

水稻进化,有多少不为人知的秘密



北京时间 4 月 26 日凌晨,国际顶级期刊《自然》在线发表了“绿色超级稻项目”首席科学家、中国农业科学院作物科学研究所黎志康博士等人完成的最新成果,剖析了水稻核心种质的基因组遗传多样性,让我们对水稻的起源、基因、分类和进化规律,有了全新和更深入的认知。

这项成果是“全球 3000 份水稻核心种质资源重测序计划”所取得的新进展,它夺回了中国对水稻命名的部分话语权,恢复了历史真实。

■田地

水稻命名：恢复历史真实

1928 年,日本学者加藤茂范通过杂交等手段发现了籼稻和粳稻的区别。当时,加藤把籼稻称为“印度型”,把日本栽培极广的粳稻称为“日本型”。自此,籼稻和粳稻在国际上就一直沿用“印度型”和“日本型”命名至今。

然而,中国科学家对代表了全球水稻种质约 95%多样性的核心种质的 3010 株水稻基因组研究表明,这种命名并不符合实际情况,也不利于深入了解水稻的栽培历史和机理,对全球的粮食安全更难起到真正的促进作用。

中国研究人员把过去研究的水稻品种由传统的 5 个群体增加到 9 个,分别是东亚(中国)的籼稻、南亚的籼稻、东南亚的籼稻和现代籼稻品种等 4 个籼稻群体,东南亚的温带粳稻、热带粳稻、亚热带粳稻等 3 个粳稻群体,以及来自印度和孟加拉的 Aus 和香稻。

根据研究结果,中国研究人员首次提出,水稻的籼、粳亚种是独立和多地起源的,要求恢复使用籼、粳亚种的正确命名。所谓恢复是指,中国人早在 2000 多年前的汉代就已提出籼、粳稻的分类和命名。尽管这一正名受到加藤茂范等人过去命名的制约,但科研结果更能说服重视证据的《自然》编辑及文章审稿人。也因此,这一颠倒的历史终于得到学术(科学)界的正名,也为未来的国际社会正名奠定了基础。

水稻亚种起源：独立多地

中国研究人员对水稻起源研究的结果提出了一个更为重要的假说,即水稻的籼、粳亚种是多地起源的。

如同人类起源一直有着一地(非洲)起源和多地区起源的争论一样,水稻的起源也一直存在一地(中国)和多地区起源的争论。解决这种争论当然要靠科学研究的证据,而科学的证据主要在于实物(化石)和基因组两类缺一不可的共同证明。

在实物证据上,水稻的中国起源说一直不断有证据涌现。研究人员也确

认,水稻的起源和驯化是在中国的长江中下游地区。水稻在中国推广种植后,很快传到东亚近邻国家。大约在 3000 多年前的殷周之交,中国水稻北传至朝鲜、日本,南传至越南。到了汉代,中国粳稻传到菲律宾。公元 5 世纪,水稻经伊朗传到西亚,然后经非洲传到欧洲、美洲以至全世界。不过,这只是由实物证据获得的假说,并无基因组证据支持。

现在,中国研究人员对来自全球的 3010 株水稻的基因组测序后,一共检测到 2900 万个高质量单核苷酸多态性(SNP),240 万个小片段插入缺失,首次发现亚洲栽培稻品种间中存在 9 万个微细结构变异(包括易位、缺失、倒位和重复),同时发现了 1.2 万个全长新基因和数千个不完整的新基因。

研究人员再次挑选出 453 份测序深度较高的水稻样本,分析核心基因家族和分散式基因家族,获得 12770 个(62.1%)核心基因家族和 9050 个(37.9%)分散式基因家族,从而得出籼、粳稻亚种都是独立多地起源的假说。

显然,目前的基因组测序结论和实物(化石)结论有差异,因此需要未来对这

两种证据进行整合,同时补充证据,才能得出更可靠和令人信服结论。

培育新种：有了“可视地图”

中国研究人员的水稻基因组测序结果同时对提高和保证粮食安全起到了更为重要的加速作用。3010 份品种的基因组测序完成为育种专家提供了一种选种和栽培优良稻种的可视地图,可以快速地选择适合不同地理环境的品种,如耐淹、耐旱、抗虫、抗倒伏等特性,不用再像以前一样靠经验、靠大量组合去试验新品种。

