

旱稻育种研究进展

邹一超 文泰深 高仁才 鄢圣敏 殷 伟*

摘要: 旱稻是水稻的变种,为适应干旱少水的生长环境逐渐演变而来,在育种上利用旱稻的抗旱性选育优良品种,能有效提高稻谷耕作面积。近年来,育种家在多方向多维度上研究了旱稻的遗传规律,在旱稻的抗旱机制、分子技术、病虫害等方面进行了深入研究,在旱稻育种上不断获得突破,缩短了旱稻品种迭代的年限。本文综述了这些方面的研究进展,以期为选育优质高产的旱稻品种提供参考。

关键词: 旱稻;抗旱机制;分子技术;病虫害

稻谷是重要的粮食作物,在世界范围内栽培面积广,解决了全球很大一部分人的口粮问题。我国稻种种质资源丰富,水稻分子育种技术位于世界前列,为旱稻分子育种工作打下了坚实的基础;旱稻是水稻为适应恶劣环境逐渐演化而来,适应旱生环境,抗旱性好。旱稻在干旱条件下的抗旱机制受到广泛关注,研究者运用分子生物技术,在分子层面解析了旱稻遗传规律,为旱稻品种的选育提供了技术支持。

我国大部分地区干旱少雨,多丘区少平原,水稻的耕作受到很的限制,急需优良的旱稻品种增加稻谷的耕种面积,提高粮食产量。在此背景下,发展旱稻育种有利于缓解我国水资源短缺,优良耕地不足的问题,为中国的粮食安全保驾护航。

一、旱稻的起源与演化

水稻和旱稻都是野生稻经过漫长的岁月驯化而来^[1],最早野生稻生长在沼泽地带,进化成水稻,然后为适应恶劣的生长环境逐渐演化成旱稻,亲缘关系上,野生稻

作者简介:

1. 邹一超 (1993.02—), 男, 汉族, 硕士研究生, 助理农艺师, 主要从事水稻遗传育种与栽培技术研究工作。
2. 文泰深 (1998.04—), 男, 汉族, 硕士研究生, 助理农艺师, 从事水稻遗传育种与栽培技术方面的研究工作。
3. 高仁才 (1990.05—), 男, 汉族, 博士研究生, 农艺师, 从事水稻遗传育种与栽培技术方面的研究工作。
4. 鄢圣敏 (1989.09—), 男, 汉族, 硕士研究生, 高级农艺师, 从事水稻遗传育种与栽培技术方面的研究工作。
5. 殷伟 (1979.10—), 男, 汉族, 大学本科, 高级农艺师, 从事作物栽培技术方面的研究工作, 为本论文通讯作者。

驯化成水稻,水稻变异成旱稻。生产上不同于水稻,种植在旱地上。旱稻体内存在着少量的通气组织,与水稻通气组织相同,因此可以认为旱稻是水稻为适应生长环境逐渐朝着耐干旱的方向逐渐演变而来。

近年来,随着育种技术的发展,在旱稻的基础上提出了节水抗旱稻的概念,节水抗旱稻综合了水稻优质高产和旱稻抗旱的优良特性,节水抗旱稻选育的常规方法是通过水稻和旱稻杂交获得,在生产上产量高于旱稻,但是耐旱性稍弱于旱稻。旱稻抗旱性是受多基因控制的数量遗传性状,旱稻和节水抗旱稻在遗传和抗旱性的鉴定方法上具有重叠性,因此节水抗旱稻属于旱稻的范畴。

二、旱稻育种工作的发展历程

中国虽然种植旱稻历史悠久,种质资源丰富,但是旱稻育种工作起步较晚。传统旱稻品种是农民自留种,主要集中在云南、海南、广西等地区。现有报道,我国旱稻两系选育是从1986年开始,通过6年时间选育出旱稻“昆植S-1”两用核不育系,弥补了我国旱稻研究工作的空白^[2]。二十世纪末我国从国外引进旱稻品种促进了我国旱稻育种的发展,如‘苏引稻2号’和‘IAPAR9’。

2002年,通过从巴西引进旱稻品种CNA6187-3的分离群体中选育出旱稻品种‘中早3号’,为后来的品种改良奠定了基础。2004年,上海市农业生物基因中心以湖北地方粳型旱稻品种为亲本,经过多年选育,培育出‘沪早3号’新品种;同年,我国育成杂交旱稻不育系“沪早1A”,在世界上率先完成杂交旱稻的三系配套;2005年,‘早优2号’和‘早优3号’的审定,实现了旱稻育种三系配套运用。至此,我国旱稻育种工作走上正轨。

