IRGC 17491-2	印度尼西亚	NA	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10770	GANDAMANA::IRGC 17593-2	印度尼西亚	0.42	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10773	HAWARA DJEDAH::IRGC	印度尼西亚	0.55	Hap1	Hap1	Hap2	-
17728-1							
IRIS_313-10776	KABADOKA::IRGC 17775-2	印度尼西亚	3.27	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10780	KETAN LALER::IRGC 17897-1	印度尼西亚	0.85	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10781	KETAN MLANTING::IRGC	印度尼西亚	0.35	Hap1	Hap1	Hap7	-
17916-1							
IRIS_313-10783	KETAN OSOG::IRGC 17929-1	印度尼西亚	0.57	Hap1	Hap1	Hap2	Hap4
IRIS_313-10784	KETAN SAPI::IRGC 17954-2	印度尼西亚	0.61	Hap1	Hap1	-	Hap1
IRIS_313-10785	KETAN SLAWI::IRGC 17963-1	印度尼西亚	2.31	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10788	LEMUNGSIR::IRGC 18116-3	印度尼西亚	0.88	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10789	LENGGANG GENUK	印度尼西亚	0.96	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
BULU::IRGC 18119-1							
IRIS_313-10793	MELIK::IRGC 18238-2	印度尼西亚	0.76	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10794	MENDUNGAN::IRGC 18245-1	印度尼西亚	2.16	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10795	MLATI::IRGC 18278-1	印度尼西亚	2.60	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-10796	MOLOG::IRGC 18282-1	印度尼西亚	1.72	Hap1	-	Hap7	-
IRIS_313-10798	NOGO BELE 2::IRGC 18328-2	印度尼西亚	1.48	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10799	PAE ONGGA::IRGC 18418-1	印度尼西亚	3.30	Hap1	Hap1	Hap5	Hap1
IRIS_313-10800	PALOTAN MELATI::IRGC	印度尼西亚	0.71	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
18426-2							
IRIS_313-10801	PARE BUWUN::IRGC 18456-2	印度尼西亚	2.20	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10805	PULO::IRGC 18519-1	印度尼西亚	0.51	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10808	RANTE::IRGC 18608-2	印度尼西亚	0.67	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-10809	SAMPANG KUNING::IRGC	印度尼西亚	0.43	Hap1	-	Hap2	Hap1
18678-2							
IRIS_313-10816	SIDJERO GUNDIL::IRGC	印度尼西亚	2.92	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
18829-2							
IRIS_313-10817	SLAMET::IRGC 18900-3	印度尼西亚	1.01	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10827	BINARITOS::IRGC 19391-1	菲律宾	1.79	Hap1	Hap1	Hap4	Hap2
IRIS_313-10828	IKOGAN::IRGC 19412-1	菲律宾	2.30	Hap1	-	Hap2	-
IRIS_313-10829	INAMBOG::IRGC 19415-1	菲律宾	2.08	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10830	INAPORAONAN::IRGC 19418-1	菲律宾	3.04	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10831	MALANDI 2::IRGC 19454-2	菲律宾	1.27	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10832	MALASAY::IRGC 19456-1	菲律宾	3.55	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-10841	KETAN NANGKA::IRGC	印度尼西亚	0.67	Hap1	Hap1	Hap2	-
19961-2							
IRIS_313-10918	T Q QI QINYUHAYUHA::IRGC	菲律宾	0.76	Hap1	Hap1	-	Hap3

