

孙建昌,李亚卉,王兴盛,等.宁夏杂草稻与栽培稻的生物学性状比较[J].江苏农业科学,2015,43(11):158-161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.045

宁夏杂草稻与栽培稻的生物学性状比较

孙建昌,李亚卉,王兴盛,吴斌,马静

(宁夏农林科学院农作物研究所,宁夏永宁 750105)

摘要:本研究对宁夏杂草稻和栽培稻选育品种的生物学性状进行了比较分析。宁夏杂草稻具有落粒、早熟、种皮多红色、早生快发、颖壳多颖毛等杂草稻共有的特性。宁夏杂草稻与选育品种的相似性很高,表现在剑叶长度、叶鞘、叶舌、柱头、茎秆节间色、芒性、籽粒性状、穗形、株型等,但与选育品种的表型性状具有差异性。多数宁夏杂草稻的株高稍低于选育品种,剑叶较窄,穗长短于选育品种;虽然杂草稻前期分蘖具有优势,但是无效分蘖多,其平均单株穗数反而少于选育品种。籽粒方面,宁夏杂草稻的平均粒长、粒宽、长宽比均大于选育品种,但粒厚小于选育品种;在正常成熟的条件下,多数杂草稻的平均千粒质量略高于选育品种。杂草稻产量较低,在本试验条件下仅为选育品种产量的 42.7%。变异方面,杂草稻在芒、芒色、颖壳色、颖毛等的变异类型比选育品种更为丰富;生育期、株高、剑叶长、剑叶宽、穗茎节长、千粒质量、产量的变异系数均高于选育品种。

关键词:杂草稻;栽培稻;生物学性状;宁夏;性状比较

中图分类号: S451 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0158-03

国内已发现的杂草稻(*Oryza sativa* f. *spontanea*)与亚洲栽培稻(*Oryza sativa* L.)同属于 AA 基因组型,其形态相似,分类学认为它们是同种,包括一系列不同的生物型种群^[1-2]。由于杂草稻与栽培稻具有高度相似性,稻田被杂草稻污染后很难根除。随着栽培稻田直播轻型栽培技术的推广,杂草稻已成为栽培稻种植地区最普遍、危害最严重的“杂草”之一^[3]。

宁夏水稻种植面积虽小,但其优越的气候适于生产高端优质粳稻,是生产优质、高端、绿色大米的极佳区域^[4-6]。然而,随着近年来直播栽培面积的不断扩大,杂草稻的危害日趋严重,宁夏已成为我国杂草稻危害的重灾区之一。深入研究杂草稻的表型、遗传、抗逆等特性,对于杂草稻的防除和利用具有重要意义。杂草稻与栽培稻为同种,但杂草稻属于野生类型,在生存繁殖过程中遵循自然生存的法则,其表型、抗逆等特性与栽培稻具有一定差异性。本研究以宁夏杂草稻和栽培稻为试验材料,对比分析其生物学特性的异同性,旨在为杂草稻的辨别、防除、利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 2013 年田间种植的 104 份杂草稻、70 份选育品种(系)、14 份宁夏地方水稻品种为试验材料。104 份杂草稻来自宁夏稻区的 9 个市(县、区);70 份选育品种(系)包括宁夏

已审定品种 45 份、待审定及重要品系 25 份;14 份宁夏地方水稻品种由国家种质资源中期库提供 12 份、宁夏农林科学院农作物研究所提供 2 份。

1.2 试验方法

试验于 2013 年在宁夏农林科学院农作物研究所进行。采用大棚育秧、大田移栽的方式,分别于 4 月 16 日浸种、4 月 20 日播种、5 月 20 日移栽,每穴插单苗,行株距为 30 cm × 15 cm,每份材料插植 2 行,行长 1.5 m。按当地水平进行田间管理。

