통일형 벼 ‘신광’ 유래 키다리병 저항성 *qBK1* 유전자 보유 ‘MY299BK’ 육성

조수민¹ · 이셋별¹ · 허연재¹ · 이지윤¹ · 조준현¹ · 박노봉¹ · 신동진¹ · 이종희¹ · 손영보² · 한상익³ · 오성환¹ · 송유천¹ · 박동수^{1*}

¹국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과, ²경상북도농업기술원 기술보급과, ³국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과

Development of ‘MY299BK’, a Cultivar Resistant to Bakanae Disease Harboring *qBK1* Gene Derived From a *Tong-il* Type Rice ‘Shingwang’

Sumin Jo¹, Sais-Beul Lee¹, Youn-Jae Hur¹, Ji-Yoon Lee¹, Jun-Hyeon Cho¹, No-Bong Park¹, Dong-Jin Shin¹, Jong-Hee Lee¹, Young-Bo Sohn², Snag-Ik Han³, Seong-Hwan Oh¹, You-Chun Song¹, and Dong-Soo Park^{1*}

¹Paddy Crop Research Division NICS, RDA, Milyang 50424, Republic of Korea

²Technical Support Department, Gyeongsangbukdo Agricultural Research & Extension Services, Daegu 41404, Republic of Korea

³Upland Crop Research Division NICS, RDA, Milyang 50424, Republic of Korea

Abstract Bakanae disease is an important fungal disease caused by *Gibberella fujikuroi*. Incidence of rice bakanae disease creates serious problems in the foremost rice producing countries, affecting more or less all known rice cultivars. Breeding rice cultivars resistant to bakanae disease will thus be a cost-effective alternative to the application of fungicides. ‘MY299BK’ was derived from a cross between YR24982-9-1 and ‘Ilpum’ in 2008. A promising line, YR28297-1-38-1-1, was selected from among the progeny and designated ‘Milyang299’ in 2013. The local adaptability test of ‘Milyang299’ was carried out at five locations from 2014 to 2016 and named ‘MY299BK’. The heading date of ‘MY299BK’ was Aug. 15, typical for a medium-late maturing cultivar. Its culm was 71 cm long, there were 114 spikelets per panicle, and 1,000 grain-weight of brown rice was 23.4 g; these parameters were similar to those of ‘Nampyeong’. ‘MY299BK’ cultivar was resistant to blast and rice stripe virus, but susceptible to bacterial blight and insect pests. Its yield potential was about 566 kg/10 a at ordinary fertilizer level in a three-year-long local adaptability test. ‘MY299BK’ resistance to bakanae is conferred by the *qBK1* gene derived from a tong-il type rice ‘Shingwang’ (Registration No. 7651).

Keywords rice, bakanae disease, resistance, variety, ‘MY299BK’

Received on March 24, 2020. Revised on March 31, 2020. Accepted on April 9, 2020.

* Corresponding Author (E-mail: parkds9709@korea.kr, Tel: +82-55-350-1184, Fax: +82-55-352-3059)

서 언

*Gibberella fujikuroi*에 의해 발생되는 키다리병은 1828년 일본에서 처음 보고(Ito & Kimura 1931)된 이후 아시아, 아프리카, 북미 및 이탈리아 등 대부분의 벼 재배지역에서 발생되고 있다(Ou 1985, Pra et al. 2010). 본 병의 일반적인 증상은 비정상적인 초장 증가와 함께 줄기가 가늘어지고 식물체의 색깔이 황록색으로 변하며 출수 이후 불일 발생으로 인해 심각한 수량감소로 이어진다(Ou 1985; Mew & Gonzales 2002). 벼 키다리병에 의한 수량손실은 일본에서는 지역에 따라 20~50%(Ou 1985), 1993년 인도의 경우에는 3.04~96.25%까지 감소한 것으로 보고된 바 있다(Sunder et al. 1997, Fiyaz et al. 2014, Gupta et

al. 2015). 최근 세계적으로 상자옥묘와 기계이앙의 발달과 하이브리드 벼 재배 증가와 함께 발병이 더욱 확산되는 추세이다(Rosales & Mew 1997, Yang et al. 2003). 우리나라에서는 2000년대 초반 까지는 전국 벼 재배지의 약 3% 정도에서 키다리병이 발생되었으나, 2006년에는 전국 논지의 28.8%(Han 2007), 2013년에는 31%에서 키다리병이 발생된 이래 최근까지도 지속적으로 발병되고 있다. 이 병에 대한 가장 효과적인 방제방법은 농약을 이용한 종자소독이다(Hur et al. 2016, Ogawa 1988). 화학적 방제 효율을 높이기 위하여 기작이 서로 다른 약제를 혼용하는 방법(Park et al. 2009)이 보급되었으며, hexaconazole, tebuconazole 같은 새로운 종자 소독제들이 추가로 개발되어 보급하고 있다. 그러나 이들 방법도 약제 저항성 균의 출현이

