

## 根こぶ病抵抗性ヒロシマナ ‘CR広島2号’ の罹病化

奥 尚・越智資泰・前田光裕・長久 逸

(2012年9月1日原稿受付) / (2013年1月17日原稿受理)

### Breakdown of Clubroot Resistance Hiroshimana ‘CR Hiroshima No. 2’ (*Brassica rapa* L.)

Takashi OKU, Motoyasu OCHI, Mitsuhiro MAEDA and Suguru CHOKYU

**要旨** ヒロシマナは不結球ハクサイに属する広島県の特産野菜で、主に漬け物に加工され「広島菜漬」として販売される。2010年11月、広島県庄原市の農家圃場にて、抵抗性品種として導入された‘CR広島2号’に根こぶ病の激しい発生を認めた。2010年に当該圃場で採取した根こぶ病菌および‘CR広島2号’育成時に利用され凍結保存されていた2003年産同一町内採取根こぶ病菌による‘CR広島2号’の感受性検定の結果、その罹病化の原因は本菌病原性の変化にあると考えられた。Hatakeyama *et al.* (2004)に従ったハクサイ品種を用いる病原性検定の結果、2003年産の根こぶ病菌は‘無双’のみに、2010年産は‘無双’および‘隆徳’に病原性を有した。一方、‘スーパーCRひろ黄’はいずれにも抵抗性で、本菌レース4から2への変化が‘CR広島2号’罹病化の原因であると結論された。今後、新レースの動向には細心の注意を払う必要がある。

キーワード ヒロシマナ、抵抗性品種、根こぶ病、罹病化

### 緒言

ヒロシマナ(*Brassica rapa* L.)は不結球ハクサイに属し、約400年の栽培の歴史を有する広島県の伝統野菜である。主に漬物に加工され、独特の風味と歯切れの良さから贈答品、土産物として利用されている。県内では主に広島市と庄原市で作付けされ、栽培面積は47.3 ha (2006年、広島県園芸振興協会「平成20年度産野菜振興推進計画」)であるが、その産地では連作が行われ、根こぶ病の多発が問題となっている。本病は*Plasmodiophora brassicae* Woroninによりアブラナ科植物に広く発生する典型的な土壌伝染性病害で、根にこぶを形成することによって地上部は生育不良となり著しい収量の低下を招き、その防除は極めて困難である。このような背景の下、広島県立農業技術センター(現広島県立総合技術研究所農業技術センター)では1993年から根こぶ病抵抗性を有する近縁種のハクサイ、ツケナ類およびカブとヒロシマナを交配して抵抗性品種の育種を開始し、2006年2月には‘CR広島1号’(重本ら, 2004)が品種登録された。しかしながら本品種は漬物に加工したとき、在来系統と比較して香りが弱いという欠点を有した。この

ため、さらに‘CR広島1号’と在来系統との交配により、‘CR広島1号’と同等の根こぶ病抵抗性を有し、かつ香りが強い‘CR広島2号’が育成され(2008年3月品種登録)、同8月から種子販売が開始された(西濱・重本, 2009)。

2010年11月、広島県の庄原農業協同組合(JA庄原)より、広島県北部の庄原市にて‘CR広島2号’に根こぶ病が発生しているとの連絡を受けた。本報告は‘CR広島2号’での根こぶ病の発生状況とその原因究明を行った結果について述べたものである。

## 材料および方法

### 現地調査

‘CR広島2号’に根こぶ病が発生した広島県庄原市の一戸の農家圃場(約15 a)にて、2010年11月に2回にわたり発病状況と圃場環境の調査を行うとともに、当該圃場でのヒロシマナ栽培歴、前作物、種子来歴等の聞き取りを行った。さらに農家およびJA庄原より種子の提供を受けるとともに罹病植物根を持ち帰り、試験に供した。

