

籼型水稻直立穗突变体穗颈抗弯曲特性研究

赵 祥,杨国涛,范存留,范永义,葛中英,韦叶娜,刘 正,敬银钦,胡运高*
(西南科技大学,四川 绵阳 621010)

摘要: 以通过 EMS 诱变籼稻品种蜀恢 498(R498)获得的籼型水稻直立穗突变体 R1338 和 R334 为材料,研究籼型直立穗水稻穗部直立的原因,旨在为籼型直立穗水稻的应用提供参考。结果表明:直立穗 R1338 和 R334 的穗颈抗弯曲力极显著高于野生型弯曲穗品种 R498;直立穗突变体穗部纤维素和木质素含量显著高于野生型,R1338 和 R334 纤维素含量分别较野生型提高 2.76% 和 1.64%,木质素含量分别较野生型提高 17.89% 和 7.98%;直立穗突变体具有更粗的直径且茎中含有更多的纤维素和木质素,比野生型具有更强的机械强度,最终导致穗直立。
关键词: 籼型直立穗水稻;穗颈弯曲度;抗弯曲能力;化学成分
中图分类号: S511 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)12-0026-04

Resistance to Bending Properties of Panicle Neck of Erect Panicle Mutant of *Indica* Rice

ZHAO Xiang,YANG Guotao,FAN Cunliu,FAN Yongyi,GE Zhongying,WEI Yena,LIU Zheng,
JING Yinqin,HU Yungao*
(Southwest University of Science and Technology,Mianyang 621010,China)

Abstract: The erect panicle mutants of *indica* rice R1338 and R334 which came from Shuhui 498 mutagenesis by EMS as materials,so as to understand the reason of keeping spike erecting of erect panicle rice and provide reference for the application of *indica* erect panicle type rice. The results showed that the bending resistance of panicle neck of R1338 and R334 were significantly higher than that of wild type variety R498;the contents of cellulose and lignin in panicle of erect panicle mutant were significantly higher than that in the wild type,contents of cellulose of R1338 and R334 increased by 2.76% and 1.64% compared with wild type,the contents of lignin of R1338 and R334 increased by 17.89% and 7.98%,respectively;erect panicle mutant had bigger stem diameter,more contents of cellulose and lignin,better mechanical strength compared with wild type,eventually their spikes could keep erecting.
Key words: erect panicle of *indica* rice; bending index of panicle neck; resistance to bending capacity; chemical composition

水稻穗型研究是水稻株型育种理论的重要组成部分,而穗部性状又是反映穗型的重要指标之一,穗部性状直接影响水稻产量和稻米质量。徐正进等^[1]根据穗颈弯曲度大小将水稻穗型划分为 3 种类型,即小于 40°的为直立穗型、40°~50°的为半直立穗型、大于 50°的为弯曲穗型。弯曲穗型主要分布在籼稻种植区,该穗型主要表现为穗长变短,枝梗数量相对较少,分支的间距较大,完全成熟的穗会弯曲下来;另一种是直立穗型,穗长变短,枝梗的数量较多,分支的间距较小,显示出直立或在成熟时半直立

收稿日期:2015-06-22
基金项目:国家科技支持计划项目(2014BAD01B03);国家政策引导类科技计划及其他专项(2013ZX08001-002);四川省岗位专家项目(川农业函[2014]91号);杂交水稻国家重点实验室开放基金项目(2014KF01);西南科技大学生命科学与工程学院创新实践项目
作者简介:赵 祥(1993-),男,四川绵阳人,在读本科生,研究方向:水稻遗传育种。E-mail:zhaoxiang411625@163.com
* 通讯作者:胡运高(1963-),男,四川三台人,研究员,主要从事水稻遗传育种工作。E-mail:swust. rri@163.com

状态。直立穗型水稻主要分布在粳稻种植区,特别是在广泛种植粳稻品种的东北三省有较大推广面积^[2-6]。关于粳稻直立穗的遗传研究也较多,但多集中于直立穗型的遗传及基因定位方面^[7-14],对于粳稻直立穗型水稻品种的应用却鲜见报道。