23342-3							
IRIS_313-10919	PINIDWA QAN QIPUGO	菲律宾	0.69	Hap1	Hap1	Hap4	-
PINGKITAN::IRGC 23359-1							
IRIS_313-10920	PINIDWA QAN QIPUGO	菲律宾	0.86	Hap1	-	Hap4	-
QELEK::IRGC 23360-1							
IRIS_313-10931	PAKWALAN::IRGC 24156-1	菲律宾	1.33	Hap1	Hap1	Hap4	Hap4
IRIS_313-10936	KETAN GUNDIL::IRGC 24568-1	印度尼西亚	0.98	Hap1	Hap1	Hap4	Hap1
IRIS_313-10945	BULAK::IRGC 24884-1	印度尼西亚	0.52	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10946	MANGGE::IRGC 25019-1	印度尼西亚	2.93	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10949	TEKALAK::IRGC 25154-1	印度尼西亚	2.93	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10950	ASE PULU BOLONG::IRGC	印度尼西亚	0.91	Hap1	Hap1	Hap6	-
25171-1							
IRIS_313-10952	KILANG MEDU::IRGC 25442-1	印度尼西亚	2.05	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10953	PADI ABUNG KUNING::IRGC	印度尼西亚	1.87	Hap1	Hap1	Hap1	Hap4
25469-1							
IRIS_313-10956	PUTUS TOLO::IRGC 25636-2	印度尼西亚	0.48	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10957	RANGKAI KEPEL::IRGC	印度尼西亚	2.67	Hap1	Hap1	Hap2	-
25640-1							
IRIS_313-10958	RENIK BELITI::IRGC 25648-1	印度尼西亚	1.45	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-10959	SITABO TABO::IRGC 25798-1	印度尼西亚	2.48	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-10960	SUNGKAI::IRGC 25812-1	印度尼西亚	3.14	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-10991	GINATOS::IRGC 26876-1	菲律宾	3.36	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-10992	PILIT TAPUL::IRGC 26887-1	菲律宾	0.70	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-10993	LANNAB::IRGC 26936-2	菲律宾	0.76	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-10994	PANGETAN::IRGC 26942-3	菲律宾	0.43	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-10999	LANDEO::IRGC 27164-1	印度尼西亚	1.86	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11001	PAEDAI SOBUDI::IRGC 27222-1	印度尼西亚	1.55	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-11003	PAE MEETO::IRGC 27254-1	印度尼西亚	2.84	Hap1	Hap1	Hap2	Hap3
IRIS_313-11004	PAE SANGGULA::IRGC 27297-1	印度尼西亚	3.26	Hap1	Hap1	Hap3	Hap1
IRIS_313-11005	PULU LOTONG::IRGC 27380-2	印度尼西亚	0.69	Hap1	Hap1	Hap5	-
IRIS_313-11007	PULUT BONGO::IRGC 27397-2	印度尼西亚	0.40	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11008	PULUT CENRANA::IRGC	印度尼西亚	1.42	Hap1	Hap1	-	-
27400-2							
IRIS_313-11009	PULUT HALAPA::IRGC 27403-1	印度尼西亚	1.67	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11044	BUKU::IRGC 28683-2	马来西亚	0.96	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11103	D 1-147::IRGC 30894-2	利比里亚	1.47	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11104	D 3-102::IRGC 30972-1	利比里亚	1.51	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-11105	D 3-130::IRGC 30986-2	利比里亚	1.30	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-11106	D 4-193::IRGC 31083-2	利比里亚	2.01	Hap1	-	Hap5	-
IRIS_313-11107	ZANTON::IRGC 31248-1	利比里亚	1.61	Hap1	-	Hap5	-
IRIS_313-11109	B 106::IRGC 31352-1	利比里亚	1.84	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11117	KAYELI KUNING::IRGC	印度尼西亚	2.92	Hap1	Hap1	Hap3	-
31974-1							
IRIS_313-11121	GBRA::IRGC 32474-2	利比里亚	0.54	Hap1	-	Hap3	-

