

小豆主要病害研究进展

王彦,田静,范保杰,刘长友,曹志敏,张志肖,苏秋竹

(河北省农林科学院 粮油作物研究所,河北省作物遗传育种重点实验室,河北 石家庄 050031)

摘要: 小豆是我国传统的栽培豆类之一,近年来,由于植物病害的发生与流行,导致小豆大面积减产,质量和品质严重下降。我国小豆病害病原菌研究尚处于起步阶段,而利用分子技术鉴定病原菌的致病力分化未见报道,导致小豆抗病育种进度缓慢,育成品种利用率较低。笔者将从国内外不同小豆种植区病害的种类、不同病害病原菌的致病力分化及其变异趋势、抗病育种等方面综合阐述小豆病害的国内外研究进展,旨在了解国内外小豆主要病害病原菌的地理分布情况、不同病害病原菌致病力及其变异趋势,探讨中国小豆病害研究前景,为我国小豆抗病育种提供理论依据。

关键词: 小豆; 病害; 研究进展

中图分类号: S435.111 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0197-05

Advances in the Study of Major Diseases on Adzuki Bean

WANG Yan, TIAN Jing, FAN Bao-jie, LIU Chang-you, CAO Zhi-min, ZHANG Zhi-xiao, SU Qiu-zhu

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hebei

Laboratory of Crop Genetic and Breeding, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Adzuki bean (*Vigna angularis*) is one of the traditional grain legumes in China. Plant disease has been a major problem on the improvement of yield and quality of adzuki bean in China. However, pathogenicity differentiation study of the pathogens is greatly lagged behind in China comparing to the major crops, which has constrained the intensive development of resistance breeding. In this paper, studies on disease types, the difference in virulence among the isolates of pathogen and the distribution of virulent isolates in the field, resistance breeding of adzuki bean were reviewed both in China and the world in order to provide the theoretical basis of adzuki bean resistance breeding.

Key words: Adzuki bean; Disease; Research progress

小豆(*Vigna angularis*)又名赤豆、红豆、红小豆,是豆科(Leguminosae)豇豆属中的一个栽培种。目前已有30多个国家种植小豆^[1],以中国、日本和韩国种植较多,在美国、印度和澳大利亚等地也有种植^[2]。由于小豆具有较高的营养价值和药膳保健功能,国内外需求量逐年上升,小豆种植面积也逐年扩大。近年来,由于小豆病害的发生与流行,导致小豆大面积减产,品质下降。为了保证小豆种植产业的持续发展,迫切需要了解引起小豆主要病害病原菌的地理分布、致病力分化及其变异趋势,为小豆病害的预测预报、植物检疫、抗病育种及品种的合理布局提供理论依据,为我国开展小豆病害病原菌研究

等相关工作提供借鉴,有效的控制小豆病害的危害与蔓延,提高小豆的产量和质量。笔者将从主要病害的发生、病原菌分布、致病力分化及其变异趋势等方面综合阐述国内外小豆主要病害研究进展,探讨中国小豆病害研究前景。

1 我国小豆主要病害研究进展

据调查,我国小豆田间病害以尾孢菌叶斑病(*Cercospora canescens*)、锈病(*Uromyces azukicola*, S. Hirata)、白粉病(*Sphaerotheca fuliginea*)和病毒病等危害较为严重,小豆疫霉茎腐病^[3]和根结线虫病^[4]也有报道。迄今,我国对小豆主要病害的防治和抗

收稿日期: 2011-10-17

基金项目: 国家食用豆产业技术体系(CARS-09)