우려되어 추가적인 방제법이 요구되고 있는 실정이다(Lee et al. 2010). 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 저항성 품종의 개발과 재배가 필요하나 세계적으로 키다리병에 대한 저항성 자원은 매우 적은 실정이다(Khokhar & Jaffrey 2002, Li et al. 1993, Lv 1994).

키다리병에 대한 저항성 연구를 통해 Yang et al. (2006)은 Chunjiang06/TN1의 약배양 후대계통을 이용한 유전연구에서 1번 염색체와 10번 염색체에서 각 1종의 저항성 QTL을 탐색하였다. 본 연구팀은 우리나라의 통일형 벼 품종인 ‘신광’으로부터 저항성 QTL *qBK1*을 탐색(Hur et al. 2015)하였으며 그 위치는 1번 염색체상 분자마커인 InDel 18 (23.637 Mbp)과 InDel 19-14 (23.672 Mbp) 사이의 35-kb 영역인 것으로 보고하였다(Lee et al. 2019). Lee et al. (2018)은 자포니카 유전자원인 ‘원씨대수’로부터 추가적인 QTL인 *qBK1WD*를 탐색하였으며 그 위치는 1번 염색체상의 분자마커인 chr01_13542347 (13.54 Mb)과 chr01_15132528 (15.13 Mb) 사이로 나타났다. Fiyaz et al. (2016)은 인도 유래의 인디카 품종인 ‘Pusa 1342’로부터 1번 염색체와 3번 염색체에서 총 3개의 QTL (*qBK1.1*, *qBK1.2*, and *qBK1.3*)을 확인하였다.

본 연구는 국내 키다리병 저항성 벼 품종 개발을 위해 통일형 벼 품종인 ‘신광’으로부터 저항성 QTL *qBK1*을 일반계 품종으로 도입한 키다리병 저항성 중간 모본인 ‘MY299BK’를 개발한 바 이 품종의 육성경위 및 주요특성을 보고하는 바이다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험은 ‘MY299BK’ 육성을 위해 2014~2016년 3년간 밀양, 진주 등 5개 지역에서 보통기 보비 표준재배로 수행하였다. 시비량 및 질소분시 방법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수원에서 4월 25일 파종, 5월 25일 이앙하였다. 재식거리 30×15 cm로 주당 3본씩 이앙하였다. 기타 재배방법 및 수량성, 생리장해 특성 및 병충해 저항성 및 품질분석 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서 조사기준에 준하였다(RDA 2010, 2011, 2012, 2013).

키다리병 저항성 검정

벼 키다리병 저항성 검정은 Kim et al. (2014)의 방법에 준하여 수행하였다. 농촌진흥청 국립농업과학원으로부터 분양받은 *G. fujikuroi* CF283의 균사를 potato dextrose agar (PDA) 배지에 치상한 후 28℃ 명 조건에서 3주간 배양하였다. 배양된 균사체는

증류수에 현탁 후 포자농도를 1×10^6 spore/ml로 희석하여 접종에 이용하였다. 균 접종 직전 품종 당 30립의 종자를 Tissue Embedding Cassette (Simport, M512, 40.1×28.5×13 mm)에 넣고 57℃에서 13분간 온탕처리 하여 종자소독을 실시하였다. 온탕처리된 종자는 찬물에서 열을 식힌 후 준비된 포자배양액에 침지한 후 26℃에서 4일간 접종하고 매일 4회 이상 Tissue Embedding Cassette를 천천히 돌려 포자가 모든 종자에 고르게 접종되도록 유도하였다. 접종된 종자는 육묘용 상자에 상자당 20품종씩 배치하고 품종당 30립의 종자를 파종하였다. 처리의 균일성을 확인하기 위해 비교 품종인 ‘주남’과 ‘남평’을 파종하여 상대적인 저항성 정도의 기준으로 이용하였다. 육묘용 상자에서 발아된 종자는 온실에서 생육시킨 후 검정에 이용하였다. 저항성 판단은 Kim et al. (2014)의 방법을 응용하여 이앙 1달 후 품종별로 총 식물체 수에 대한 이병주의 비율과 육안에 의한 저항성 정도 0 (저항성)~9 (감수성)로 구분하여 판별하였다.