IRIS_313-11159	HYB 5-2-1-1-4::IRGC 34283-2	科特迪瓦	0.54	Hap1	-	Hap3	-
IRIS_313-11161	SADU::IRGC 34514-2	利比里亚	2.09	Hap1	Hap1	Hap6	-
IRIS_313-11248	NIAW KHAMIN::IRGC 40222-1	泰国	2.18	Hap1	Hap1	Hap7	-
IRIS_313-11311	CICIH KAPUK::IRGC 43377-3	印度尼西亚	0.89	-	Hap1	Hap7	-
IRIS_313-11313	PADI RENDAH::IRGC 43515-1	印度尼西亚	2.34	Hap1	-	Hap1	-
IRIS_313-11314	PELAU::IRGC 43538-2	印度尼西亚	0.76	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11328	PADI BURIH::IRGC 44081-1	马来西亚	2.12	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-11329	PADI JALAI BELA::IRGC 44084-1	马来西亚	1.89	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11337	LAWA AN::IRGC 44544-2	菲律宾	1.94	Hap1	-	Hap1	-
IRIS_313-11340	MINANOK::IRGC 44637-2	菲律宾	2.34	-	Hap1	Hap7	-
IRIS_313-11376	TOS 7536::IRGC 46985-2	科特迪瓦	1.57	Hap1	Hap1	Hap4	-
IRIS_313-11379	CADIDIT (GLUT)::IRGC 47161-1	菲律宾	2.57	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11380	CA ONG (WHITE)::IRGC 47174-1	菲律宾	2.49	Hap2	-	Hap3	-
IRIS_313-11396	MAS::IRGC 48758-1	印度尼西亚	1.71	Hap1	-	Hap3	-
IRIS_313-11397	TAMBU::IRGC 48932-1	印度尼西亚	3.00	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11424	SINAPLED::IRGC 50402-1	菲律宾	3.38	Hap1	Hap1	-	-
IRIS_313-11426	CHATAO::IRGC 50456-1	巴西	1.47	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11427	GEM OU 巴西::IRGC 50470-1	巴西	2.03	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-11428	MARANHAO BRANCO::IRGC 50503-1	巴西	1.41	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11429	MIUDO ROXO::IRGC 50517-1	巴西	1.40	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11434	FORTUNA BLANCO (SAN MARCOS)::IRGC 50764-1	哥伦比亚	2.08	Hap1	Hap1	Hap3	Hap2
IRIS_313-11435	MONMINEUPLEU::IRGC 50873-1	科特迪瓦	1.07	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-11436	SAKAZELE (538)::IRGC 50880-1	科特迪瓦	1.04	Hap1	Hap1	Hap1	Hap2
IRIS_313-11439	NIRA PRIETO::IRGC 51145-1	古巴	2.30	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11441	NALA::IRGC 51247-1	菲律宾	0.82	Hap2	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-11464	CARAWI::IRGC 52887-1	菲律宾	1.33	Hap1	Hap1	Hap1	-
IRIS_313-11465	DINORADO::IRGC 52893-1	菲律宾	1.03	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-11473	KINTOMAN (TOD DOY)::IRGC 53146-1	菲律宾	0.81	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2
IRIS_313-11479	VANKALI::IRGC 53339-1	印度	1.60	Hap1	Hap1	Hap2	Hap1
IRIS_313-11495	ANENOE::IRGC 54140-1	印度尼西亚	3.82	Hap1	Hap1	Hap1	Hap1
IRIS_313-11496	BALU PRIA::IRGC 54158-1	印度尼西亚	0.83	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11498	PADI HEDENG (REKET HEDENG)::IRGC 54266-1	印度尼西亚	1.08	Hap1	Hap1	Hap2	-
IRIS_313-11499	PADI UDANG::IRGC 54295-1	印度尼西亚	4.04	Hap1	Hap1	Hap3	-
IRIS_313-11511	WAGASAN (RED)::IRGC 55404-1	菲律宾	2.62	Hap1	Hap1	Hap2	Hap2