作者简介: 王彦(1983-),女,河北邯郸人,硕士,主要从事食用豆病害研究。

通讯作者: 田静(1964-),女,河北石家庄人,研究员,主要从事食用豆育种相关研究。

性资源筛选方面研究较多,关于引起病害病原菌的分布、致病力及其变异趋势研究较少。

1.1 小豆尾孢菌叶斑病研究进展

小豆尾孢菌叶斑病是小豆生产上危害较为严重的病害之一,小豆各产区均有发生,以河北、山东、北京和天津等省、市发病较严重。小豆尾孢菌叶斑病是由变灰尾孢菌(*Cercospora canescens*)引起的,主要侵染叶片,严重时也侵染茎和荚。由于该病菌较难分离培养和产孢,因此病原菌致病力分化及分布研究报道较少。2010年本研究室通过对河北省小豆病害调查发现小豆成株期被叶斑病菌侵染,之后叶斑病严重发生,造成品质和产量下降。目前该病可用化学药剂防治,但最经济有效的方法还是培育抗病品种,而搜集抗病资源是小豆抗病育种的基础和前提,我国学者对此做了大量研究。1987-1990年陈良弼等^[5]通过人工接种法对1000余份小豆品种进行了抗叶斑病鉴定,筛选出1个抗病品种、2个中抗品种和6个抗性良好的品种。2000年魏淑红^[6]通过人工接种方法对全国2040份小豆资源进行田间成株期抗叶斑病鉴定,筛选出1个抗病品种、3个中抗品种及10个较耐病的品种。我国学者筛选出的抗病性品种是相对于供试菌株而言的,但并不清楚供试菌株在我国小豆各产区的分布情况、致病力强弱及是否存在致病力不同的其他菌株,从而导致筛选到的抗病品种难以大面积推广或种植范围受限制。因此,需要加强对引起叶斑病的尾孢菌的致病力分化及其分布情况等方面的研究,以填补我国在小豆叶斑病病原菌研究方面的空白。

1.2 小豆锈病研究进展

小豆锈病也是小豆生产上危害较重的病害,在小豆各种植区均有发生,并伴随小豆整个生育期。研究发现小豆锈病在我国的空间分布型为聚集分布,但趋近于随机分布^[7],但关于引起小豆锈病的病原菌研究很少,国内认为是由疣顶单胞锈(*Uromyces appendiculatus*)引起,有待进一步研究证实。目前对小豆锈病的防治方法中,培育抗病品种是较为经济、减少污染的防治途径,也是生产绿色食品的最佳选择。而培育抗病品种的基础和前提是寻找抗锈病资源,1986-1989年曹如槐等^[8]通过孢子悬浮液喷雾接菌法对1003份小豆种质资源进行了抗锈病鉴定,筛选出7份高抗品种和5份中抗品种。1991年曹如槐等^[9]采用人工接菌与自然侵染相结合的方法对1000份小豆种质资源进行了抗锈病鉴定,筛选出7份高抗品种、5份抗病品种及10份中抗品种。

小麦锈病、苹果锈病等病原菌的相关研究表明锈菌具有高度变异性和专化性。小豆锈病病原菌可能存在小种分化,而学者们筛选到的抗病品种是相对于供试菌株而言的,供试菌株的小种类型、致病力分化及我国小豆锈菌种类和分布情况均不清楚,从而引出筛选到的抗病品种适合哪些地区、何种地块种植等一系列问题。因此,今后我国应开展小豆锈病病原菌生理小种分化及分布的调查研究,将我国小豆种质资源的抗锈病性鉴定及抗锈品种选育与利用提到一个更高水平。

1.3 小豆病毒病研究进展

小豆花叶病毒病是我国江淮地域各栽培区流行性病毒病害,对小豆生产威胁较大。国内外关于小豆病毒病的相关研究表明,引起小豆病毒病的病毒种类有五、六种,较为严重的是长豇豆花叶病毒、豇豆花叶病毒和豇豆蚜传花叶病毒。长期以来,我国学者也对小豆病毒病进行了相关研究,1964年韦石泉^[10]从北京市郊的几个重病田块病株上分离到的赤豆花叶病毒(AzMV),属于长豇豆花叶病毒(Ab-MV)种群的一个新株系,可以借汁液、蚜虫及种子传毒。1985年沈淑琳等^[11]从北京、吉林和天津等地小豆病株上分离到豇豆蚜传花叶病毒(CAbMV)、黄瓜花叶病毒(CMV)、蚕豆萎蔫病毒(BBMV)、苜蓿花叶病毒(AMV)4种病毒,并发现小豆病毒病复合侵染现象比较普遍,两种以上病毒的复合侵染比任何一种病毒的单独侵染所造成的危害都要大。1989年陆天相等^[12]对河北省小豆病毒分离物研究表明,小豆病原毒为黄瓜花叶病毒,可以桃蚜非持久性传播。目前,主要以豆科植物为主要鉴别寄主区分黄瓜花叶病毒株系。1994年周雪平等^[13]对黄瓜花叶病毒病进行了鉴别寄主鉴定,根据其对豌豆、蚕豆、豇豆、扁豆四种鉴别寄主产生的不同症状,将供试病毒分离物分2个致病型:I型产生局部枯斑症状,II型产生系统症状。1999年康霄文^[14]通过鉴别寄主法证实长沙市郊赤豆病株上分离到的病毒分离物RB-1属于黄瓜花叶病毒致病I型。