1.3 性状测量

生育期内主要调查并记录抽穗期、穗抽出度、剑叶长、剑叶宽、有效穗数、芒色、芒长、颖尖色、颖色等性状。成熟时,每份材料连续取 5 株调查其穗长、穗粒数、每穗粒质量、结实率、株高,并于收获后考察千粒质量、谷粒长、谷粒宽、种皮色等性状。各性状指标参照《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[7]进行调查。

1.4 数据分析

采用 SAS 8.0 软件对试验数据进行平均数、标准差、变异系数的计算。

2 结果与分析

2.1 杂草稻的生长特性

落粒性是宁夏杂草稻最典型的特性,参试的 104 份杂草稻、14 份地方品种均表现为落粒,而选育品种则均不易落粒。

杂草稻的生育期介于地方品种和选育品种之间。杂草稻最早于 7 月 11 日抽穗,大多数于 7 月 20 日前后抽穗,其中 66 份于 7 月中旬抽穗,占 63.5%;早抽穗的在 8 月下旬初便可成熟收获。杂草稻的平均生育期为 126 d、变化范围 119 ~ 147 d、变异系数 5.3%,均高于选育品种和地方品种。栽培品种的平均生育期为 150 d,比杂草稻晚 24 d;地方品种的平均生育期最短,仅为 109 d,分别比杂草稻、选育品种早 17、41 d

收稿日期:2015-02-06

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:NZ13099);宁夏农林科学院自主研发项目(编号:NKYJ-13-17);宁夏育种专项“水稻新品种选育——水稻分子育种技术的应用研究”。

作者简介:孙建昌(1975—),男,宁夏盐池人,博士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:nxsjch@163.com。

通信作者:马静,副研究员,主要从事水稻生物技术育种研究。E-mail:jingma201@163.com。

(表 1)。

杂草稻的平均株高最低,其次为选育品种,地方品种最高。杂草稻的平均株高为 92.8 cm,变化范围最大,为 77.1 ~ 130.2 cm,变异系数为 10.2%,株高在 80 ~ 110 cm 的植株占 93.8%,与选育品种接近。选育品种的平均株高为 102.4 cm,变化范围为 83.2 ~ 116.1 cm,平均高于杂草稻 9.6 cm,变异系数较小,仅为 7.0%。地方品种的平均株高为 109.2 cm,高于杂草稻 16.4 cm,变异系数与杂草稻相当(表 1)。

表 1 杂草稻与栽培稻的生育期、株高、叶片比较

项目	杂草稻			选育品种			地方品种		
	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数
生育期(d)	125.5 ± 6.6	119.0 ~ 147.0	5.3%	149.8 ± 4.5	135.0 ~ 157.0	3.0%	109.4 ± 3.3	100.0 ~ 115.0	3.0%
株高(cm)	92.8 ± 9.5	77.1 ~ 130.2	10.2%	102.4 ± 7.1	83.2 ~ 116.1	7.0%	109.2 ± 11.3	92.0 ~ 140.1	10.3%
剑叶长(cm)	26.6 ± 3.7	19.2 ~ 32.4	13.9%	26.1 ± 2.0	21.6 ~ 28.6	7.7%	31.4 ± 3.0	27.8 ~ 35.4	9.7%
剑叶宽(cm)	1.13 ± 0.15	0.72 ~ 1.44	13.40%	1.38 ± 0.15	1.14 ~ 1.61	11.05%	1.25 ± 0.09	1.00 ~ 1.36	7.24%

在生长势方面,杂草稻前期生长繁茂。于 6 月 13 日至 7 月 11 日调查杂草稻、选育品种的分蘖消长情况,杂草稻的株高(图 1)、单株分蘖数(图 2)均高于选育品种,且生长速度快于选育品种。结果表明,杂草稻前期生长快、叶片较披散、叶色较淡、无效分蘖多,比选育品种更为繁茂;而现代育成品种前期生长稳健。杂草稻在成株期不具生长优势,其株高、成穗数均不及选育品种。