Genomic DNA 추출 및 PCR

Genomic DNA를 추출하기 위하여 어린 벼 잎 3~4장을 2 mL tube에 3 mm 텅스텐 구슬 3개와 함께 넣고 액체질소에 5~10분간 침적시킨 다음 vortex하여 마쇄하였다. 마쇄된 샘플은 Chen & Ronald (1999)의 방법에 따라 cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB)를 사용하여 genomic DNA를 분리한 후 PCR 분석에 이용하였다. 품종별 키다리병 저항성 유전자형 분석에 이용된 primer는 통일형 벼인 ‘신광’에서 유래한 벼 키다리병 저항성 QTL인 *qBK1*를 표지하는 분자마커 RM9 (Hur et al. 2015)를 이용하였다. PCR 조건은 denaturation을 94℃에서 30초, 55℃에서 30초, 72℃에서 60초로 40 cycle을 실시하였다. PCR 반응을 끝낸 증폭 산물은 3% agarose gel에서 전기영동을 실시하여 EtBr로 염색한 후 genotype을 조사하였다.

결과 및 고찰

육성경위

‘MY299BK’는 통일형 벼 품종 ‘신광’으로부터 *qBK1* 유전자가 도입된 일반형 벼 중간모본 육성을 위해 '08 하계에 ‘신광’에 일반형 밥쌀용 고품질 품종인 ‘일품’이 5회 여교배된 BC₃F₅ 계통인 YR24982-9-1를 모본으로 하고 ‘일품’을 부본으로 추가 여교배를 실시한 후 계통육종법으로 육성되었다. 2009년에 F₁세대 10개체로부터 얻은 종자를 이용하여 2010년 F₂세대 200개체를 양성한 후 2006년/2007년 동계에 1개체 1계통법으로 F₃세대

300계통을 전개한 후 포장에서 계통육종법에 의해 선발하면서 PCR을 통해 qBK1 유전자를 보유하는 계통 중 생육특성이 우수한 계통을 선발하였다. 선발된 우량계통에 대해 2013년 생산력검정시험을 실시한 결과 YR28297-1-38-1-1 계통을 선발하여 ‘밀양299호’로 계통명을 부여하고 2014-2016년 3년간 지역적응시험 실시한 결과 그 우수성이 인정되어 2016년 12월 농촌진흥청 농작물 직무육성 신품종선정위원회에서 키다리병 저항성 보유 품종으로 중요성과 활용성이 인정되어 중간모본으로 선정하고 ‘MY299BK’로 명명하였다(Figs. 1, 2).

주요특성

1. 출수기 및 주요 농업적 특성

‘MY299BK’의 출수기는 보통기 보비 재배시 5개소 평균 8월 15일로 ‘남평’과 비슷한 중만생종이다. 벼 키는 71 cm로 ‘남평’과

비슷하며 포기당 이삭수와 이삭당 벼알 수도 각각 13개와 114개로 ‘남평’과 비슷하다. ‘MY299BK’의 등숙률은 87.7%이며 현미 천립중이 23.4 g으로 ‘남평’보다 2.2 g 정도 무거운 편이나 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

2. 생리장해 저항성

‘MY299BK’는 성숙기 하엽노화가 느리며 최고분얼기 엽 노화는 보통 정도이다. 냉수처리에 의한 내냉성 검정 결과 ‘MY299BK’의 출수지연 일수와 냉수구 임실률이 각각 9와 37.7%로 표준품종인 ‘남평’과 비슷하였다. ‘MY299BK’는 불시출수가 되지 않았으며 수발아율은 27.3%로 ‘남평’보다 높았다(Table 2). 도복특성 검정에서 ‘MY299BK’의 벼 키, 3절간장 및 좌절중이 ‘남평’과 비슷하며 도복지수가 90으로 ‘남평’과 비슷하였다. 포장도복 정도 역시 이앙재배에서 ‘남평’과 비슷하게 강한 편이다(Table 3).

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘MY299BK’.

Fig. 2. Generation diagram of ‘MY299BK’.