综上所述,引起我国小豆病毒病的病毒原有长豇豆花叶病毒、豇豆蚜传花叶病毒、蚕豆萎蔫病毒、苜蓿花叶病毒和黄瓜花叶病毒。但我国小豆各种植区的病毒种类和分布情况尚不清楚,弄清楚这些问题有助于合理的品种布局,减少病害造成的损失。

1.4 小豆疫霉茎腐病研究进展

小豆疫霉茎腐病是由豇豆疫霉菌小豆专化型(*Phytophthora vignae* f. sp. *adzukola*)引起的,是小豆生产的重要病害,该病主要分布在日本和韩国,1999

年朱振东等在黑龙江省佳木斯市合江地区农科所小豆试验地首次发现了小豆茎腐病,并对分离到的5株病原菌菌株的专化型及部分小豆资源的抗病性进行了鉴定,结果表明分离自黑龙江省合江地区农科所试验地的5株小豆茎腐病病原菌均为豇豆疫霉菌小豆专化型,并筛选到7份抗茎腐病小豆资源。近年来,关于黑龙江省小豆茎腐病的发生情况和病原菌的致病力分化的研究未见报道,迫切需要对东北各省小豆种植区的病害进行系统调查,严把种子调入调出关,防止该病传入其他地区及其在本地大面积发生流行。

2 国外小豆主要病害研究进展

在国外,以日本和韩国种植小豆较多,小豆是日本种植的第二大类豆科作物,年产10万t,北海道是小豆的主产区,占日本小豆总产量的三分之二。由于病害的发生与流行,造成小豆严重减产,为了使小豆生产的可持续发展,日本研究者对当地小豆的主要病害进行了大量研究。

2.1 小豆疫霉茎腐病研究进展

在日本小豆疫霉茎腐病是小豆生产上比较严重的土传病害之一。1967年Narita等^[15]首次在北海道发现了小豆疫霉茎腐病(*Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola*),之后几年由于感病品种连年种植及种子的调运使小豆疫霉茎腐病成为北海道的流行性病害,尤其在北海道中部和西部地区,导致小豆大面积减产^[16]。因此,1977–1979年Tsuchiya等^[17]、1994–1995年Makino等^[18]通过鉴别寄主对*P. vignae*的小种分化进行了系统研究,根据小豆疫霉茎腐病菌对不同品种的致病力不同,将其分为3个小种,1号小种和3号小种是北海道的优势小种,2号小种较少,并筛选培育出抗所有小种的小豆品种Syumari。然而,1999年在品种Syumari的试验田中也发现了疫霉茎腐病。Notsu等^[19]通过鉴别寄主(Erimo-shozu, Kotobuki-shozu, Noto-shozu和Syumari)对从病株上分离到的*P. vignae*病菌菌株进行鉴定,证明其为一个新的小种,定名为4号小种。由于新小种的发现,1999–2004年Kondo等^[20]对日本北海道63个小豆种植区域的107株*P. vignae*病菌菌株的小种分化进行了系统研究,发现26株为1号小种,52株为3号小种,28株为4号小种,1株非致病力菌株。其中,4号小种寄主范围大、侵染区域广,在北海道中部和西部地区各小豆种植区均有分布。2008年Ogura^[21]又发现了一个新小种,定名为5号小种。一系列的研究表明,小豆疫霉茎腐病是