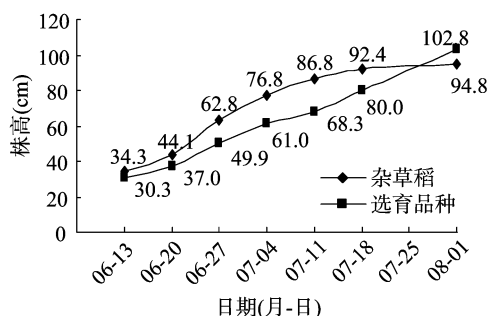


图 1 杂草稻和栽培稻前期株高生长

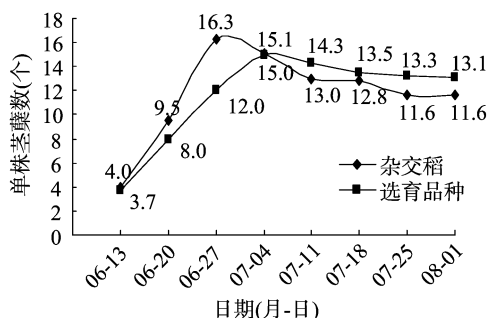


图 2 杂草稻和栽培稻单株分蘖变化

2.2 杂草稻的籽粒性状

杂草稻籽粒呈有芒和无芒,芒长分为短、中、长,芒色有白色、红色、黑褐色。大多数杂草稻表现为无芒,参试杂草材料中 17 份有芒,87 份无芒,而选育品种基本无芒。地方品种也呈有芒和无芒,但芒长、芒色的类型不及杂草稻丰富。

杂草稻的种皮色有红色、白色,多数为红色。参试的 104 份杂草稻中 10 份为白色种皮、94 份为红色种皮;选育品种均为白色种皮;地方品种也分为白色、红色种皮。

杂草稻的茎秆、叶鞘、叶枕、柱头等很少有色素沉淀,多数茎秆的角度 $\leq 30^\circ$,与选育品种相似。杂草稻与选育品种的剑叶长度相近,分别为 26.6、26.1 cm,地方品种的剑叶长度较长,为 31.4 cm。杂草稻的平均剑叶宽度最小,仅为 1.13 cm;地方品种为 1.25 cm;选育品种的平均剑叶宽度最大,为 1.38 cm,高于杂草稻 0.25 cm。杂草稻的剑叶长度、剑叶宽度变异较为丰富,变异系数分别为 13.9%、13.4%,均高于选育品种和地方品种(表 1)。

杂草稻的颖壳色有秆黄色、黄褐色、黑褐色,其中 86.5% 表现为秆黄色;选育品种均表现为秆黄色;地方品种的颖壳色分为秆黄色、黄褐色,各有 7 份。杂草稻的颖壳毛有多、少之分,其中 98 份颖壳毛多、6 份颖壳毛少;选育品种一般表现为颖壳毛较少;地方品种的颖壳毛也有多、少之分,且多数表现为颖壳毛多。

杂草稻、地方品种的平均谷粒长相近,分别为 8.3、8.4 mm,按分级标准属于粒长较长的类型;选育品种仅为 7.4 mm,比杂草稻短 0.9 mm,属于粒长中等的类型。杂草稻、地方品种、选育品种的平均粒宽分别为 3.30、3.21、3.10 mm,表现为杂草稻 > 地方品种 > 选育品种;平均粒厚分别为 2.10、2.05、2.20 mm,表现为选育品种 > 杂草稻 > 地方品种;平均谷粒长宽比分别为 2.52、2.63、2.40 mm,表现为地方品种粒形最长、杂草稻其次、选育品种粒形最短。

2.3 杂草稻的产量及穗部性状

杂草稻的产量显著低于现代栽培品种。104 份杂草稻收获的平均产量为 3 910.5 kg/hm²,产量变化范围为 1 081.5 ~ 8 431.5 kg/hm²;70 份现代选育品种的平均产量为 9 750.0 kg/hm²,产量变化范围为 6 916.5 ~ 12 028.5 kg/hm²。杂草稻的群体产量仅相当于现代选育品种的 42.7%,且杂草稻产量的变异系数高达 37.0%,是选育品种的 3.2 倍(表 2)。