水稻基因组检测结果也同样能纠正以前的一些片面和不正确的认知,如认为核心基因对产量、性状、口味等很重要,而分散式基因不重要。但基因测序发现恰恰相反,核心基因不重要,分散式基因才重要。因此,通过基因数据库就可以得知哪些品种有什么特性,甚至在很短时间内就能确定。

从本质上看,基因组测序不仅能追溯水稻起源,更能加速选种育种,纠正过去的错误认知,从而提高产量,解决全球饥饿问题。

相关链接

全球 3000 份水稻核心种质资源重测序计划

该计划是“绿色超级稻项目”的一部分,于 2011 年 9 月由中国农业科学院、国际水稻研究所(IRRI)和华大基因共同启动。

2014 年 5 月,3000 份水稻基因组测序初始数据于“世界饥饿日”公开发布于美国国立生物技术信息中心(NCBI)、日本生物信息学数据库(DDBJ)、华大基因大数据期刊(GigaScience)、阿里云等数据库,全球共享。



水稻基因组进化研究的“透视眼”

■王长盛

水稻基因组一直在不断进化,科学家如何去研究这看不见、摸不着的进化呢?这里就不得不提两大强悍的“武器”——基因测序技术和考古学,它们让科学家不仅可以看到过去,更可以洞悉未来。

测序技术是基因组学的手段,基因组学是遗传学的一大分支,大体就是通过测序技术将水稻的遗传物质可视化,掌握水稻每一个基因的变化情况,从全基因组的水平而不是一个基因的水平,研究水稻基因组的进化。当然,这里少不了使用计算机的生物技术等信息技术等作为辅助,使原始复杂的测序数据清晰地展现出来。

我们做测序的目的就是了解基因组的变化,这是研究生命体最重要、最基本的前提。测序相当于给不同水稻品种之间进行“亲子鉴定”,通过对野生稻与栽培稻的遗传物质进行分析,科学家们得以对水稻基因组的进化进行研究。

从测序分析基因组学十分抽象,而考古学收集的证据则比较直观。比如,在我国河姆渡遗址中曾发现大量稻谷,这些稻谷品种就属于栽培稻。对出土的稻谷表型进行考古分析可以得到大量数据,当然还可以对很久以前的稻谷进行测序分析,得到更多有价值的发现。

基因组学又分为前、后基因组学,前基因组学只是抽象地分析基



因的进化关系以及基因组变异等,而后基因组学则是实打实地定位克隆出单个或多个基因,这些基因就是对前基因组研究结果最有力的证明。

可是,基因的研究结果是否正确呢?那就得继续通过转基因手段,以及构建替换系来验证。比如,现在的水稻不具有芒长(穗粒上的细芒)的特点,科研人员将野生稻里控制芒长的基因转到不具芒的水稻里,如果稻粒上长出了芒,就算验证正确了。替换系则是通过杂交手段,不经过转基因,将野生稻具芒基因替换无芒基因,假如长芒,也可以证明基因的正确性。

其中必定含有大量抗病抗逆的优良基因。

通过基因组学研究发现,目前的栽培稻在基因组的片段上存在很多“美丽基因聚集区”,这些区域的遗传多样性降低非常明显,很多克隆的驯化基因都是在这类区域。但这类区域会让水稻其他方面的优异基因丢失,随着目前环境的变化以及消费方式的变化,这些水稻会因此不再那么完美。

比如说,现在我们想要既抗病又高产的水稻,然而过分追求产量的驯化稻已缺失了抗病的优良基因,所以科学家想方设法保存野生稻种质资源。这些野生稻含有非常多优良的基因,它们就像一个巨大的宝库,从中可以找到人类需要的基因,在不影响产量的前提下,增强驯化稻的抗病抗逆能力。

水稻基因组的进化时刻不停。我们人类的驯化活动其实是一双有形的手,而大自然的驯化则是无形的手,水稻最终进化的趋势也必将是既满足人类需求又适应环境的新平衡。

(作者系中国科学院分子植物科学卓越创新中心/植物生理生态研究所博士研究生)