日本北海道的流行性病害,病菌存在明显的致病力分化,在较强的选择压力下容易发生变异,产生新的小种。

目前,关于小豆疫霉茎腐病的致病力分化鉴定主要是通过鉴别寄主法鉴定^[22],其中1号小种侵染cv. Takara-shozu,不侵染cv. Kotobuki-shozu或cv. Noto-shozu;2号小种侵染cv. Takara-shozu和cv. Kotobuki-shozu,不侵染cv. Noto-shozu;3号小种侵染cv. Takara-shozu、cv. Kotobuki-shozu和cv. Noto-shozu;4号小种侵染Syumari,而1、2、3号小种均不侵染Syumari。了解小豆*P. vignae*病菌不同生理小种在小豆各种植区的分布情况,能有效控制该病的发生及大流行,有助于对小豆各抗病品种进行合理布局,减少产量损失。

2.2 小豆褐茎腐病研究进展

豆科植物的褐茎腐病是由土传真菌引起的维管束病害,植物被侵染后维管束变褐,侵染严重的导致枯萎落叶。1933年Tanaka在日本北海道首次发现了小豆褐茎腐病,随后小豆褐茎腐病大爆发,造成小豆大幅度减产,成为影响小豆产量的一个重要问题。为了防治该病,研究者对引起该病的病原菌进行了大量研究,相关研究表明日本小豆褐茎腐病病原菌与美国大豆褐茎腐病为相同的病原菌*Cephalosporium gregatum*(异名*Phiaophora gregata*)^[23–24],但致病力不同,且病菌的乳酸脱氢酶、过氧化物酶、酯酶和酸性磷酸酶的谱带差异较大,进一步说明两种病原菌属于不同的专化型或小种^[25]。日本的研究者们通过对日本小豆褐茎腐病菌和美国大豆褐茎腐病菌的致病力研究,发现日本小豆褐茎腐病菌仅对小豆和绿豆有致病力,而美国大豆褐茎腐病菌仅对大豆和绿豆有致病力,分别定名为小豆专化型和大豆专化型^[26]。1998年Kondo等^[27]通过比较6个小豆褐茎腐病菌菌株对抗病品种Kita-no-otome的致病力差异,把6个菌株分为2个生理小种,即1号小种和2号小种,1号小种侵染品种Kita-no-otome,2号小种不侵染。2002年Kondo^[28]又对北海道19个地区的39个地块分离的共483株褐茎腐病菌的致病力分化进行研究,结果表明1号小种为优势菌株,占测试菌株的86.1%,2号小种分布地域比较广,在25个地块有分布,占供试田块的64.1%。2005年Kondo等^[29]通过研究褐茎腐病菌对品种Acc259(抗1、2号小种)、Erimo-shozu(感所有小种)和Kita-no-otome(抗1号小种,感2号小种)的致病力差异,又发现一个对Acc259有致病力的新小种,定名为3号小种,至今,小豆褐茎腐病菌共包括3小种。

2.3 小豆枯萎病研究进展

小豆枯萎病是日本小豆生产上另一较为严重的土传病害,1906 年 Hanzawa 首次报道了小豆枯萎病,其病原菌为镰孢菌。1983 年首次在日本北海道西部地区发现小豆枯萎病^[30],1989 年 Kitazaw 等^[31]提出小豆枯萎病是由尖镰孢小豆专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *adzukiicola*)引起的。Kondo 等^[32]根据分离物对 4 个不同小豆品种的致病力差异,将其划分为 3 个小种,Toiku 123 抗 3 个小种,Hatsune-shozu 抗 1、2 号小种,Hikari-shozu 仅抗 1 号小种,Kotobuki-shozu 感 3 个小种。