Table 1. Major agronomic traits and yield components of ‘MY299BK’

Variety	Heading date	Culm length (cm)	panicle length (cm)	No of panicles/hill	No of spikes/panicles	Ratio of ripened grain (%)	1000-grain weight of brown rice (g)
MY299BK	Aug. 14	71 ^{ns}	23 ^{ns}	13 ^{ns}	114 ^{ns}	87.7 ^{ns}	23.4 ^{ns}
Nampyeong	Aug. 14	74	20	14	108	89.9	21.2

* significant at 5% level, ^{ns}no significant.

Table 2. Abiotic stress response of ‘MY299BK’

Variety	Leaf senescence at maturing	Dis-coloration ^z (1~9)	Cold tolerance ^y		Prematuring heading (%)	Viviparous germination (%)
			Heading delay (day)	Grain fertility (%)		
MY299BK	Slow	5	9	37.7 ^{ns}	0.0 ^{ns}	27.3 [*]
Nampyeong	Slow	5	9	32.0	0.0	8.3

* significant at 5% level, ns: no significant

^zEvaluation at maximum tillering stage (1: tolerant, 9: susceptible).

^yCold tolerance was evaluated at cold water (17°C) irrigation nursery in Chuncheon.

Table 3. Major characteristics related to lodging of ‘MY299BK’

Variety	Plant height (cm)	Third internode length (cm)	Breaking strength (g)	Lodging index	Lodging in the field (1~9)
MY299BK	91	10	1,411	90	1
Nampyeong	94	10	1,689	92	1

Table 4. Resistance reaction to blast disease and bacterial blight

Variety	Reaction at blast nursery test ^z								Baterial blight			
	Number of tested sites ^y				Neck blast (infected spikes, %) ^x							
	R (0~3)	M (4~6)	S (7~9)	Mean	Icheon	Milyang	Jaecheon	Jinju	K ₁	K ₂	K ₃	K _{3a}
MY299BK	3	9	0	4.5	2.6	0.5	0.1	0.0	S	S	S	S
Nampyeong	4	8	0	4.3	0.2	0.0	0.0	0.1	S	S	S	S

^zN fertilizer of blast nursery test: 240 kg/ha.

^yR: resistance, M: moderately resistance, S: susceptible.

^xN fertilizer of neck blast: 220 kg/ha.

3. 병해충 저항성

전국 14개 장소에서 잎도열병 발모자리 검정 결과 ‘MY299BK’는 저항성은 평균 4.5로 ‘남평’과 비슷한 저항성을 보였으며 목도열병에 대하여도 ‘남평’과 비슷한 정도의 강한 저항성을 나타냈다(Table 4). 벼줄무늬잎마름병에는 강하나 흰잎마름병 및 멸구류에는 저항성이 없다.

‘MY299BK’에 대한 통일형 벼인 ‘신광’ 유래 저항성 QTL인 *qBK1* 도입 여부를 확인하기 위해 *qBK1*를 표지하는 분자마커 RM9

(Hur et al. 2015)를 이용하여 PCR을 수행한 결과(Fig. 3), 모든 개체에 저항성 QTL인 *qBK1*이 분리없이 도입된 것을 확인하였다. ‘MY299BK’에 대한 키다리병 저항성 생물검정 결과 저항성 품종인 ‘신광’과 유사한 정도의 강한 저항성을 나타내었다(Fig. 4).

4. 미질 특성 및 영양성분

‘MY299BK’의 현미의 장폭비는 2.04으로 ‘남평’과 비슷하며 아밀로스과 단백질도 각각 19.3% 및 5.9%로 ‘남평’과 비슷하다.

Fig. 3. Allele type of 'MY299BK' using a SSR marker RM9 related to bakanae disease resistance.

'Ilpum' 'Shingwang' 'MY299BK'

Fig. 4. Level of resistance of 'MY299BK' under artificial infection of *G. fujikuroi* isolate CF283 in seedling stage.

Table 5. Grain quality of 'MY299BK'

Variety	Length/width ratio of brown rice	Amylose (%)	Protein (%)	White core/ White bally (0-9)	Milling recovery of head rice (%)	Palatability of cooked rice (-3~+3)
MY299BK	2.04 ^{ns}	19.3 ^{ns}	5.9 ^{ns}	0/1	64.3	0.18
Nampyeong	2.16	18.9	5.9	0/0	70.3	0.11

*ns: no significant at 5% level.