水稻基因有趣的小故事

水稻作为最重要的粮食作物之一,养活了全世界超过三分之一的人口。而它的基因组则是禾谷类作物中最小的,非常容易进行杂交和转化等遗传操作,因此,水稻一直是禾本科植物基因组研究的模式作物,具有非常重要的经济和科研价值。

然而,水稻是怎么起源的呢?为了追溯这段长达百万年的历史,科学家从基因演化的蛛丝马迹中“透视”水稻的前世今生。除了最近发表在《自然》上的关于水稻命名和起源方面的研究,科学家还做了大量有趣的实验。

■王长盛

关于水稻进化研究有很多,而水稻基因组进化研究则是科学家利用最新发展的一系列技术,解读出水稻进化的各种有趣故事。水稻基因组进化离不开基因驯化,正是由于基因驯化,才能将不符合我们“审美”的野生稻,驯化为“人见人爱”的栽培稻。

芒长基因 水稻的“防御武器”

试想一下,一株水稻,根系发达,碰到天敌时不能像动物一样迅速逃跑,它是怎样逃脱捕食者“魔爪”的呢?其实水稻是非常聪明的,在自然环境下,野生稻大都进化出很长很长的芒,这些位于谷粒尖端的芒就像骑士的长枪,可抵御一切来犯之敌。鸟儿的主要食物来源就是水稻的谷粒,可是由于细长且尖锐的芒阻挡了鸟类对谷粒的取食,水稻的“后代”由此得以保存。

通过一些遗传学实验,科学家成功地克隆了水稻中的芒长基因,证明芒长基因的确存在于野生稻中,只是在普通栽培稻中已经丧失了功能——这也是驯化的直接证据。

后来,科研人员又做了个很有趣的实验,即把普通栽培稻与具有长芒的野生稻一起暴露在露天环境下,隔一段

时间去观察谷粒的生存状况。结果,普通栽培稻大部分已经被鸟类啄食,几乎是“颗粒无收”,而具有长芒的野生稻则几乎全部保存了下来,这说明长芒的确是水稻为适应外部环境进化出的“防御武器”。

然而,我们现在见到的水稻却很少有芒,这是因为长芒作为一种附属性状,对产量无益,反而会降低每穗粒数,极大地降低产量。另外,长芒也不容易收获和储存,人类在驯化水稻的过程中,将产量高且不具有芒的基因筛选保留下来。所以,我们现在见到的亚洲栽培稻大都不具有长芒了。

落粒基因 水稻的“断尾求生”

水稻落粒性的丧失也是人工驯化中非常重要的事件。野生稻与栽培稻的落粒性差异非常大。野生稻具有非常强的落粒性,而栽培稻不落粒或是轻微落粒。根据两者的表型差异,科学家们成功克隆到水稻中的落粒基因。

野生稻的种子在成熟时就会自动脱落。正是靠这种方式,野生稻得以让更多的水稻种子萌发、繁衍后代,而不落粒的种子更有可能被鸟兽食用。不过,落粒性强的水稻对于人类来说就不那么“友善”了,落粒容易带来

产量的损失。所以,落粒基因也是人类驯化的关键基因。

壳色基因 水稻的“保护色”

水稻颖壳的颜色非常多(见下图)。我们通常都会说“金灿灿的稻田”,因为我们见到的水稻颖壳都是黄色的。其实水稻壳不仅有黄色,还有褐色、紫色、黑色等等。目前,科学家也已经克隆了很多水稻壳色的基因,它们大都与水稻色素合成途径相关,比如说黑色素合成受阻,就会导致稻壳内黑色素含量降低,从而呈现不同的颜色。

既然野生稻存在这种壳色的差异,科学家们认为,这肯定不是偶然出现的,应该也是适应当地环境的结果。于是,他们做了一些实验,看看是否壳色的变化是源于水稻对自身的保护,从而躲避鸟兽的“掠夺”。

不过,实验结果却否定了科学家的假设。在野外无遮蔽条件下,有壳色稻谷与黄色稻谷都会被鸟兽吃得一干二净。这样看来,只要是稻谷,鸟兽都会食用。还有一种可能是,鸟兽对稻谷的识别能力也在不断进化中。除此之外,水稻的壳色与地域分布也有关系,对当地的生态环境具有很强的适应性。