前期关于病原菌的致病力分化研究主要是通过鉴别寄主法鉴定,采用鉴别寄主法对病原菌致病力分化进行研究具有形象直观的特点,能检测其致病力强弱,但其鉴定周期较长。随着生物技术的不断发展,生物学技术也被用于多种作物病害的病原菌致病力分化研究,且鉴别速度快。1997 年 Kondo 等^[33]通过硝酸盐缺失突变体对 311 株枯萎病菌分离物的营养亲和群进行了研究,结果表明所有的供试菌株可以划分为两个亲和群(0020HU 和 0021HU),91% 的供试菌株属于 0020HU。0020HU 包括 2 个亚群,枯萎菌的 3 个小种都属于亚群 I,1 号小种的 3 个菌株属于亚群 II。鉴别寄主法与生物学技术联合应用,可使鉴定结果更加准确完善。

小豆疫霉茎腐病、褐茎腐病和枯萎病均为土传病害,化学药剂和栽培措施(如轮作)虽可以对这些病害进行防治,但最经济有效的方法是种植抗病品种^[34],而寻找抗源材料,是抗病育种的关键。20 世纪 70 年代,日本学者们侧重于小豆疫霉茎腐的小种特异抗病性方面的研究,并培育出抗病品种 Kotobuki-shozu 品种 Kotobuki-shozu 大面积连年种植几年后,在其上发现枯萎病、褐茎腐病,之后又培育出兼抗抗枯萎病、褐茎腐病和疫霉茎腐病的品种 Syumari^[35],但种植几年,品种 Syumari 也被病菌侵染。另外,胞囊线虫侵染后可以加重小豆褐茎腐病的严重度^[36],防治胞囊线虫能有效地减轻褐茎腐病的严重度。目前,研究者们将培育多重抗病性和水平抗病性品种作为抗病育种的研究方向。

3 研究前景与展望

3.1 系统开展我国小豆病害种类及分布调查

迄今为止,我国小豆发生的病害主要有叶斑病、锈病、白粉病和病毒病,针对这些病害,研究者们进行了大量小豆抗性资源筛选方面的研究^[5 6 8 9],但关于小豆病害病原菌的致病力分化、变异趋势及其

分布情况的系统研究未见报道。今后,需要对我国小豆各种植区病害病原菌的致病力分化、变异趋势及其分布情况进行系统调查,以明确我国小豆各种植区在苗期、分枝期和开花期病害发生情况,并掌握病害的发病条件和发病时期,为预测预报及小豆生产提供依据和指导。

3.2 加强小豆病害病原菌致病力分化研究

目前,我国关于引起小豆病害的病原菌分布、致病力分化及其变异趋势等方面的研究较少,几乎为空白。另外,我国的小豆抗病育种工作都是针对供试菌株进行的,筛选出的抗病品种只是相对于供试菌株而言的,并非抗所有菌株,给品种推广带来困难。因此,需要对引起小豆病害的病原菌进行系统的研究,明确我国小豆主要病害病原菌的致病力分化、变异趋势及其分布情况,掌握各地区小豆主要病害和该地区的优势小种,以便合理的品种布局,降低由病害造成的损失。首先,从我国小豆各种植区采集病样分离病菌,即为供试菌株,通过比较供试菌株对不同小豆品种的致病力差异,将其分为不同的致病型,确定不同致病型病原菌在小豆各种植区的分布情况;其次,选用各致病型的代表性菌株为供试菌株,通过温室试验对我国全部小豆种植资源进行系统的抗病性鉴定,明确筛选出的小豆抗病性材料抗某些(某种)病害或抗某些(某种)病害的某个(几个)致病型,为小豆抗病育种和小豆病害综合防治提供理论依据。

迄今为止,国内外关于小豆病害病原菌致病力分化的研究多数是通过鉴别寄主法进行鉴定的。然而,鉴别寄主法费时费力,且容易受外界条件影响,接菌量不均一,也可能导致鉴定结果不准确。随着生物技术的迅速发展,生物技术(PCR、AFLP、RAPD 等)^[37 38]越来越多的被用于病原菌致病力分化研究,鉴别寄主法与分子技术综合运用对小豆进行抗病性鉴定,有利于加快研究进度和准确度,使结果更准确可靠。