随着我国旱稻育种工作的持续推进,在旱稻品种

的资源开发和利用方面取得了重大成果, 审定了一批优良品种, 如粳型常规稻‘早玉香粳’、籼型常规稻沪早1509’、“早优系列”和“沪优系列”。

三、早稻遗传基础研究进展

1. 早稻抗旱机制研究进展

早稻的抗旱性是多基因作用的结果, 在干旱胁迫时, 早稻具有一系列的响应机制, 保证正常的生长发育, 表现在根系发达、根粗大、维管束数量多、气腔面积小, 角质层的厚度大、酶活性高等方面, 其中扩张蛋白是早稻耐旱的重要蛋白, 在早稻根中表达, 参与根系生长发育。研究表明, 早稻中的一些基因和在干旱胁迫下被激活, 从而促进早稻的抗旱能力^[3]。如早稻基因Os**bHLH120**不仅与早稻根系发育有关, 而且在干旱胁迫下被激活, 调节了基因的表达, 参与根中渗透调节及植株离子平衡, 增强早稻根系的避旱性与耐旱性; 基因互作会影响根系性状的表达, 影响植株的抗旱能力; Os**EXP3**与Os**EXP5**基因在早稻的根系中表达来提高抗旱能力; 利用分子生物学方法, 探索**idr1-1**突变体抗旱性增强的机理, 研究结果表明, 叶片乙烯含量增加是由于**IDR1**与Os**ERS2**之间存在互作, 表明**IDR1**可能参与乙烯信号传导。不同早稻品种在同一干旱胁迫条件下应答机制也有不同, 如在两个早稻品种抗旱性分析中, 一个是提高光合通路基因的表达和提高抗氧化性来抵御干旱; 另一个是通过植物激素、角质阻力增大和渗透压调节来提高抗旱性。

合成激素抵御干旱胁迫是早稻常见的应当机制, 通过脱落酸的合成来调节气孔的关闭, 减少叶片的蒸腾^[4]。酶在早稻的生长发育时期占据了重要位置, 研究发现不同品种早稻在不同生育时期叶片中丙二醛(MDA)含量减少、超氧化物酶(SOD)活性升高、过氧化氢酶(CAT)活性和过氧化物酶(POD)活性增高。减低光合通路基因表达也是抵御干旱的重要途径, 如通过维持核糖体组分的完整性、次生代谢物的生物合成、正常的碳代谢、上调氧化磷酸化途径、正常的碳代谢来抵御干旱。

此外, 早稻对无机盐的动态吸收干旱胁迫下也具有重要的调控作用。早稻生长环境中的微生物, 如根际微生物和内生菌根菌, 可以提高早稻的抗旱能力。研究人员通过接种印度梨形孢, 发现其能提高根系生长素含量促进根系发育和提高植物对干旱的耐受性等。

2. 分子技术研究进展

早稻作为一种特殊的水稻类型, 具有较高的遗传多

样性。早期研究人员通过收集地方品种, 对早稻的品种数量、类型、特点等农艺性状进行分析, 对湖南、云南、贵州稻种遗传资源多样性进行研究。2001年之后开始引入分子技术, 曾莉娟^[5]对42份稻种的DNA进行RAPD鉴别分析, 确立了32份稻作在籼、粳亚种中的分类地位; 使用的RAPD标记是从分子水平上探测早稻品种间的遗传差异、早稻与水稻间的遗传差异, 用于亲本选配和分子标记辅助选择。曾建平以汕优63的RIL群体为试验材料, 进行水稻叶片性状与穗重的QTL分析, 通过早稻SSR标记多态性检测, 获得育种的理论依据。刘鸿艳^[6]在对335份早稻核心种质构建与栽培稻抗旱相关QTL定位中, 构建了一张包含213个SSR标记的饱和分子遗传图谱, 定位44个两种水分条件下控制冠层温度、叶水势和结实率的主效QTL。水稻和野生稻基因组测序的完成, 为早稻分子育种提供了数据参考。研究人员通过分析早稻的形态特征和基因组数据以及转录组数据, 探索早稻的基因调控机制和生物学特性, 发现了大量的遗传变异和群体结构信息。例如, 研究人员通过旱田材料株高、分蘖、粒长、粒宽、千粒重、穗长等产量相关性状, 结合过滤后覆盖基因组3148899个SNP进行全基因组关联分析, 挖掘早稻特异抗旱基因。在山栏稻抗旱表型鉴定的基础上, 通过重测序对山栏稻抗旱相关基因进行转录组表达分析, 筛选山栏稻的抗旱基因, 解析山栏稻抗旱机制。杨新森等分析山栏稻‘山川24’的链特异性转录组数据, 进一步鉴定与分析山栏稻的SNP和AS。高婷婷探究31个水陆稻种质基因组遗传分化的研究中, 通过基因组比较分析发现两者之间没有发生明显的全基因组水平遗传分化。