杂草稻的平均单株穗数少于选育品种和地方品种,仅为 11.3 个,但变化范围为 4.6 ~ 30.0 个;选育品种的平均单株穗数为 13.1 个;地方品种的分蘖成穗最高,平均单株穗数为 18.4 个。杂草稻的平均穗长低于选育品种 1.8 cm,地方品种与选育品种的平均穗长差异不大。杂草稻的平均穗抽度小于选育品种和地方品种,选育品种、地方品种的平均穗抽度基本相同。杂草稻穗抽度的变异系数高达 37.2%,显著高于选育品种和地方品种;杂草稻单株穗数、穗长的变异系数分别为 24.8%、9.5%,与选育品种相当,但高于地方品种(表 2)。

杂草稻、地方品种、选育品种的平均千粒质量分别为 28.3、28.5、26.8 g,杂草稻的平均千粒质量与地方品种基本相同,但高于选育品种。杂草稻的平均千粒质量变化范围较大,为 17.0 ~ 35.1 g,且变异系数高达 10.4%;选育品种、地方品种的平均千粒质量变化范围、变异系数均较小,变异系数分别为 8.5%、7.4%(表 2)。

表 2 杂草稻与栽培稻的穗部及产量性状比较

项目	杂草稻			选育品种			地方品种		
	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数	$\bar{x} \pm s$	变化范围	变异系数
单株穗数(个)	11.3 ± 2.8	4.6 ~ 30.0	24.8%	13.1 ± 3.3	8.4 ~ 23.1	25.3%	18.4 ± 3.5	13.4 ~ 23.5	19.3%
穗长(cm)	16.8 ± 1.6	12.9 ~ 21.7	9.5%	18.6 ± 1.9	15.5 ~ 22.9	10.0%	18.0 ± 0.8	16.7 ~ 19.3	4.3%
穗抽出色度(cm)	4.6 ± 1.7	2.0 ~ 9.2	37.2%	6.3 ± 1.1	4.6 ~ 8.5	17.9%	6.2 ± 1.1	4.3 ~ 8.5	17.5%
千粒质量(g)	28.3 ± 2.9	17.0 ~ 35.1	10.4%	26.8 ± 2.3	22.7 ~ 32.3	8.5%	28.5 ± 2.1	24.9 ~ 32.4	7.4%
折合产量 (kg/hm ²)	3 910.5 ± 96.3	1 081.5 ~ 8 431.5	37.0%	9 750 ± 74.2	6 916.5 ~ 12 028.5	11.4%			

3 结论与讨论

杂草稻是栽培稻的变种之一,故杂草稻与栽培稻的生物学性状具有较高相似性^[8-10];杂草稻为野生类型,而栽培稻是人为定向选择的结果,两者存在一定差异性。与前人的研究相比较,宁夏杂草稻具有落粒、早熟、种皮红色、早生快发、颖壳多颖毛、耐逆性强等共有特性^[11-14]。在不同地区和环境条件下,杂草稻与栽培稻的差异性不尽相同。在生长特性方面,王渭霞等^[8]、余柳青等^[15]、邹德堂等^[16]、张峥等^[17]、李茂柏等^[18]认为,杂草稻植株偏高、叶色较淡、叶片上下面多毛,且在植株不同部位有色素沉积;而宁夏杂草稻的株高略低于选育品种,叶色、剑叶长度、叶鞘、叶舌、柱头等与选育品种相似,很少有色素沉积。刘萍等^[19]、袁晓丹等^[20]发现,杂草稻的叶片较披散,宽且长,形似杂交稻叶;而宁夏杂草稻的剑叶长度与选育品种相似,剑叶宽度较小,平均窄于选育品种 0.25 cm。在籽粒方面,马巍等调查表明,杂草稻多为有芒,易倒伏^[21];而 83.7% 的宁夏杂草稻无芒,且大多数无倒伏。