本研究以通过 EMS 诱变粳稻品种获得的粳型水稻直立穗突变体 R1338 和 R334 为材料,拟通过比较突变体 R1338、R334 与野生型蜀恢 498 (R498) 的穗弯曲特性、抗弯曲特性以及化学成分含量的差异,来探明突变体穗部保持直立的原因,为粳稻超高产育种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2014 年在西南科技大学水稻研究所试验基地进行。试验田为紫色水稻土,土壤养分含量:全 N 1.98 g/kg、速效 N 80.3 mg/kg、速效 P 43.3 mg/kg、速效 K 76.2 mg/kg。以蜀恢 498 (R498) 通过 EMS 诱变产生的直立穗型突变体 R1338 和 R334 为试验材料,R498 为对照。于 4 月 22 日播种,5 月 28 日插秧,采用单因素随机区组设计,重复 3 次,小区面积 15 m²。栽插规格为 33.5 cm × 16.67 cm,每穴插单株。田间管理同一般大田标准。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 水稻穗颈弯曲度的变化规律 在始穗期对 R498 和 R1338、R334 挂牌标记 5 个生育进程相近的主茎,从抽穗期开始至全熟期每隔 3 d 分别测量各材料的穗颈弯曲度(剑叶叶枕到穗尖的连线与茎秆延长线的夹角),制作不同类型水稻的穗角度变化曲线,并拍照取样。

1.2.2 穗抗弯曲能力指标的测定 穗的弯曲力矩:于成熟前 10 d 取稻穗保鲜,称取质量后摘除籽粒,保持枝梗完整。用 HP-5 型推拉力计推去粒稻穗的 1/2 处,至稻穗弯曲 90°时的推力即为稻穗的抗弯曲力;并根据穗长计算穗的弯曲力矩,弯曲力矩 (cm/g) = 穗长度 (cm) × 穗质量 (g)。

由于粳稻与籼稻本身的穗部形状有差异,在 F₁ 穗弯曲类型划分时,参考徐正进等^[1]对粳稻穗型划分标准,结合粳稻特性将穗弯曲性分为以下几类:直立穗型(穗弯曲度 < 45°)、半弯曲穗型(45° < 穗弯曲度 < 90°)、弯曲穗型(穗弯曲度 > 90°)。

1.2.3 穗颈形态指标、纤维素和木质素的测定 成熟后,测定穗下第 1 节的直径、穗颈壁厚度、穗颈壁面积等性状;纤维素、木质素等相关成分含量测定:于成熟前 10 d 取稻穗并摘除籽粒,保持枝梗完

整,于 105 °C 下杀青 0.5 h,再于 80 °C 烘干至质量恒定,高速粉碎机粉碎,过 0.178 mm 孔径筛后供化学成分含量测定。纤维素和木质素含量的测定参照 FOSS 公司 Fibertec™ M6 1020/1021 型纤维素测定仪的操作手册进行。

1.3 数据处理与分析

采用 Excel 2003 进行试验数据的整理和分析,用 DPS 7.05 数据处理系统对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 突变体与野生型穗弯曲度变化比较

为研究直立穗突变体 R1338、R334 与野生型穗部的弯曲度变化差异,比较了在抽穗后 0 ~ 30 d 不同时间段 3 个材料的穗弯曲度变化(图 1)。发现在抽穗后直立穗突变体 R1338、R334 的穗弯曲度基本无明显变化,最后灌浆成熟后的穗弯曲度也在 10° ~ 20°,属于典型的直立穗类型。其中 R1338 的穗部直立性优于 R334;而野生型植株在抽穗后穗弯曲度迅速变大,在抽穗后 12 d 时穗弯曲度已经大于 90°,属于典型弯曲穗类型。

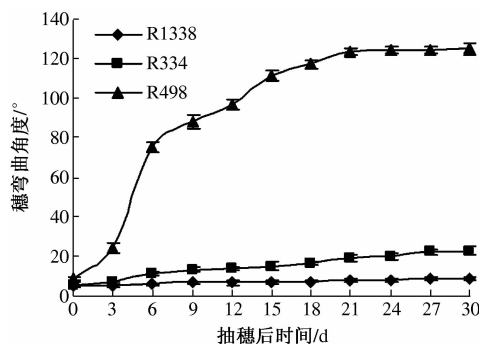


图 1 抽穗后突变体与野生型穗弯曲度的变化差异

2.2 直立型与野生型突变体穗部抗弯曲能力比较

为进一步研究直立穗突变体 R1338、R334 穗部保持直立的原因,比较了突变体 R1338、R334 与野生型穗部弯曲相关的各性状差异(表 1)。发现在穗鲜质量、一次枝梗着粒数方面直立穗突变体与野生型无显著差异;在其他穗部性状方面直立穗突变体与野生型均存在显著差异,其中穗抗弯曲力、一次枝梗着生密度、一次枝梗着粒密度均显著大于野生型,穗长、弯曲力矩、一次枝梗长度均显著小于野生型,抗弯曲力是野生型的 3 倍左右,着粒密度较野生型高 25% 左右,而一次枝梗长度较野生型短 22% 左右。在穗抗弯曲力、着粒密度、一次枝梗长度方面直立穗突变体间无显著差异。在穗长、弯曲力矩、一次枝梗着生密度、一次枝梗着粒密度方面 2 个直立穗突变体间也存在显著差异。