3.3 开展抗性资源筛选和抗病育种

目前我国小豆育种目标主要是产量、生育期、生长习性、商品品质及营养品质等,针对特殊病害进行的抗病育种尚处于起步阶段,且主要病害的鉴定方法尚未完善和普及,以至于研究上缺乏用于进行系统研究和利用的抗性资源,生产上缺乏抗性突出、综合性状优良的新品种。因此,加大抗性资源的引进、搜集与鉴定力度,筛选出具有不同抗性水平的小豆资源,研究小豆资源的抗病机制,通过不同抗性资源间的杂交或转基因技术培育抗病品种,是从根本上

解决小豆病害危害,提高小豆产量和品质,推动小豆产业持续发展的途径,同时也是今后小豆主要的研究方向。

参考文献

- [1] 金文林,濮绍京. 中国小豆研究进展[J]. 世界农业, 2008, 3: 59-62.
- [2] 程须珍,王素华,王丽侠,等. 小豆种质资源描述规范和标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 1-3.
- [3] 朱振东,王晓鸣. 小豆疫霉茎腐病原菌鉴定及抗病资源筛选[J]. 植物保护学报, 2003, 9: 289-294.
- [4] 刘雨佳. 小豆根结线虫病发生规律及综合防治[J]. 作物种植, 2005(5): 19.
- [5] 陈良弼,魏淑红. 小豆种植资源抗尾孢叶斑病假定研究[J]. 作物品种资源, 1992(1): 28-29.
- [6] 魏淑红. 全国小豆种植资源抗尾孢叶斑病鉴定研究[J]. 黑龙江农业科学, 2000(3): 20.
- [7] 王晓梅,藏东初,崔长军,等. 玉米锈病和小豆锈病的空间分布型研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(5): 488-490.
- [8] 曹如槐,王晓玲,南城虎. 小豆种质资源对锈病的抗性鉴定研究[J]. 植物病理学报, 1989, 21: 180.
- [9] 曹如槐,南城虎,王晓玲. 小豆与豇豆种质资源的抗锈病鉴定[J]. 作物品种资源, 1991(1): 34-35.
- [10] 韦石泉. 赤豆花叶病毒的初步研究[J]. 植物病理学报, 1964, 7(1): 67-78.
- [11] 沈淑琳等. 从13种豆科植物和牧草上分离病毒及检测技术研究初报[R]. 植物检疫研究报告, 1985.
- [12] 陆天相,曹寿先,沈治国,等. 河北省侵染红小豆(*Phaseolus angularis* wight)的黄瓜花叶病毒的鉴定[J]. 河北农业大学学报, 1989, 12(1): 73-78.
- [13] 周雪平,濮祖芹,方中达. 豆科植物上分离的黄瓜花叶病毒(CMV)五个分离物的比较研究[J]. 中国病毒学, 1994, 9(3): 232-238.
- [14] 康霄文. 侵染赤豆的黄瓜花叶病毒研究[J]. 作物研究, 1999, 1: 29-31.
- [15] Narita T. Crop Diseases in Hokkaido, Japan [J]. Diseases of Adzuki Bean, 1977: 31-34.
- [16] Kitazawa K, Tsuchiya S, Kodama F, et al. Phytophthora stem rot of adzuki bean (*Phaseolus angularis*) caused by *phytophthora vignae* purss [J]. Ann Phytopath Soc Japan, 1978, 44: 528-531.
- [17] Tsuchiya S, Yanagawa M, Ogoshi A. Formae speciales differentiation of *Phytophthora vignae* isolates from cowpea and adzuki bean [J]. Phytopathology Japan, 1986, 52: 577-584.
- [18] Makino H, Fujita S, Murata K, et al. Characteristics of *phytophthora vignae* isolates collected in Hokkaido [J]. Ann Phytopath Soc Japan, 1997, 63: 530-530.
- [19] Notsu A, Kondo N, Fujita S, et al. New race of *Phytophthora vignae* f. sp. adzukicola, the causal agent of phytophthora stem rot of the adzuki bean [J]. Plant Pathology, 2003, 69: 39-41.
- [20] Kondo N, Notsu A, Naito S. Distribution of *Phytophthora vignae* f. sp. adzukicola races in adzuki bean fields in Hokkaido, Japan [J]. Plant Disease, 2004, 88: 875-877.
- [21] Ogura R. New race of *Phytophthora vignae* f. sp. adzukicola causal agent of phytophthora stem rot of adzuki bean [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 2008, 74: 79.
- [22] Notsu A, Kondo N, Fujita S, et al. New race of *Phytophthora vignae* f. sp. adzukicola, the causal agent of phytophthora stem rot of the adzuki bean [J]. Journal of General Plant Pathology, 2003, 69: 39-41.
- [23] Kobayashi K. Comparison of cephalosporium gregatum isolates from adzuki bean in Japan and from soybean in U. S. A. [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 1980, 46: 241-246.
- [24] Gams W. Cephalosporium-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes) [M]. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1971: 262-262.
