

西瓜蔓枯病研究进展

黄大跃, 程瑞, 徐兵划, 顾妍, 张朝阳, 孙玉东*

(江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 淮安市设施蔬菜重点实验室, 江苏淮安 223001)

摘要 西瓜蔓枯病是西瓜栽培中常见病害, 是影响西瓜产量和品质的主要因素之一。从西瓜蔓枯病病原菌形态特征及分类、发病规律、分子诊断、抗性种质资源筛选和综合防治等方面对西瓜蔓枯病进行阐述, 为进一步研究西瓜蔓枯病提供理论依据。

关键词 西瓜; 蔓枯病; 形态特征; 发病规律; 抗性种质资源筛选; 综合防治

中图分类号 S436.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)22-0001-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Gummy Stem Blight of Watermelon

HUANG Da-yue, CHENG Rui, XU Bing-hua et al (Institute of Jiangsu Xuhuai Region Huaiyin Agricultural Research, Huai'an Key Laboratory of Facility Vegetables, Huai'an, Jiangsu 223001)

Abstract Gummy stem blight is a common disease in watermelon cultivation and one of the main factors affecting the yield and quality of watermelon. This article describes the gummy stem blight of watermelon from the aspects of morphological characteristics and classification, pathogenesis, molecular diagnosis, screening of resistant germplasm resources and comprehensive control of watermelon gummy stem blight pathogens, which provides a theoretical basis for further research on the watermelon gummy stem blight.

Key words Watermelon; Gummy stem blight; Morphological characteristics; Pathogenesis; Screening of resistant germplasm resources; Comprehensive control

西瓜(*Citrullus lanatus*)属于葫芦科西瓜属, 是世界上重要的水果经济作物。我国每年的西瓜产量位居全球第一, 并且每年人均消费西瓜约 50 kg。蔓枯病(Gummy stem blight)俗称“流黄水病”, 是由亚隔孢壳属的瓜类黑腐球壳菌(*Didymella bryoniae*)引起的, 是西瓜栽培过程中的主要病害。据报道, 西瓜蔓枯病发病株率一般为 15%~25%, 严重时高达 60%~80%, 病害流行时可使瓜田出现大量死藤, 减产 30%以上, 影响西瓜的产量和品质, 严重制约西瓜产业的发展^[1-2]。目前西瓜蔓枯病的防治主要以化学药剂为主, 但长期的使用农药导致病原菌株产生抗药性, 降低药剂防治效果的同时增大了防治成本; 同时, 长期使用农药带来商品西瓜的安全性下降^[3]。笔者综合近年来研究者们对西瓜蔓枯病的研究成果, 分析西瓜蔓枯病研究现状, 旨在为今后的西瓜蔓枯病抗性育种研究提供一定的理论参考。

1 蔓枯病病原菌形态特征及分类

西瓜蔓枯病是由亚隔孢壳属的瓜类黑腐球壳菌(*Didymella bryoniae*) 侵染而引起的真菌性病害, 西瓜蔓枯病属于囊菌亚门真菌腔菌纲座囊菌目座囊科, 其有性生殖产生子囊孢子, 无性繁殖产生分生孢子^[4]。蔓枯病菌分生孢子器多聚生在叶面和茎蔓表面, 即后期病斑上散生黑色小颗粒, 球形或扁球形, 直径为 80~136 μm , 顶部有圆形孔口, 呈乳状突起, 器壁淡褐色至褐色。成熟的分生孢子器内生有大量分生孢子, 遇水则释放出, 能够形成孢子链。分生孢子(11.5~16.0) $\mu\text{m} \times (3.5 \sim 5.0) \mu\text{m}$, 单胞或两胞(初为单胞后生隔膜), 无色, 短圆形至圆柱形, 两端钝圆, 两端各具 1 个油球。子囊