表 1 水稻突变体与野生型穗抗弯曲相关指标比较

项目	R1338	R334	R498
穗长/cm	21.41 ± 0.61c	22.61 ± 0.41b	28.39 ± 0.76a
穗鲜质量/g	11.85 ± 0.84a	12.77 ± 0.94a	12.03 ± 0.56a
抗弯曲力/N	0.34 ± 0.04a	0.33 ± 0.05a	0.11 ± 0.01b
弯曲力矩/ (cm/g)	271.65 ± 30.16c	311.86 ± 29.96b	353.54 ± 14.55a
一次枝梗着生 密度/(个/cm)	0.77 ± 0.02a	0.74 ± 0.02b	0.55 ± 0.03c
着粒密度/ (粒/cm)	11.25 ± 0.97a	10.97 ± 0.52a	8.74 ± 1.14b
一次枝梗长度 /cm	11.40 ± 0.61b	12.32 ± 0.93b	15.90 ± 1.11a
一次枝梗着粒 数/(粒/个)	29.07 ± 3.49a	27.33 ± 3.22a	26.67 ± 3.41a
一次枝梗着粒 密度/(粒/cm)	2.54 ± 0.19a	2.21 ± 0.13b	1.67 ± 0.12c

注:同行不同小写字母表示差异达到显著水平,下同。

相对较短的穗长,降低了直立穗突变体 R1338 和 R334 的弯曲力矩;较大的着粒密度则使得直立穗的穗型更加紧凑,这些都是直立型穗部保持直立

表 2 直立型突变体与野生型穗颈解剖结构及其成分含量比较

项目	R1338	较野生型 ± /%	R334	较野生型 ± /%	R498
纤维素/%	43.25 ± 0.52a	2.76	42.78 ± 0.56a	1.64	42.09 ± 0.35b
木质素/%	9.16 ± 0.64a	17.89	8.39 ± 0.36b	7.98	7.77 ± 0.31c
灰分/%	2.39 ± 0.21b	-37.43	2.4 ± 0.18b	-37.17	3.82 ± 0.14a
穗颈直径/mm	4.18 ± 0.36a	26.67	3.97 ± 0.20a	20.30	3.30 ± 0.17b
颈壁厚度/mm	0.33 ± 0.02a	-8.33	0.37 ± 0.03a	2.78	0.36 ± 0.05a
穗颈横截面积/mm ²	13.80 ± 2.41a	60.65	12.38 ± 1.24a	44.12	8.59 ± 0.86b
穗腔面积/mm ²	11.70 ± 2.17a	71.55	10.19 ± 1.16a	49.41	6.82 ± 0.79b
颈壁面积/mm ²	2.10 ± 0.27a	18.64	2.22 ± 0.18a	25.42	1.77 ± 0.25b

3 结论与讨论

水稻穗颈的抗弯曲能力大小是稻穗能否保持直立的主要因素,其与基部各节的抗倒伏能力相似,均是由基因控制下的茎部解剖结构和成分差异所引起的抗弯曲能力变化。如 Ookawa 等^[15]研究发现,SCM2 基因近等位基因系表现出茎秆强度增强,抗弯曲能力增加现象。Hirano 等^[16]发现,LRCI 基因提高抗弯曲能力主要是通过增加茎秆直径和厚度。纤维素和木质素是构成细胞壁的主要成分,能显著性增强茎秆的机械强度和抗倒伏能力。Yang 等^[17]研究发现,茎基节的抗折力与纤维素含量间的相关系数达到显著正相关水平。同时木质素含量与茎秆强度的关系也比较密切^[17-20]。Ookawa 等^[21]研究发现,茎秆的木质素含量与抗折力有相关性,但在不同品种间有差异。Wang 等^[22]研究发现,纤维素对茎秆抗弯曲能力的贡献大于木质素。因此,细胞中的

的辅助原因。穗部保持直立的最主要因素是突变体 R1338、R334 的抗弯曲能力大幅提升,用推力计测定去粒穗中部的抗弯曲力达到 0.3 N 以上。

2.3 直立型与野生型突变体抗弯曲成分差异

直立穗突变体 R1338、R334 与野生型间穗颈纤维素、灰分含量存在显著差异(表 2)。其中,纤维素和木质素含量显著高于野生型,纤维素含量分别较野生型提高 2.76% 和 1.64%,木质素含量分别较野生型提高 17.89% 和 7.98%;灰分含量显著低于野生型,较野生型降低了 37.43% 和 37.17%。穗颈解剖结构方面,除颈壁厚度外直立穗和野生型也存在显著差异。直立穗突变体的直径、壁面积、横截面积、穗腔面积均显著高于野生型弯曲穗品种,2 个直立穗突变体间无显著差异。直径、横截面积、穗颈腔面积方面 R1338 较大,分别较野生型提高 26.67%、60.65%、71.55%。R334 颈壁面积比野生型高 25.42%。