杂草稻严重危害着水稻产量^[22-25]。本研究表明,杂草稻自身产量低,仅相当于选育品种产量的 42.7%,这是杂草稻影响水稻产量的主要因素之一。在产量相关性状方面,宁夏杂草稻的穗长短于选育品种。袁晓丹等^[12]、吴川等^[14]研究认为,杂草稻的分蘖能力比栽培稻强,而宁夏杂草稻虽然前期分蘖具有优势,但无效分蘖多,其单株穗数反而少于选育品种。张铮等^[17]、袁晓丹等^[12]研究认为,杂草稻的千粒质量显著低于栽培稻;而笔者所在课题组经 2 年的试验表明,在正常成熟的条件下,大多数宁夏杂草稻的千粒质量略高于选育品种。在粒形方面,宁夏杂草稻的粒长、粒宽、长宽比均大于选育品种,但粒厚小于选育品种。

作为伴生于栽培品种的杂草稻,均依附于当地栽培稻进行生存传播,其生物学特性与当地栽培稻的生物学特性息息相关,并受到人为干预的影响。宁夏杂草稻的叶色、株型等均与当地选育品种高度相似,是杂草稻的保护色,有利于其生存繁殖。杂草稻的株高略低于选育品种,且多为无芒,可能是由于田间株高较高、有芒的杂草稻易被人识别并拔除,而株高略低、无芒的杂草稻更易生存繁殖。笔者认为,在自然变异或异交过程中,与栽培稻性状差异显著的杂草稻植株易被剔除和淘汰,而与栽培稻性状相近或相似的杂草稻植株易被保留和传播。

杂草稻与当地选育品种可能存在协同演化情况。搜集调查杂草稻时,在吉梗 105 直播的田块中发现了与其表型相似的杂草稻类型,采集的杂草稻中少数表现为分离,红色种皮的杂草稻第 2 年分离出白色种皮落粒、白色种皮不落粒型材料;将杂草稻与选育品种进行杂交,均能正常成熟,无生殖隔离现

象。可见,杂草稻混入选育品种田块后,可与选育品种产生异交并形成分离群体,受遗传背景和可能的再次回交影响,其表型很大程度趋于所处田块的栽培品种。杂草稻可与栽培品种自由异交的特性,可能是杂草稻与选育品种相似的主要原因之一。

参考文献:

[1]Cao Q,Lu B R,Xia H,et al. Genetic diversity and origin of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) populations found in North - Eastern China revealed by simple sequence repeat (SSR) markers [J]. Annals of Botany,2006,98(6):1241 - 1252.

[2]Linghua T,Morishima H. Genetic characterization of weedy rices and the inference on their origins[J]. Breeding Science,1997,47(2):153 - 160.

[3]Gealy D R,Bryant R J. Seed physicochemical characteristics of field - grown US weedy red rice (*Oryza sativa*) biotypes: contrasts with commercial cultivars [J]. Journal of Cereal Science,2009,49(2):239 - 245.

[4]张嵩午. 宁夏米质的气候评价[J]. 中国农业气象,1993,14(6):1 - 4.

[5]李培富,杨淑琴,张彦红,等. 宁夏水稻品种主要农艺性状分析[J]. 西北农业学报,2007,16(2):33 - 36.

[6]孙建昌,马 静,杨生龙,等. 梗稻粒形对其产量及主要农艺性状的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(9):50 - 53.

[7]韩龙植,魏兴华. 水稻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:59 - 119.

[8]王渭霞,朱廷恒,邵国胜,等. 杂草稻的分类、起源及利用研究进展[J]. 杂草科学,2005(2):1 - 5.