细颈瓶状或球形, 直径 96~110 μm , 孔口周缘的壁呈深黑色。子囊着生于子囊座内, 无色透明, 束生或平排, 无侧丝, 棍棒形, 正直或稍弯, 大小(33.8~78.0) $\mu\text{m} \times (7.8 \sim 13.0) \mu\text{m}$ 。子囊孢子为二胞, 分隔处有明显溢缩, 短棒状或梭形, 无色透明, 大小(10.4~15.6) $\mu\text{m} \times (3.9 \sim 8.3) \mu\text{m}$, 上孢较宽, 顶端较钝, 下孢较窄, 顶端稍尖^[5-6]。

据前人研究, 根据蔓枯病病原菌培养性状的不同, Chiu 等^[7]将蔓枯病菌分成 A 型、As 型、B-a 型、B-1a 型、B-b 型 5 种类型。其中 A 型较为常见, 在 PDA 培养基上气生菌丝稠密、絮状, 随菌龄变化, 菌丝由白变灰, 基内菌丝由深橄榄色变为黑色, 菌落生长迅速, 7 d 即可长满直径 9 mm 的平板, 在平板上正常培养不产孢^[8]。

2 西瓜蔓枯病发病规律及分子诊断

2.1 西瓜蔓枯病发病特点 苗期西瓜蔓枯病常发生在子叶分杈处, 初呈水渍状小点, 后变褐色坏死、缢缩, 病部产生黑色小粒点^[9]; 成株期叶部染病主要从叶缘开始侵染, 在叶缘部位形成褐色近似半圆或“V”字形大病斑, 在晴燥天气中形成的病斑上多具或明或隐的轮纹, 发病后期病斑上散生有小黑点, 极易破碎^[10]; 茎蔓受害, 多发生于茎基部的分枝处, 茎基部首先出现油渍状椭圆形病斑, 后发展成为梭形或不规则形褐色坏死斑, 幼茎失绿, 似开水烫过并缢缩, 病情严重的致全株枯死, 从病部流出黄褐色黏液, 病部表面产生许多黑色小粒点^[11-12]。果实染病, 产生不规则形水渍状坏死斑, 病斑凹陷, 后在病部长出很多黑色小粒点, 即病原菌的分生孢子器或子囊壳。在一些品种的果实上病斑表面常开裂, 内部则呈木栓化干腐, 而在另一些品种上则不开裂, 内部呈湿腐, 且病部可流出大量黄色汁液^[13]。

西瓜蔓枯病菌主要以分生孢子器或子囊壳在病残体上或土壤中越冬, 同时种子也可带菌^[14]。翌年待温湿度合适

基金项目 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所科研发展基金(HNY201916); 淮安市自然科学研究计划(HABZ201930)。

作者简介 黄大跃(1991—), 男, 江苏淮安人, 研究实习员, 硕士, 从事西瓜甜瓜病害研究。*通信作者, 研究员, 从事西瓜甜瓜育种研究。

收稿日期 2020-05-05; **修回日期** 2020-05-18

时,分生孢子、子囊孢子和菌丝等随风雨或灌溉水等传播,进行侵染。西瓜种子若带病原菌则在播种后容易导致子叶和嫩茎发病。西瓜蔓枯病病菌喜高温高湿环境,在温度 20~30℃、相对湿度 85%以上易发病,其中 25℃为菌丝最适生长温度^[15]。棚室栽培比露地栽培发病严重,关键原因是棚内湿度大,更有利于病原菌侵染。