IRIS_313-11524	KOUINONEPOU::IRGC 56663-1	科特迪瓦	1.22	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11526	FOSSA (GBE)::IRGC 56767-1	科特迪瓦	1.66	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-11527	GOLO::IRGC 56856-1	科特迪瓦	1.95	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-11537	J 6 IR 438 (WC 694)::IRGC 57599-1	菲律宾	0.80	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-11539	SP 6 (WC 836)::IRGC 57602-1	美国	1.60	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap4</i>
IRIS_313-11540	PATIE ROUGE::IRGC 57686-1	-	2.20	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap4</i>	-
IRIS_313-11611	YAH YAW::IRGC 61359-1	泰国	3.47	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
IRIS_313-11658	MANYALOJOPOIHUN::IRGC 63350-1	-	2.08	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11659	TOBOHUN::IRGC 63433-1	-	1.85	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11660	WULE DASIMA::IRGC 63450-1	利比里亚	1.44	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11673	BURI BURING::IRGC 64174-1	菲律宾	2.06	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
IRIS_313-11736	MALAGKIT (PINELIPE)::IRGC 67444-1	菲律宾	4.09	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11739	NAKPUI::IRGC 67594-1	-	1.14	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11755	A 2-257::IRGC 68342-1	利比里亚	1.42	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11756	BENGALI VAKAHANA 1448::IRGC 68370-1	马达加斯加	0.72	-	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11759	K 2 C 45::IRGC 68552-1	科特迪瓦	1.11	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11790	VARIRANGAHY::IRGC 69897-1	马达加斯加	0.44	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11792	VONBOANGY::IRGC 69947-1	马达加斯加	0.96	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11851	DUNAAL::IRGC 71842-1	菲律宾	1.57	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap4</i>	-
IRIS_313-11903	KOMPIT::IRGC 73716-1	印度尼西亚	1.48	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
IRIS_313-11906	SULUS BALOK::IRGC 73862-1	印度尼西亚	2.15	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11907	TINAROH::IRGC 73874-1	印度尼西亚	1.39	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11913	BUAGKOG::IRGC 74318-1	菲律宾	0.94	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11915	IB 95::IRGC 74677-1	-	1.18	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-11928	DAYRON MARANGRAS::IRGC 75209-1	菲律宾	3.63	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11929	GILINGAN MARANGRAS::IRGC 75213-1	菲律宾	2.88	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11970	BUNTU DOMBA 1::IRGC 77554-1	印度尼西亚	4.26	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-11971	PARE LAMBAN BINGKA::IRGC 77601-1	印度尼西亚	1.63	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
IRIS_313-11995	PINUTYUKAN::IRGC 78995-1	菲律宾	2.74	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
IRIS_313-12006	PADI HANGIR::IRGC 79507-1	马来西亚	1.59	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12018	FRENSI GBOI::IRGC 79983-1	-	1.23	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-12021	ITA 131::IRGC 80025-1	-	1.44	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
IRIS_313-12031	P T Q QINDONAAL::IRGC 80410-1	菲律宾	1.25	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12051	TINOLDO MARANGRAS::IRGC 81758-1	菲律宾	1.52	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-

IRIS_313-12068	PULUT KETAN::IRGC 82674-2	印度尼西亚	0.81	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	-
IRIS_313-12069	PULUT MAS::IRGC 82676-1	印度尼西亚	2.47	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-12070	BABELIONG::IRGC 82688-1	马来西亚	2.74	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12073	KASIGNAYAN::IRGC 82788-1	菲律宾	2.01	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12144	GINAYANGGANG::IRGC	菲律宾	1.80	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>
87131-1							
IRIS_313-12241	SEMENDANG::IRGC 93633-1	印度尼西亚	2.31	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12244	PINAHULA::IRGC 93937-1	菲律宾	3.26	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
IRIS_313-12271	BATIBATIKAN::IRGC 96098-1	菲律宾	1.11	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-12272	MALAGKIT (ITIM)::IRGC	菲律宾	2.76	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
96124-1							
IRIS_313-12279	RAMADITRA::IRGC 97124-1	马达加斯加	1.22	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>
IRIS_313-12281	SALAZANA::IRGC 97219-1	马达加斯加	2.00	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap2</i>	<i>Hap1</i>
IRIS_313-12285	PADI MIAT (KECIL)::IRGC	马来西亚	3.63	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	<i>Hap1</i>
97366-1							
IRIS_313-15905	WAB 56-125::IRTP 19771-G1	科特迪瓦	1.69	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap3</i>	-
IRIS_313-15907	INIA TACUARI::G1	乌干达	1.00	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-
IRIS_313-15910	CYPRESS::IRTP 19532-G1	美国	1.68	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	<i>Hap1</i>	-