[9]杨 琳,戴伟民,强 胜,等. 杂草稻穗部形态及休眠特性的初步研究[J]. 江苏农业科学,2009(4):121 - 123.

[10]孙建昌,王学龙,马 静,等. 宁夏杂草稻农艺性状的鉴定评价[J]. 作物杂志,2014(3):129 - 132.

[11]张忠林,谭亚玲,黄大军,等. 杂草稻种质资源的鉴定及利用探索[J]. 中国农学通报,2003,19(6):61 - 63.

[12]袁晓丹,赵国臣,柳参奎,等. 东北地区杂草稻主要农艺性状的评价[J]. 吉林农业科学,2006,31(6):6 - 9.

[13]王红春,娄远来,李宜慰,等. 杂草稻的研究进展[J]. 江苏农业科学,2009(6):190 - 191.

[14]吴 川,戴伟民,宋小玲,等. 辽宁和江苏两省杂草稻植物性状多样性[J]. 生物多样性,2010,18(1):29 - 36.

[15]余柳青,Mortimer A M,玄松南,等. 杂草稻落粒梗的抗逆境特性研究[J]. 应用生态学报,2005,16(4):717 - 720.

[16]邹德堂. 黑龙江省杂草稻的特征特性及耐冷性分析[J]. 农业现代化研究,2008(2):235 - 238.

[17]张 峥,戴伟民,章超斌,等. 江苏沿江地区杂草稻的生物学特

汪 惠,谢琳琳,刘文波,等. 2 种 harpin 内源表达对短短芽孢杆菌 HAB-5 菌株抑制和促生能力的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):161-166.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.046

2 种 harpin 内源表达对短短芽孢杆菌 HAB-5 菌株抑制和促生能力的影响

汪 惠,谢琳琳,刘文波,林春花,缪卫国,郑服丛

(海南大学环境与植物保护学院/海南热带生物资源可持续利用重点实验室,海南海口 570228)

摘要:采用化学方法分别将来自水稻白叶枯病菌(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)、棉花角斑病菌(*X. citri* subsp. *malvacearum*) *hrp* 基因簇中的 *hpa1_{Xoo}*、*hpa_{Xm}* 基因转化至生防菌短短芽孢杆菌(*Brevibacillus brevis*) HAB-5 菌株,测定 2 种 harpin 蛋白对短短芽孢杆菌抑菌和促生能力的影响,以期获得更高效的生防菌株。结果表明,获得转入 *hpa1_{Xoo}* 的突变体 581 个,转入 *hpa_{Xm}* 的突变体有 650 个;经 PCR 及 PCR Southern Blot 验证,确定 *hpa1_{Xoo}*、*hpa_{Xm}* 基因均成功转化至 HAB-5 菌株中;经 SDS-PAGE 电泳,在分子量大小约 39、41 ku 处可见明显条带,表明 *hpa1_{Xoo}*、*hpa_{Xm}* 基因分别编码的融合蛋白 GST-harpin_{Xoo}、GST-harpin_{Xm} 在突变体菌株中得到表达;与出发菌株 HAB-5 菌株相比,转化后的突变体在菌落形态、拮抗性上均发生了改变,且突变体总蛋白可在烟草叶片上激发过敏反应,而 HAB-5 菌株总蛋白不能激发过敏反应;突变体菌株对番茄种子的促生作用显著提高,且转入 *hpa_{Xm}* 基因的菌株效果更佳,使胚芽、胚根的生长分别提高 100.77%、69.14%。可见,harpin 能够在短短芽孢杆菌 HAB-5 菌株中得到表达,且转化后的突变体表现出良好的促生效果。