2.2 西瓜蔓枯病分子快速诊断 以往西瓜蔓枯病菌主要通过子囊腔、子囊、子囊孢子、分生孢子器及分生孢子形态进行传统的分类鉴定,但是在早期发病时病部没有这些特征,西瓜叶片上蔓枯病和其他病害早期症状颇为相似,易产生混淆,因而建立一项能用于田间自然病样的分子诊断技术很有必要。戴富明等^[16]设计出一对特异性引物 XM-2 和 XM-R2,可以检测到 pg 以上的蔓枯病菌基因组 DNA,可精确扩增出自然病样中蔓枯病菌的特异性 DNA 片段。李丽^[17]设计筛选出蔓枯病菌特异性引物 DB-1F/R,利用 PCR 和 RT-PCR 技术,能在西瓜苗发病前即可检测是否感病,同时可用于检测瓜地土壤以及种子是否带蔓枯病菌,该研究初步建立了西瓜植株感病、土壤带菌和种子带菌的检测技术体系。王翀等^[18]设计特异性的引物 Db-5 和 Db-7 以及 Taq Man 探针 Db-P,利用实时荧光 PCR 即可对田间采集的病样进行检测,该方法比普通 PCR 灵敏度高 10 倍。该分子检测技术准确、快速、可靠,可用于西瓜蔓枯病田间的快速诊断,为尽早防治西瓜蔓枯病菌提供了一个有力工具。

3 西瓜蔓枯病抗性种质资源筛选及育种现状

3.1 西瓜蔓枯病抗性种质资源筛选 为了减轻西瓜蔓枯病的危害,抗病育种是一种经济有效的途径,但西瓜蔓枯病抗性育种工作起步较晚。顾卫红等^[19]在国内最早开展了西瓜抗蔓枯病的育种研究,其对一些西瓜种质资源进行了蔓枯病抗性鉴定并配制了新组合,试验结果发现,不同西瓜种质资源对西瓜蔓枯病的抗性存在显著差异,可通过系统选育的方法来获取抗病性较强的亲本材料;其中以美国引进提纯的 All-sweet scarlet、All-golden producer 的蔓枯病抗性最强,其自主选育的新品系 H2-5、A5-6 具有较强蔓枯病抗性;经多年试验,最终选育出抗蔓枯病西瓜新品种“抗病 948”,是国内首个适合南方多阴雨地区栽培的西瓜品种;并通过以抗病种质为亲本进行配制组合,结果表明西瓜的蔓枯病抗性性状属于显性遗传。Gusmini 等^[20]测试了美国 USDA-ARS 西瓜种质资源库中所有可用种质,结果发现 PI 279461、PI 482379、PI 254744、PI 526233、PI 482276、PI 271771、PI 164248、PI 244019、PI 296332 和 PI 490383 为最抗病的品种,可用于未来的育种工作。宋荣浩等^[21]对 42 份西瓜品种资源的主要农艺性状、蔓枯病抗性和品质等进行综合鉴定,筛选出 AU-producer、AU-jubilant、All-sweet Scarlet、Sugarlee、SS-DL、Carnival、红灯、都三号等蔓枯病抗性较强、兼具优异农艺性状的品种。宋荣浩等^[22]又筛选出 W6-9、W23-18 和 W23-47 等中抗蔓枯病种质。胡风云等^[23]通过苗期抗病鉴定及离体叶片接种研究,结果发现,绿美人和黑美人 2 个西瓜品种对蔓枯病菌均有较强抗性。目前,西瓜蔓枯病抗性种质资

源鉴定已有部分报道,但仍鲜见兼顾农艺性状良好且蔓枯病抗性较高的种质资源报道。不同西瓜品种资源对蔓枯病的抗性存在显著差异,可通过分子育种等手段培育出农艺性状更为优良的抗病新品种。