Table 6. Yield of 'MY299BK' at local adaptability test

Culture season	Tested site	Yield of milled rice (kg/10a)								Index (A/B)
		MY299BK				Nampyeong				
		'14	'15	'16	Ave (A)	'14	'15	'16	Ave (B)	
Ordinary season culture	Milyang	588	520	506	538	586	550	557	564	95
	Daegu	566	601	522	563	596	640	549	595	95
	Seonsan	718	665	518	634	707	587	566	620	102
	Jinju	657	633	577	622	631	595	519	582	107
	Goseong	525	454	440	473	548	517	497	521	91
	Mean	611	575	513	566 ^{ns}	614	578	538	576	100

*ns: no significant at 5% level.

'MY299BK'는 복백이 약간 발현되는 품종으로 완전미 도정수율이 64.3%로 '남평'보다 조금 낮았다. 식미 관능검정 결과는 0.18로 '남평'보다 높았다(Table 5).

5. 수량성

'MY299BK'의 백미 수량은 2014년부터 2016년까지 수원, 밀양 등 5지역에서 보통기 보비재배의 3년 평균 566 kg/10a로 대비품종인 '남평'의 576 kg/10a과 비슷하였다(Table 6).

적 요

'MY299BK'는 최근 국내에 문제시되는 키다리병에 강한 품종을 개발하기 위해 2016년 국립식량과학원 남부작물부에서 육성한 품종이다. 'MY299BK'는 통일형 벼 품종 '신광'으로부터 *qBK1* 유전자가 도입된 일반형 벼 중간모본 육성을 위해 '08 하계에 '신광'에 일반형 밥쌀용 고품질 품종인 '일품'이 5회 여교배된 BC₃F₅ 계통인 'YR24982-9-1'를 모본으로 하고 '일품'을 부분으로 추가 여교배를 실시한 후 계통육종법으로 육성되었다. 선발된 YR28297-1-38-1-1 계통을 '밀양299호'로 계통명을 부여하고 2014~2016년 3년간 지역적응시험 실시하였다. 'MY299BK'의 출수기는 전국 평균 8월 15일로 '남평'과 비슷한 중만생종이다. 벼 키는 71 cm로 '남평'과 비슷하며 포기당 이삭수와 이삭당 벼알수도 각각 13개와 114개로 '남평'과 비슷하다. 현미 천립중은 23.4 g으로 '남평'

과 비슷하다. 도복, 도열병 및 벼줄무늬잎마름병에는 강하나 흰잎마름병 및 해충에 약한 편이다. 쌀수량은 566 kg/10a로 대비품종인 ‘남평’의 576 kg/10a과 비슷하였다. 현미모양은 장폭 비 2.04으로 ‘남평’과 비슷하며 아밀로스과 단백질도 각각 19.3% 및 5.9%로 ‘남평’과 비슷하다. ‘MY299BK’는 복백이 약간 발현되는 품종으로 완전미 도정수율이 64.3%로 ‘남평’보다 조금 낮았다. 식미 관능검정 결과는 0.18로 ‘남평’보다 높다. ‘MY299BK’는 통일형 벼인 ‘신광’ 유래 키다리병 저항성 QTL인 *qBK1*이 도입된 품종으로 2016년 12월 농촌진흥청 농작물 직무육성 신품종선정위원회에서 키다리병에 중도저항성으로서의 활용성이 인정되어 중간모본으로 선정되었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 벼 키다리병 저항성 증진을 위한 유전자 탐색 및 중간모본 개발, 세부과제번호: PJ014774012020)의 지원에 의해 이루어진 것임. ‘MY299BK’를 육성함에 있어 적극 협력하여 주신 국립식량과학원 작물육종과와 중부작물부 중부작물과 및 각 도 농업기술원 벼지역적응시험 담당자분들과 농촌진흥청 연구정책국 관계관 여러분들께 깊은 감사를 드린다.