关键词: *hpa1_{Xoo}*; *hpa_{Xm}*; 转化; 短短芽孢杆菌 HAB-5; 过敏反应

中图分类号: S476 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0161-06

harpin 是一类由革兰氏阴性植物病原细菌 *hrp* 基因编码的蛋白质,由不依赖信号肽的Ⅲ型分泌机制分泌到胞外,可在非寄主植物上引起过敏反应(hypersensitive response, HR)^[1-3]。在非寄主植物上施用 Harpin 蛋白,可使植物产生抗病、抗虫、促进生长等多种有益表型^[4],这些表型与 harpin 蛋白诱导的植物内在生理生化反应相关^[5]。harpin 蛋白富含甘氨酸,缺乏半胱氨酸,热稳定但对蛋白酶敏感^[6]。harpin_{Xoo}、harpin_{Xm} 是由分别来自于水稻白叶枯病菌

(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)、棉花角斑病菌(*X. citri* ssp. *malvacearum*) *hrp* 基因簇中 *hpa1* (*hrf1*) 基因编码的蛋白,均具有 harpin 蛋白的共同特征,且能诱导烟草、拟南芥、番茄、矮牵牛、马铃薯、大豆、黄瓜、辣椒等多种植物产生过敏反应^[7-8]。

芽孢杆菌作为一种较理想的生防微生物,逐渐成为近年来研究的热点^[9]。通过基因工程技术有目的地改造拮抗细菌,拓宽新型高效生防菌的防治范围并提高生防效果,已成为植物病害生物防治研究的重点^[10]。目前,已有学者将编码 harpin 蛋白的 *hrp* 基因转入枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌中,使出发菌株具有 harpin 蛋白的部分特性^[11-12]。以短短芽孢杆菌作为表达系统是研究热点,但其表达 harpin 蛋白却未见报道。短短芽孢杆菌(*Brevibacillus brevis*) HAB-5 菌株是一种较广谱的生防细菌,对多种病原菌表现出较强的抑制能力,但该菌株不具有诱导抗病能力和稳定有效的促生效果^[13]。把编码 harpin 蛋白诱导植物系统抗性的 *hrp* 基因转化到生防菌芽孢杆菌中,以期实现 harpin 蛋白在短短芽孢杆菌中的高效表达,获得更高效的生防菌株,为新型生物农药的开发利用提供基础。

收稿日期:2015-01-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31160359、31360029);海南省产学研一体化专项(编号:CXY20140038);海南大学社会服务专项(编号:HDSF201305);教育部博士点基金(编号:20124601110004、20104601110004);国家农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-34-GW8);国家重大基础研究计划(编号:2011CB111612)。

作者简介:汪 惠(1991—),女,硕士研究生,主要从事微生物学研究。
通信作者:郑服丛,教授,主要从事植物病理学研究。E-mail: zhengfucong@126.com。

性及危害调查[J]. 中国农业科学,2012,45(14):2856-2866.

[18]李茂柏,马殿荣,徐正进,等. 辽宁省杂草稻生物学特性研究[J]. 安徽农业科学,2006,34(20):5224-5225.

[19]刘 萍. 杂草稻与栽培稻叶片生长的竞争性研究[J]. 中国植保导刊,2010,30(5):13-15.

[20]袁锦南,刘培凤. 杂草稻的田间鉴别与防治对策浅析[J]. 上海农业科技,2010(1):134-135.

[21]马 巍,马殿荣,李金英,等. 基于植物学性状的吉林省杂草稻多样性研究[J]. 北方水稻,2010,40(3):9-12.

[22]龚朝辉,龚航莲. 萍乡市杂草稻的发生与危害[J]. 杂草科学,2014,32(1):54-56.

[23]杨 庆,马殿荣,宋冬明,等. 不同密度杂草稻对栽培稻群体形态特征及产量的影响[J]. 北方水稻,2008,138(5):28-31.

[24]李国君,何卓先,王 革,等. 广东雷州杂草稻的发生与危害及其防治对策[J]. 杂草科学,2013,31(1):20-25.

[25]孙兴强,周勇军,陆永良,等. 两种生物型江都杂草稻不同栽培密度对水稻生长的影响及其与栽培稻的亲缘关系[J]. 中国水稻科学,2012,26(1):118-122.