3.2 西瓜蔓枯病抗性遗传规律、基因定位及育种应用 目前对西瓜蔓枯病抗性机理尚不明晰,由于种质资源间抗性差异显著,西瓜蔓枯病抗性遗传规律也尚不明确。顾卫红等^[19]通过抗性种质资源杂交研究指出西瓜蔓枯病抗性遗传为显性;Norton^[24]通过将抗性品种 PI189225 与感病品种 Charleston Gray 进行杂交,根据 F2 代及回交后代的抗性表现,指出西瓜蔓枯病抗性基因是由 1 对隐性基因(*db db*)所控制;Gusmini 等^[25]通过对不同抗性水平下的西瓜品种进行杂交,根据 F1、F2 和 BC1 的抗性特性,发现西瓜对蔓枯病的抗性受遗传和非遗传因素的共同影响,且存在较大的环境影响和基因修饰。编码核苷酸结合位点(NBS)的抗性基因(NBS-LRR)在植物体内对多种病原体的防御反应起重要作用。Hassan 等^[26]通过 RT-PCR 研究发现,在接种蔓枯病原菌后,NBS-LRR 基因在抗性西瓜中表现出多种表达模式,且有 6 个 NBS-LRR 基因表现出一致的表达模式(*Clao001821*、*Clao19863*、*Clao20705*、*Clao12430*、*Clao12433* 和 *Clao12439*),即在抗性系中比易感系中表达量更高,表明 NBS-LRR 基因家族会响应西瓜蔓枯病菌的侵染。Lee 等^[27]通过对以易感种质 920533 为母本、抗性种质 PI 189225 为父本杂交后获得 F2 代群体,并进行 QTL 定位分析,结果获得有 4 个与西瓜蔓枯病抗性相关的 QTL 位点,分别为位于 8 号染色体和 6 号染色体上的 qLL8.1、qSB8.1、qDI8.1 和 qSB6.1;其中,位于 8 号染色体上的 qLL8.1 被鉴定为主要 QTL。Ren 等^[28]以抗性野生西瓜 PI 189225 为父本、易感西瓜种质 K3 为母本进行杂交,获得 F2 代群体进行西瓜蔓枯病菌接种抗性鉴定,并建库进行 BSA 测序分析,联合接种表型进行 QTL 连锁分析,结果表明,西瓜蔓枯病抗性基因定位在 8 号染色体上的 571.27 kb 区域中,该区域包含约 19 个基因,经过 RT-qPCR 证实其中 2 个抗病基因 *Clao001017* 和 *Clao001019* 的表达在抗性群体和易感群体中存在表达差异,表明其可能在西瓜蔓枯病抗性中起重要作用。西瓜蔓枯病抗性可能受多个基因调控,且受环境影响,抗性遗传较为复杂,需对候选抗性基因进行精细定位和深入研究。

4 综合防治

4.1 农业防治 在正常的农业生产管理中,因节约成本,往往忽视了农业防治,导致田间病害逐年加重。有研究表明,与禾本科植物轮作如瓜稻轮作,可以有效降低蔓枯病的发病率,袁培祥^[29]研究发现,轮作年限越久,西瓜蔓枯病发病率越低。孙兴祥等^[30]设计了大棚常规栽培、高温降湿防病栽培和露地栽培等栽培模式,对比发现盐城临海早春大棚覆盖栽培西瓜在生长阶段处于温度 20~35℃、湿度 60%~85%时,采用高温降湿防病栽培模式,13:00 棚内温度可保持 45℃、湿度可保持 30%~50%的高温低湿条件,蔓枯病防治效果达到 66.4%,从而有利于减轻病害发生、增加西瓜产量。

此外在定植前施足基肥,使用充分腐熟的有机肥,注意氮磷钾比例;选择排灌状况良好的地块,在雨季可及时排出雨水;定植时用土将苗根围地膜缺口压实,以防高温时热气涌出,致茎秆基部湿度加大;大棚栽培要每天观察棚里温湿度,做好及时通风,降低棚里湿度;及时摘除病叶,清理病原,收获后彻底清园,可有效减少侵染来源^[31]。