-代表缺失

- means missing

附表 3 显著关联候选基因外显子 SNP 信息

Table S3 The SNP located on the exon of candidate gene for associated loci

候选基因	染色体	位置(bp)	参考等位基因	变异等位基因	优势等位基因	最小等位基因频率	缺失率
Candidate gene	Chromosome	Position	Reference allele	Alternate allele	Major allele	Minor allele frequency	Missing mate
<i>LOC_Os05g27790</i>	5	16184221	C	A	C	0.25	0.10
	5	16186503	G	C	G	0.36	0.15
	5	16186645	G	A	G	0.18	0.12
	5	16186717	G	A	G	0.15	0.08
<i>LOC_Os03g50560</i>	3	28869065	T	C	T	0.09	0.00
	3	28869142	A	C	A	0.27	0.00
	3	28869254	C	T	C	0.09	0.00
	3	28872939	C	A	C	0.25	0.01
	3	28872976	T	C	T	0.02	0.12
	3	28872979	T	C	T	0.02	0.12
	3	28872981	C	G	C	0.08	0.10
	3	28873001	G	A	G	0.27	0.00
	3	28873033	A	C	A	0.27	0.00
	3	28873080	A	G	A	0.04	0.02
	3	28873084	G	T	G	0.20	0.02
	3	28873097	G	A	G	0.25	0.02
	3	28873180	A	C	A	0.24	0.02
	3	28873184	A	C	A	0.17	0.02
	3	28873198	A	G	A	0.23	0.02
	3	28873229	T	G	T	0.08	0.09
	3	28873240	C	T	C	0.03	0.12
<i>LOC_Os01g44130</i>	1	25291550	T	A	A	0.47	0.00
	1	25291856	G	T	G	0.04	0.00
<i>LOC_Os10g20860</i>	10	10570877	T	A	A	0.50	0.05
	10	10570891	G	A	G	0.04	0.12
	10	10570893	T	A	A	0.29	0.13
	10	10570895	G	A	G	0.04	0.13
	10	10570918	G	A	G	0.02	0.16
	10	10570936	A	G	G	0.31	0.16
	10	10571002	A	G	G	0.31	0.17
	10	10571050	G	A	A	0.28	0.17
	10	10571052	A	G	G	0.27	0.16
	10	10573737	A	T	T	0.27	0.17
	10	10573846	G	C	G	0.02	0.17
	10	10573901	C	A	A	0.27	0.17
	10	10573976	A	T	T	0.27	0.17
<i>LOC_Os11g10990</i>	11	6065152	C	T	C	0.06	0.00
	11	6065236	T	C	C	0.49	0.00
	11	6065257	A	C	A	0.21	0.00
	11	6065307	A	G	A	0.02	0.00

11	6065314	T	G	T	0.21	0.00
11	6065317	T	C	T	0.21	0.00
11	6065327	C	A	C	0.01	0.00
11	6065439	C	G	C	0.22	0.00
11	6065478	G	A	G	0.21	0.00
11	6065648	G	T	G	0.07	0.00
11	6065891	C	A	C	0.21	0.00
11	6065915	G	T	G	0.21	0.00
11	6065930	T	C	T	0.21	0.00
11	6065939	C	T	C	0.04	0.00
11	6066404	C	T	C	0.26	0.04
11	6066449	C	T	C	0.03	0.03
11	6066553	C	A	C	0.26	0.07
11	6066560	G	A	G	0.23	0.08
11	6066568	T	C	T	0.20	0.10
11	6066609	G	A	G	0.26	0.12
11	6066649	G	A	G	0.04	0.09
11	6066727	C	G	C	0.04	0.08
11	6066728	G	C	G	0.03	0.08
11	6066729	A	C	A	0.02	0.08
11	6066741	G	A	G	0.02	0.13
11	6066742	C	G	C	0.02	0.13
11	6066744	T	A	T	0.02	0.13
11	6066748	T	C	T	0.02	0.13
11	6066773	C	G	C	0.03	0.13
11	6066774	G	A	G	0.03	0.13
11	6066784	C	T	C	0.02	0.11
11	6066791	T	G	T	0.03	0.11
11	6066795	G	T	G	0.04	0.10

表 4 显著关联候选基因在 TROP 和 TEMP 群体中单倍型信息

Table S4 The haplotype for the significant candidate gene in TROP and TEMP population