### 根こぶ病菌の病原性判別

根こぶ病菌に対するヒロシマナの感受性の詳細を検討するため、‘CR広島2号’についてはJA庄原販売の未開封およびJA庄原由来で当該農家が購入して保存していた使用残(タナベ種苗; 広島県庄原市; ピーエスピーコート種子)ならびに育成者である広島県立総合技術研究所農業技術センターが保有する‘CR広島2号’とその交配親の‘CR広島1号’を用いた。根こぶ病菌の病原性を判別するため、ハクサイ根こぶ病菌の病原性検定品種(Hatakeyama *et al.*, 2004)である‘隆徳’および‘スーパーCRひろ黄’を、罹病性対照品種としては市販の‘広島菜’(タキイ種苗)ならびにハクサイ品種‘無双’を用いた。

根こぶ病菌は2010年11月当該圃場で採集したものならびに2003年同地で採取され農業技術センターにて-20℃で凍結保存されていたものを供試した。各根こぶからは吉川ら(1981)の方法により休眠胞子を調整した。植物の栽培は、農業技術センターにおいては市販の野菜用培土を、県立広島大学では現地土壌をオートクレーブし、各土壌に対して休眠胞子を0, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup>および10<sup>7</sup>/g乾土となるように混和した汚染土壌で行った。各試験区では各品種最低3個体の3反復以上とし、吉本(1997)の方法により、根部に肥大組織の形成が認められるものを(+), 全く認められないものを(-)として、播種後約40日後に発病の有無を調査した。なお、土壌pHは5.6~5.8であった。

## 結果

### ‘CR広島2号’での根こぶ病発生状況

2010年11月には庄原市の一戸農家の圃場約15 aで‘CR広島2号’約7000株のほぼ全株に根こぶ病の発生を認めた。株は地面より浮き上がって萎凋し、地際部には「こぶ」の着生が株を引き抜くことなく目視できる状態で、被害は激甚であった(図1)。農家より聞き取りの結果、当該圃



図1. 広島県庄原市におけるヒロシマナ品種‘CR広島2号’の根こぶ病発生状況(2010年11月).

- a. 株は浮き上がって地際部にこぶが目視でき、葉には凋れが認められる。  
 b. 細根は殆ど失われ、巨大なこぶを形成している。

場は水田からの転換畑で、夏作のトウモロコシの後作としてヒロシマナが数年間連作されていた。前年は圃場のごく一部の‘CR広島2号’に根こぶの着生を認めたが、特に除去することなく残渣はトラクターで鋤き混んだという。他の農家圃場では発生を認めていない。

#### 根こぶ病菌の病原性判別

2010年産および2003年産の根こぶ病菌休眠胞子を0,  $10^5$ ,  $10^6$ および $10^7$  / g乾土に調整した汚染土壌でヒロシマナおよびハクサイを栽培し、それらの根こぶ病感受性を検定した(表1)。

表1. ヒロシマナ根こぶ病菌に対するヒロシマナおよびハクサイの感受性検定\*

接種植物(由来)	根こぶ病菌接種密度**						
	0	2003年産			2010年産		
		$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^5$	$10^6$	$10^7$
ヒロシマナ							
広島菜(タキイ)	0/23	6/6	14/16	9/9	4/6	8/11	9/9
CR広島2号(タナベ・農家使用残)	0/6	-	-	0/9	-	-	8/9
(タナベ・未開封品)	0/28	-	-	0/40	-	-	19/21
(農業技術センター)	0/14	-	-	0/35	-	-	21/23
CR広島1号(農業技術センター)	0/13	-	-	0/17	-	-	13/15
ハクサイ							
無双(タキイ)	0/28	11/13	15/21	12/14	1/12	10/24	10/11
隆徳(渡辺)	0/9	-	-	0/29	-	-	17/20
スーパーCRひろ黄(柿沼)	0/11	-	-	0/43	-	-	0/40