4.2 化学防治 相对于农业防治,使用化学杀菌剂对西瓜蔓枯病进行防治是种植户首选方式,此方法经济和高效,可在短时间内控制住病情的发展,减少损失。国内对于化学药剂防治蔓枯病的研究较多,冯春水等^[32]研究发现采用新型杀菌剂 56%AF-117 SC 防治西瓜蔓枯病,田间防效达 70%~80%。邓克勤等^[33]通过西瓜蔓枯病的防治药剂试验发现,喷施 75%肟菌酯·戊唑醇等杀菌剂效果较好。袁浩等^[34]研究了 40%苯醚·吡唑醚菌酯悬浮剂防治西瓜蔓枯病田间药效试验,结果表明,225~335 mL/hm² 的剂量,2 次施药后防治效果可达到 70%;郑雪松等^[35]研究发现,24%烯肟菌胺·苯醚甲环唑悬浮剂可用于防治西瓜蔓枯病。霍玉芹等^[36]研究发现用青枯立克 100~150 mL+大蒜油 15 mL+根基宝 50 mL,对水 15 kg 灌根(同时喷雾效果更佳),连用 2~3 次,3 d 灌 1 次,病情控制后转为预防。使用化学药剂防治蔓枯病见效快、成本低,但由于长期使用单一品种杀菌剂、未按照使用说明肆意增加药量和施药频次等原因,使得西瓜田间病原菌抗药性逐年加重。因此,需科学合理用药,不同药剂交替使用,选择合适的施药时间等方式提高防治效果。

4.3 生物防治 目前使用化学农药防治植物病害带来了不少弊端,如病原菌产生抗药性和农药残留等,因此越来越多的科研人员开始着手生物防治研究。祝新德等^[37]研究发现荧光假单胞菌株 M18 在离体的情况下,对西瓜蔓枯病菌菌丝的生长具有明显的抑制作用。Utkhede 等^[38]研究发现枯草芽孢杆菌菌株 AGS-4 和聚团肠杆菌菌株 B8Fr 对西瓜蔓枯病菌不仅具有拮抗作用,而且还能增加西瓜果实的产量。褚长彬等^[39]通过平板对峙法,发现木霉菌株 T68 对 2 个西瓜蔓枯病菌菌株具有较高的拮抗作用。Nga 等^[40]从西瓜植株根上分离出一种铜绿假单胞菌 *Ps. aeruginosa* 231-1,该菌株可使西瓜整个植株不被侵染,其机理是通过拮抗作用和诱导西瓜植株对蔓枯病菌产生抗性。张旭辉等^[41]筛选出一株烟管菌 M1,该菌株能够直接穿透西瓜蔓枯病菌菌丝,温室盆栽中对西瓜蔓枯病菌防病效果达到 74.3%,高于多菌灵处理。此外,有些专家对植物源抑菌物质进行研究,利用乙醇提取植物(海漆、海莲和木榄)中某些成分来抑制西瓜蔓枯病菌^[42]。生防菌对病原真菌的生防机制受诸多因素影响,由于自然田间气候多变、不可控,导致在室内筛选出的高效拮抗菌到大田中防效会变得极差,因此,还需进一步研究在何种条件下才能发挥生防菌最佳田间防效。

5 西瓜蔓枯病研究中存在的问题与展望

目前,我国对于西瓜蔓枯病的发生与防治研究已取得一定成果,但依然存在许多问题。如长期使用化学试剂尤其单一化学试剂,使得田间蔓枯病菌产生抗药性;关于对抗蔓枯

病西瓜品种选育以及对抗性遗传规律研究起步较晚,虽然科研工作者从国外引进的西瓜种质资源初步筛选出了一批抗病性较强的西瓜种质材料,并通过杂交育种,筛选出一些抗性较好的组合,但抗性效果仍不能满足生产需要;截至目前,仍未见到具有西瓜蔓枯病免疫或高抗效果的西瓜新品种。此外,西瓜基因组测序 2012 年就已经完成,但鲜有明确的西瓜蔓枯病抗性基因研究报道。