候选基因	染色体	物理位置							
Candidate gene	Chromosome	(Mb)	Hap-1	Hap-2	Hap-3	Hap-4	Hap-5	Hap-6	Hap-7
		Position							
<i>LOC_Os01g44130</i>	1	25291550	T	W	-	-	-	-	-
	1	25291856	G	G	-	-	-	-	-
<i>LOC_Os03g50560</i>	3	28869065	T	T	-	-	-	-	-
	3	28869142	A	A	-	-	-	-	-
	3	28869254	C	C	-	-	-	-	-
	3	28872939	C	C	-	-	-	-	-
	3	28872976	T	T	-	-	-	-	-
	3	28872979	T	T	-	-	-	-	-
	3	28872981	C	C	-	-	-	-	-
	3	28873001	G	G	-	-	-	-	-
	3	28873033	A	A	-	-	-	-	-
	3	28873080	A	A	-	-	-	-	-
	3	28873084	G	G	-	-	-	-	-
	3	28873097	G	G	-	-	-	-	-
	3	28873180	A	A	-	-	-	-	-
	3	28873184	A	A	-	-	-	-	-
	3	28873198	A	A	-	-	-	-	-
	3	28873229	T	T	-	-	-	-	-
	3	28873240	C	Y	-	-	-	-	-
<i>LOC_Os05g27790</i>	5	16184221	C	A	C	A	C	C	A
	5	16186503	G	C	G	C	G	G	C
	5	16186645	G	A	-	-	G	-	A
	5	16186717	G	A	G	A	-	-	-
<i>LOC_Os10g20860</i>	10	10570877	T	T	-	T	T	-	-
	10	10570891	G	G	-	G	G	-	-
	10	10570893	T	T	-	T	A	-	-
	10	10570895	G	A	-	G	G	-	-
	10	10570918	G	G	-	G	-	-	-
	10	10570936	A	A	-	A	-	-	-
	10	10571002	A	A	-	A	-	-	-
	10	10571050	G	A	-	G	-	-	-
	10	10571052	A	G	-	A	-	-	-
	10	10573737	A	T	-	T	-	-	-
	10	10573846	G	C	-	C	-	-	-
	10	10573901	C	A	-	A	-	-	-
<i>LOC_Os11g10990</i>	10	10573976	A	T	-	T	-	-	-
	11	6065152	C	T	C	C	-	-	-

11	6065236	T	T	C	T	-	-	-
11	6065257	A	A	A	A	-	-	-
11	6065307	A	A	A	A	-	-	-
11	6065314	T	T	T	T	-	-	-
11	6065317	T	T	T	T	-	-	-
11	6065327	C	C	C	C	-	-	-
11	6065439	C	C	C	C	-	-	-
11	6065478	G	G	G	G	-	-	-
11	6065648	G	G	G	G	-	-	-
11	6065891	C	C	C	C	-	-	-
11	6065915	G	G	G	G	-	-	-
11	6065930	T	T	T	T	-	-	-
11	6065939	C	C	C	C	-	-	-
11	6066404	C	C	C	C	-	-	-
11	6066449	C	C	C	C	-	-	-
11	6066553	C	C	C	C	-	-	-
11	6066560	G	G	G	G	-	-	-
11	6066568	T	T	T	T	-	-	-
11	6066609	G	G	G	G	-	-	-
11	6066649	G	G	G	-	-	-	-
11	6066727	C	C	C	C	-	-	-
11	6066728	G	G	G	G	-	-	-
11	6066729	A	A	A	A	-	-	-
11	6066741	G	G	G	G	-	-	-
11	6066742	C	C	C	C	-	-	-
11	6066744	T	T	T	T	-	-	-
11	6066748	T	T	T	T	-	-	-
11	6066773	C	C	C	C	-	-	-
11	6066774	G	G	G	G	-	-	-
11	6066784	C	C	C	C	-	-	-
11	6066791	T	T	T	T	-	-	-
11	6066795	G	G	G	G	-	-	-

"-" 代表无该单倍型

“-” means no such haplotypes