\* 罹病個体数 / 供試個体数

\*\* 根こぶ病菌休眠胞子数 / g乾土

罹病性の対照として用いた‘広島菜’およびハクサイ品種‘無双’では土壌中の休眠胞子密度が低下するにしたがって発病率は低下し、休眠胞子未接種区(0 / g乾土)では一切、発病は認められなかった。一方、 $10^7$  / g乾土休眠胞子接種区では概ね85%以上の発病率であった。2003年産休眠胞子 $10^7$  / g乾土接種区では‘CR広島1号’、‘CR広島2号’、‘スーパーCRひろ黄’

および‘隆徳’は全く発病せず抵抗性を示したが、2010年産休眠胞子 $10^7$  / g乾土接種区では‘スーパーCRひろ黄’のみが抵抗性であり、休眠胞子の由来により植物の感受性は明らかに異なった。特に‘CR広島2号’とその交配親である‘CR広島1号’はともに2003年産休眠胞子接種では抵抗性、2010年産接種では罹病性であった(図2)。Hatakeyama *et al.*, (2004)に従った根こぶ病菌病原性の分類では‘隆徳’の反応の違いから2003年産はレース4、2010年産はレー

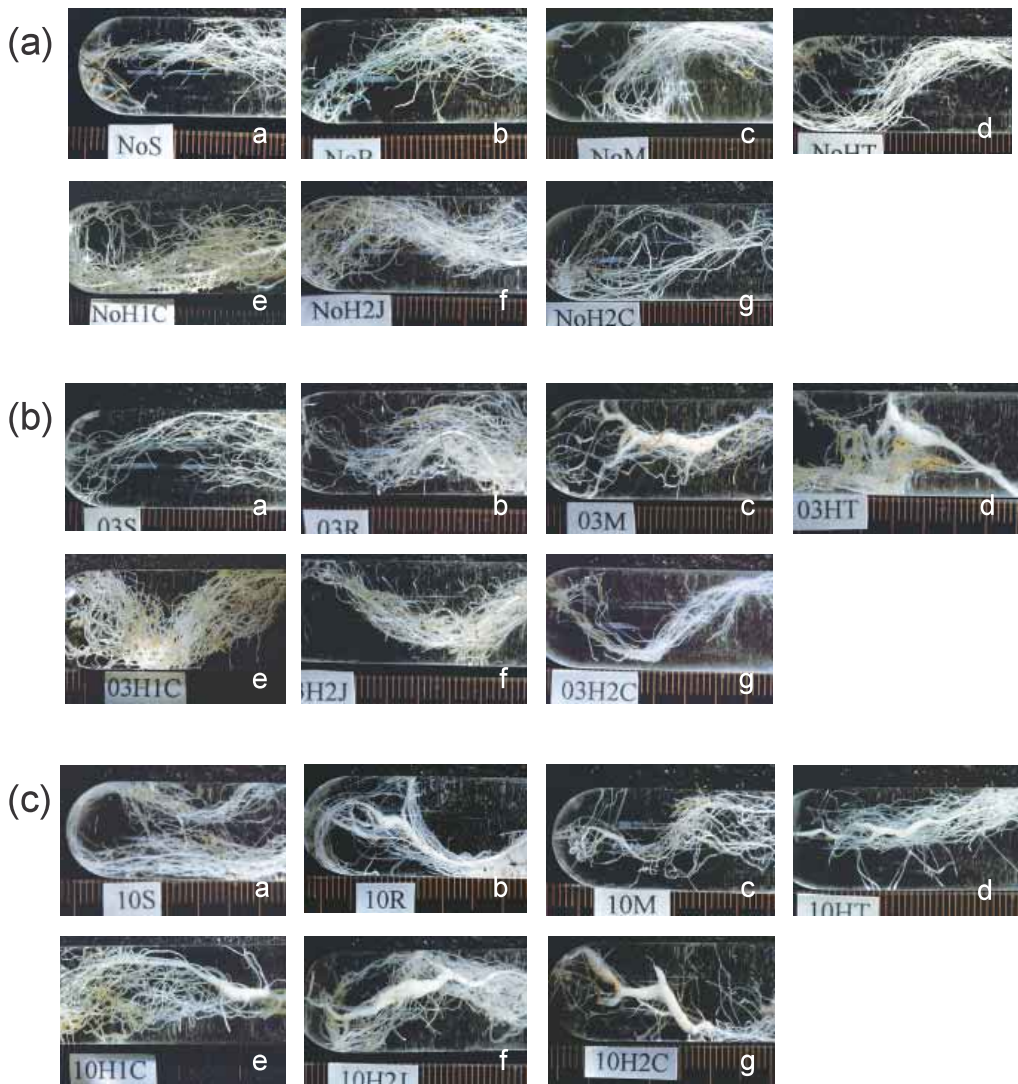


図2. ヒロシマナおよびハクサイの感受性検定結果。

(a)無接種区

(b)2003年産根こぶ病菌休眠胞子数  $10^7$  / g 乾土接種区

(c)2010年産根こぶ病菌休眠胞子数  $10^7$  / g 乾土接種区

a:スーパーCRひろ黄, b:隆徳, c:無双, d:広島菜(タキイ)

e:CR広島1号, f:CR広島2号(タナベ), g:CR広島2号(農業技術センター)

ス2と判別された。

## 考察

絶対寄生性であるアブラナ科植物根こぶ病菌は、各種アブラナ科植物の根に寄生してこぶを形成し、その内部には $10^9$  / g以上の休眠孢子が形成される(池上, 1992)。休眠孢子は土壌中で宿主植物の存在無しに7年以上生存する(Karling, 1968)。