研究人员利用基因组学、转录组学等技术手段, 研究早稻的基因调控机制和生物学特性, 从而为育种提供了理论基础和技术支撑。同时, 利用分子标记辅助选择技术能提高早稻育种的速度和精度, 使得早稻新品种选育更加高效和准确。通过转基因方法培育早稻新品种也是一种非常有效的途径。

2002年水稻基因组测序的完成, 为早稻分子育种提供了参考, 使得育种工作向基因功能组学迈进。早稻品种选育运用分子标记辅助育种也逐渐成为常态。如利用分子标记手段, 通过杂交和回交整合早稻抗旱性强的QTLs, 选育出‘中科西陆2号’。

3. 早稻病虫害抗性研究进展

早稻病虫害是限制早稻产量的两大主要因素, 病害

主要有稻瘟病、纹枯病、白叶枯病等,且稻瘟病中等抗性及以上的早稻品种较少。虫害主要有早稻蝼蛄、稻飞虱、二化螟、稻纵卷叶螟等^[7]。早期育种思路追求抗旱和产量,对病虫害的关注度较低。但是在实际生产中发现病虫害对早稻产量和品质影响很大,在育种上这个问题逐步引起重视,育种家开始对早稻的病虫害抗性进行深入探索,何海永等对贵州早稻种质资源抗稻瘟病进行鉴定,获得8份优良抗性育种材料;李江等对49份早稻抗稻瘟病品种进行接种分析,结果表明抗稻瘟病受1对显性基因控制;颜群等通过对广西野生稻的稻瘟病广谱抗性基因Pi-gx(t)的遗传分析,结果表抗源RB221的抗性基因Pi-gx(t)为新的抗病基因,位于第2染色体上。王悦等^[8]通过天津野生稻与感病品种CO39杂交构建的F2群体,定位一个Pi2-1的抗稻瘟病基因。研究者通过生物技术手段,针对早稻主要的病虫害,如在白叶枯病、褐飞虱、稻瘟病上开展了大量的研究工作,通过分析早稻基因组,发现了与早稻抗病性相关的基因,从而为新品种的选育提供了重要的理论支持。同时,在生产上研究人员也在探索新的生物防治方法,如利用植物天然抗病物质、生物农药等提高早稻的抗病性。选育抗病虫害的优良早稻品种,会降低病虫害频发地区发病率,提高早稻产量。

展望

我国地理条件的限制和国家粮食安全的政策以及外部环境的影响,大力发展早稻种植无疑是保障粮食安全,缓解资源危机的有效途径。随着早稻选育工作的重视和深入,虽已审定了一批早稻品种,但是早稻品种广适性不高、产量较低、效益不好等问题仍制约着早稻育种工作的进展,同时育种工作年限长、产出率低也有很大的

制约因素。早稻育种应该围绕早稻的种质资源运用、抗病虫害、抗旱机制等方向展开深入研究,加大分子技术辅助育种的运用,剖析早稻抗旱机制,创新育种技术,降低育种年限,选育一批优质高产抗病广适性强的优良品种。节水抗旱稻是目前稻种选育的热点,虽然综合了水稻和早稻的优良特性,但是通过分子技术选育节水抗旱稻还有很长一段路,其难点在于早稻抗旱基因遗传的复杂性,这是育种家亟待解决的问题。同时,还要考虑实际生产中对除草剂的耐药性,收获的便捷性等问题。早稻的研究正在不断取得新的进展,希望这些成果进一步提高中国早稻的产量和质量,为解决全球粮食安全问题做出贡献。

参考文献

- [1]罗志,周衡陵,李静,等.陆稻的起源与适应性进化研究进展[J].上海农业学报,2022,38(04):9-19.
- [2]罗利军.节水抗旱稻的概念与发展历程[J].上海农业学报,2022,38(04):1-8.
- [3]丁颖.中国栽培稻种的起源及其演变[Z].
- [4]高德林.毕节地区发展早稻生产的前景[J].耕作与栽培,1985(04):4-5.
- [5]李艳红.旱作水稻的研究现状与展望[J].安徽农业科学,2010,38(22):11735-11736.
- [6]张立娜.中国水旱稻地方品种遗传多样性分析[D].中国农业科学院,2010.
- [7]卢永根.我国栽培稻种的起源和演变[J].科学大众,1965(01):7-9.
- [8]Luo L J. Breeding for water-saving and drought-resistance rice (WDR) in China[J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(13): 3509-3517.