- [25] Yamamoto H, Kobayashi K, Ogoshi A. Isozyme polymorphism in *phialophora gregata* isolates from adzuki bean and soybean in Japan [J]. Ann Phytopath Soc Japan, 1990, 56: 584-590.
- [26] Kobayashi K, Yamamoto H, Negishi H, et al. Formae speciales differentiation of *phialophora gregata* isolates from adzuki bean and soybean in Japan [J]. Phytopathology, 1991, 57: 225-231.
- [27] Kondo N, Fujita S, Murata K, et al. Detection of two races of *phialophora gregata* f. sp. adzukicola, the Causal Agent of adzuki bean brown stem rot [J]. Plant Disease, 1998, 82: 928-930.
- [28] Kondo N, Kobayashi Y, Sakama F, et al. Regional distribution of two races of *Phialophora gregata* f. sp. adzukicola, causal agent of brown stem rot of adzuki bean and their genetic diversity on Hokkaido, Northernmost island of Japan [J]. Plant Pathology, 2002, 68: 284-291.
- [29] Kondo N, Nakazawa K, Fuji S. New virulent race of *phialophora gregata* f. sp. adzukicola associated with continuous cultivation of adzuki bean cultivar Acc259 [J]. Plant Pathology, 2005, 71: 360-336.
- [30] Kitazawa K, Yanagita K. Adzuki bean wilt caused by *fusarium oxysporum* schl: reoccurrence and confirmation of the causal organism [J]. Ann Phytopath Soc Japan Phytopathology, 1984, 50: 643-645.
- [31] Kitazawa K, Yanagita K. *Fusarium oxysporum* schl. f. sp. adzukicola. f. sp. a wilt fungus of *phaseolus angularis* [J]. Ann Phytopath Soc Japan Phytopathology, 1989, 55: 76-78.
- [32] Kondo N, Kodama F. *Fusarium oxysporum* f. sp. adzukicola causal agent of adzuki bean wilt, and detection of three races of the fungus [J]. Ann Phytopath Soc Japan Phytopathology, 1989, 55: 451-457.
- [33] Kondo N, Kodama F, Ogoshi A. Vegetative compatibility groups of *fusarium oxysporum* f. sp. adzukicola and non-pathogenic *fusarium oxysporum* on adzuki bean isolated from adzuki bean fields in Hokkaido [J]. Phytopathology, 1997, 63: 8-12.
- [34] Fujita S. Studies on the breeding of adzuki bean cultivars resistant to adzuki bean brown stem rot (BSR) and phytophthora stem rot (PSR) (in Japanese) [J]. Report of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Station, 2007: 115-115.
- [35] Fujita S, Murata K, Shimada H, et al. A new adzuki bean variety "Syumari" with soilborne diseases resistance and excellent processing quality [J]. Agriculture, 2002, 82: 31-40.
- [36] Sugawara K, Kobayashi K, Ogoshi A. Influence of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) on the incidence of brown stem rot in soybean and adzuki bean [J]. Soil Biology, 1997, 29: 1491-1498.
- [37] Zou Y F, Jian G L, Ma C, et al. AFLP Analysis of pathotype of *verticillium dahliae* of cotton [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2003, 33(2): 135-141.
- [38] Navas-Cortés J A, Landa B B, Mercado-Blanco J, et al. Spatiotemporal analysis of spread of infections by *Verticillium dahliae* pathotypes within a high tree density olive orchard in southern Spain [J]. Phytopathology, 2008, 98, 2: 167-180.