このため被害残渣を適切に処分することなしに連作を行うと土壌中の根こぶ病菌休眠孢子密度は急激に増加し、さらに一旦休眠孢子が広範囲に拡散すると、大規模な対策が求められその防除は極めて困難となる。本病防除薬剤として、古くはペentakクロロニトロベンゼン(PCNB)等が用いられたが、十分な効果は得られず、近年では一般にフルスルファミドが用いられている。フルスルファミドの主な作用機作は休眠孢子の発芽阻害にあり(Tanaka *et al.*, 1999)、薬剤が土壌より流亡あるいは分解して失われると休眠孢子はその発芽力を回復する。このため根こぶ病抵抗性を有さない従来品種では薬剤を常用する必要があり、近年の低コストで環境に優しい農業の観点からは望ましいことではない。これらの理由から交配育種により遺伝的に改良された抵抗性品種の利用による根こぶ病被害回避は、強く望まれていた(重本ら, 2004)。

現地調査を行った当初は、他品種の種子との取り違えも疑われた。このため‘CR広島2号’に付いては市販種子とともに農業技術センターに保存されていた‘CR広島2号’を接種試験に供した。その結果、いずれの‘CR広島2号’も2003年産の根こぶ病菌休眠孢子に対して抵抗性、2010年産に対しては罹病性と判定され、種子の取り違え説は否定された。根こぶ病菌病原性検定ハクサイ品種に対する接種試験の結果、2010年に現地で根こぶ病が激発した原因は、現地に生息する根こぶ病菌の病原性の変化、すなわち、レース4からレース2への変化によるものであると結論された。‘CR広島2号’とその交配親‘CR広島1号’およびハクサイ品種‘隆徳’は各根こぶ病菌に対して同様の反応を示した。‘CR広島1号’と‘CR広島2号’はそれらの育成系譜から同一の抵抗性遺伝子を有する可能性が極めて高いが、これと‘隆徳’の有するものが同一か否かについては、遺伝子解析が行われていない現時点では不明である。また、当該圃場におけるレース2の由来についても明らかではない。今後、本レースの当該圃場から未発生圃場への拡散には特に注意すべきである。