纤维素和木质素积累也是茎秆抗弯曲能力增强的内在标志^[23]。在本试验中,直立穗 R1338 和 R334 的穗颈抗弯曲能力显著高于野生型品种,分析其抗弯曲能力高的原因主要有:直立穗突变体穗部纤维素和木质素含量显著高于野生型,R1338 和 R334 纤维素含量分别较野生型提高 2.76% 和 1.64%,木质素含量分别较野生型提高 17.89% 和 7.98%。直立穗突变体具有更粗的直径以及茎中含有更多的纤维素和木质素,比野生型具有更强的机械强度,最终导致穗直立。

参考文献:

[1] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 直立穗型水稻群体生理生态特性及其利用前景[J]. 科学通报, 1996, 41(2): 1122-1126.

[2] 徐大勇,朱庆森. 直立穗型粳稻品种农艺特性及育种研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(4): 350-354.

- [3] 张文忠,徐正进,陈温福,等. 直立穗型水稻研究进展[J]. 沈阳农业大学学报,2002,6(6):471-475.
- [4] 陈温福,徐正进,张文忠,等. 中国超级稻育种研究进展与前景[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(5):662-666.
- [5] 徐正进,林晗,马殿荣,等. 北方粳稻穗型改良理论与技术研究及应用[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(6):650-659.
- [6] Zhu K,Tang D,Yan C,*et al.* *ERECT PANICLE2* encodes a novel protein that regulates panicle erectness in *indica* rice[J]. *Genetics*,2010,184(2):343-350.
- [7] 陈英之,韦绍丽,刘驰,等. 稻直立穗型性状分子标记开发及籼稻直立穗型育种探讨[J]. 西南农业学报,2008,21(1):6-11.
- [8] 蔡美玲. 籼稻直立穗突变体的遗传分析及分子定位[D]. 福州:福建农林大学,2009.
- [9] 张书标,马洪丽,黄荣华,等. 籼稻直立穗突变体的培育、鉴定及其突变性状的遗传分析[J]. 核农学报,2007,21(3):209-211.
- [10] Kashiwagi T,Ishimaru K. Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice[J]. *Plant Physiology*,2004,134(2):676-683.
- [11] Sherratt M J,Baldock C,Haston J L. Fibrillin microfibrils are stiff reinforcing fibres in compliant tissues[J]. *Journal of Molecular Biology*,2003,332(1):183-193.
- [12] 星川清親,王善本. イネの倒伏に関する研究:茎の形態的観察[J]. 日本作物学会紀事,1990,59(4):809-814.
- [13] Welton F A. Lodging in oats and wheat[J]. *Botanical Gazette*,1928,85(2):121-151.
- [14] Luo M C,Tian C T,Li X J,*et al.* Relationship between morpho-anatomical traits together with chemical components and lodging resistance of stem in rice[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, 27 (11): 2346-2353.
- [15] Ookawa T,Hobo T,Yano M, *et al.* New approach for rice improvement using a pleiotropic QTL gene for lodging resistance and yield[J]. *Nature Communications*,2010,1(132):1038-1042.
- [16] Hirano K,Okuno A,Hobo T,*et al.* Utilization of stiff culm trait of rice *smos1* mutant for increased lodging resistance[J]. *PLoS ONE*,2014,9(7):960-965.
- [17] Yang C,Li D,Liu X,*et al.* OsMYB103L, an R2R3-MYB transcription factor,influences leaf rolling and mechanical strength in rice[J]. *BMC Plant Biology*,2014,14:310-315.
- [18] 郭玉华,朱四光,张龙步,等. 不同栽培条件对水稻茎秆生化成分的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2003,34(2):89-91.
- [19] Ookawa T,Inoue K,Matsuoka M,*et al.* Increased lodging resistance in long-culm,low-lignin *gh2* rice for improved feed and bioenergy production[J]. *Scientific Reports*,2014(4):1-9.
- [20] Zhao D,Han C,Tao J,*et al.* Effects of inflorescence stem structure and cell wall components on the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony[J]. *International Journal of Molecular Sciences*,2012,13(4):516-519.
- [21] Ookawa T,Ishihara K. Varietal difference of the cell wall components affecting the bending stress of the culm in relating to the lodging resistance in paddy rice[J]. *Jpn J Crop Sci*,1993,62(3):378-384.
- [22] Wang J,Zhu J,Huang R,*et al.* Investigation of cell wall composition related to stem lodging resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) by FTIR spectroscopy [J]. *Plant Signaling & Behavior*,2012,7(7):856-863.
- [23] 凌启鸿,张洪程. 稻作新理论[M]. 北京:科学出版社,1994.