REFERENCES

1. Fiyaz RA, Yadav AK, Krishnan SG, Ellur RK, Bashyal BM, Grover N, Bhowmick PK, Nagarajan M, Vinod KK, Singh NK, Prabhu KV, Singh AK. 2016. Mapping quantitative trait loci responsible for resistance to Bakanae disease in rice. *Rice* 9: 3-10.
2. Gupta AK, Solanki IS, Bashyal BM, Singh Y, Srivastava K. 2015. Bakanae of rice-an emerging disease in Asia. *The Journal of Animal Plant Sciences* 25: 1499-1514.
3. Han S. 2007. Review of disease occurrence of major crops in Korea in 2007. *Proceedings of Annual Felling Meeting and Symposium of KSPP*. pp. 19-20
4. Hur YJ, Lee SB, Kim TH, Kwon T, Lee JH, Shin DJ, Park SK, Hwang UH, Cho JH, Yoon YN, Yeo US, Song YC, Kwak DY, Nam MH, Park DS. 2015. Mapping of *qBK1*, a major QTL for bakanae disease resistance in rice. *Mol Breeding* 35: 78. doi.org/10.1007/s11032-015-0281-x
5. Hur YJ, Lee SB, Shin DJ, Kim TH, Cho JH, Han SI, Oh SH, Lee JY, Son YB, Lee JH, Kwon TM, Park NB, Kim SY, Song YC, Nam MH, Kwon YU, Park DS. 2016. Screening of rice germplasm for Bakanae disease resistance in rice. *Korean J Breed Sci* 48: 22-28.
6. Ito S, Kimura J. 1931. Studies on the ‘bakanae’ disease of the rice plant. Report of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station 27: 1-95.
7. Khokhar LK, Jaffrey AH. 2002. Identification of sources of resistance against bakanae and foot rot disease in rice. *Pakistan J Agric Res* 17: 176-177.
8. Lee SB, Hur YJ, Cho JH, Lee JH, Kim TH, Cho SM, Song YC, Seo YS, Lee JK, Kim TS, Park YJ, Oh MK, Park DS. 2018. Molecular mapping of *qBK1WD*, a major QTL for bakanae disease resistance in rice. *Rice* 11: 3. doi.org/10.1186/s12284-017-0197-7
9. Lee SB, Kim N, Hur YJ, Cho SM, Kim TH, Lee JY, Cho JH, Lee JH, Song YC, Seo YS, Ko JM, Park DS. 2019. Fine mapping of *qBK1*, a major QTL for bakanae disease resistance in rice. *Rice* 12: 36. doi.org/10.1186/s12284-019-0295-9.
10. Lee YH, Kim SY, Choi HW, Lee MJ, Ra DS, Kim IS, Park JW, Lee SW. 2010. Fungicide resistance of *Fusarium fujikuroi* isolates isolated in Korea. *Korean J Pest Sci* 14: 427-432.
11. Li DJ, Luo K, Chen Z. 1993. Studies on resistance of rice materials to bakanae disease and pathogenicity of pathogen (*Fusarium moniliforme*). *Acta Phytopathol Sinica* 23: 315-319.
12. Lv B. 1994. Preliminary study of identification for resistance to rice bakanae disease in rice resource. *Plant Protect* 3: 20-21.
13. Mew TW, Gonzales PG. 2002. A handbook of rice seedborne fungi. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines) and Science Publishers, Inc., Enfield.
14. Ogawa K. 1988. Damage by bakanae disease and its chemical control. *Jpn Pestic Inf* 52: 13-15.
15. Ou SH. 1985. Rice diseases, 2nd edn. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
16. Park WS, Choi HW, Han SS, Shin DB, Shim HK, Jung ES, Lee SW, Lim CK, Lee YH. 2009. Control of bakanae disease of rice by seed soaking into the mixed solution of prochloraz and fludioxonil. *Res Plant Dis* 15: 94-100.
17. Pra MD, Tonti S, Pancaldi D, Nipoti P, Alberti I. 2010. First report of *Fusarium andiyazi* associated with rice bakanae in Italy. *Plant Dis* 94: 1070-1070.
18. Rosales AM, Mew TW. 1997. Suppression of *Fusarium moniliforme* in rice by rice-associated antagonistic bacteria.

- Plant Dis 81: 49-52.
19. Rural Development Administration. 2010. Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-118.
20. Rural Development Administration. 2011. Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-126.
21. Rural Development Administration. 2012. Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-231.
22. Rural Development Administration. 2013. Report of new cultivars development and research in summer crop. pp. 3-190.
23. Sunder S, Satyavir Virk KS. 1997. Studies on correlation between bakanae incidence and yield loss in paddy. Indian Phytopathol. 50: 99-101.
24. Yang CD, Guo LB, Li XM, Ji ZJ, Ma LY, Qian Q. 2006. Analysis of QTLs for resistance to rice bakanae disease. Chin J Rice Sci 6: 657-659.
25. Yang H, Wang Z, Wu H, Zhu C. 2003. Study on the variation of rice bakanae under the different methods of seedling raising. J Anhui Agric Sci 31: 119-124.