アブラナ科植物根こぶ病は酸性で水はけの悪い土壌条件下で多発する。一般的には土壌pHの矯正や排水性の改善等の耕種的防除とともに、化学的、物理的あるいは生物的防除が行われてきたが、近年ではこれらを各発生地状況に応じて合理的に組み合わせたオーダーメイドの総合防除が試みられている(對馬, 2005)。抵抗性品種の罹病化事例が示された今日、広島県でのヒロシマナ栽培においては抵抗性品種にのみ頼るのではなく、早期に総合防除法を確立し、それを強力で推進していく必要がある。

なお、本研究結果に基づき、2011年5月、広島県立総合技術研究所農業技術センターと県立広島大学は共同で、広島県内のヒロシマナ生産組合に対し、抵抗性ヒロシマナ品種の根こぶ病罹病化についての説明会を開催して注意を喚起するとともに、土壌pHの矯正、排水対策と輪作等の耕種的防除を行うこと、被害が見られた場合における病根掘取りの徹底と適切な残渣処理によっ



て被害拡大に努めること等について指導した。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、広島県立総合技術研究所農業技術センターの香口哲行氏には多くの有益なご助言を賜った。University of Hawaii at Mānoa, Anne M. Alvarez教授にはSummaryの校閲ならび有益なご助言をいただいた。ここに記して深謝する。

## 引用文献

Hatakeyama, K., Fujimura, M., Ishida, M and Suzuki, T.(2004). New classification method for *Plasmodiophora brassicae* field isolates in Japan based on resistance of F1 cultivars of Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L.) to clubroot. *Breeding Science* 54:197-201.

池上八郎 (1992) . アブラナ科野菜根こぶ病菌の生態と防除. 土と微生物39:1-10.

Karling, J. (1968). *The Plasmodiophorales*. 2nd ed. Hafner Publishing Company, New York. p. 256.

重本直樹・栗田祐二・平尾晃・長久逸・甲村浩之・麓昌次郎 (2004) .根こぶ病抵抗性ヒロシマナ品種‘CR広島1号’の育成. 広島農技セ研報 76:85-90.

Tanaka, S., Kochi, S., Kunita, H., Ito, S. and Kameya-Iwaki, M.(1999). Biological mode of action of the fungicide, flusulfamide, against *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *Eur. J. Plant Pathol.* 105: 577-584.

對馬誠也 (2005) . 病害防除におけるIPMの展望と課題 -アブラナ科野菜根こぶ病防除を事例として- 関東東山病害虫研究会報 52:1-8.

西濱健太郎・重本直樹 (2009) . 高香気性の根こぶ病抵抗性ヒロシマナ新品種「CR広島2号」. 農耕と園芸 2009.8月号:55-57.

吉川宏昭・芹澤正和・飛驒健一 (1981) .アブラナ科野菜の根こぶ病抵抗性品種に関する研究 III 根こぶ病抵抗性の早期検定法. 野菜試験場報告 A. 8:1-21.

吉村 均 (1997) .セルトレイ底面給液によるハクサイ根こぶ病菌密度の簡易生物検定法. 近畿中国地域における新技術 32:42-46.

## Summary

Hiroshimana (*Brassica rapa* L.) is a unique but well-known crucifer widely produced in Hiroshima Prefecture and is processed mainly into salted vegetables called ‘Hiroshimana-zuke’. Because clubroot caused by a soil-borne pathogen, *Plasmodiophora brassicae* Woronin, is one of the most serious diseases of cultivated Hiroshimana, resistant cultivars ‘CR Hiroshima No.1’ and ‘CR Hiroshima No. 2’ have been developed and utilized from 2006 and 2008, respectively. On November, 2010, however, breakdown of clubroot resistant Hiroshimana occurred in Shobara city, a northern part of Hiroshima Prefecture. Inoculation with resting spores of *P. brassicae* collected in 2003 and 2010 on differential cultivars of Chinese cabbage clearly showed that the breakdown of the resistance was due to an appearance of physiological race 2 of the pathogen, while race 4 was formerly the prevalent race.