针对研究存在的问题,提出以下几点展望:在防治田间西瓜蔓枯病时,要坚持贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针,推进绿色防控,促进农作物安全生产,减少化学农药使用量;其次需扩大对国外西瓜抗病种质资源的引种范围、类型和数量,加大对野生西瓜种质资源的搜集和保护,利用世界西瓜种质资源的多样性丰富西瓜基因库,加强多亲复合杂交选育。同时要对优质资源进行深入的种质抗病研究,明确其遗传规律,确定相关分子标记开发,利用分子标记辅助选择等手段缩短抗性育种周期。借助现代测序技术,从基因组层面深入挖掘西瓜抗蔓枯病抗性基因,研究西瓜蔓枯病发病机理和抗病机制,推进西瓜抗蔓枯病分子育种进程,提高育种效率。

参考文献

- [1] 陈熙,楼兵干,陈恩茂,等.西瓜蔓枯病研究[J].中国蔬菜,1991(1):1-3.
- [2] 刘书林,顾兴芳,石延霞,等.瓜类蔬菜蔓枯病研究概况[J].中国蔬菜,2013(18):1-10.
- [3] 李雨.西瓜蔓枯病防治药剂筛选及复配剂增效机理研究[D].重庆:西南大学,2017.
- [4] 张学军,王登明,伊鸿平.海南甜瓜蔓枯病病原菌的有性阶段鉴定[J].中国蔬菜,2013(6):81-83.
- [5] 赖传雅,袁高庆.农业植物病理学:华南本[M].北京:科学出版社,2003.
- [6] KEINATH A P. Fungicide timing for optimum management of gummy stem blight epidemics on watermelon[J]. Plant disease, 1995, 79(4): 354-358.
- [7] CHIU W F, WALKER J C. Morphology and variability of the cucurbit black rot fungus[J]. Australian journal of agricultural research, 1949, 78: 87-102.
- [8] 谭蕊.西南地区西瓜蔓枯病菌群体遗传结构研究[D].重庆:西南大学,2018.
- [9] 吕佩珂,苏慧兰,高振江.西瓜甜瓜病虫害诊治原色图鉴[M].北京:化学工业出版社,2017.
- [10] 胡凤云.南宁市郊西甜瓜蔓枯病发生情况、病原差异性及其防治研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [11] 谭卫建.西瓜蔓枯病的显微镜识别与综合防治[J].农贸市场信息,2017(14):59-60.
- [12] ZHANG Z G, ZHANG J Y, WANG Y C, et al. Molecular detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Mycosphaerella melonis* in infected plant tissues and soil[J]. FEMS Microbiology Letters, 2005, 249(1): 39-47.
- [13] 陈熙,胡龙灯,鲍建荣,等.西瓜蔓枯病研究 I. 症状及病原[J]. 浙江农业大学学报, 1989, 15(4): 415-420.
- [14] 王晓东,李国英.哈密瓜蔓枯病菌分生孢子器诱发及室内品种抗病性测定[J].新疆农业科学,2004,41(5):341-344.
- [15] 江蛟.甜瓜蔓枯病及抗病材料鉴定研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [16] 戴富明,刘少华,任小杰,等.西瓜蔓枯病分子诊断技术研究[J].植物病理学报,2006,36(5):439-445.
- [17] 李丽.西瓜和甜瓜蔓枯病的分子检测研究[D].杭州:浙江大学,2013.
- [18] 王翀,张小菊,张祥林,等.实时荧光 PCR 检测瓜类蔓枯病菌的方法研究[J].新疆农业科学,2015,52(8):1472-1476.
- [19] 顾卫红,杨红娟,马坤,等.西瓜种质资源的抗蔓枯病性鉴定及其利用[J].上海农业学报,2004,20(1):65-67.
- [20] GUSMINI G, SONG R H, WEHNER T C. New sources of resistance to gummy stem blight in watermelon[J]. Crop science, 2005, 45(2): 582-588.

- 化及其与干物质积累的关系[J].中国土壤与肥料,2018(4):60-66.
- [24] 梁志雄,钟俊周,王国宇,等.不同水肥一体化模式在烤烟生产中的应用效应[J].安徽农业科学,2019,47(5):162-165,195.
- [25] 周健飞,彭玉富,程玉渊,等.水肥一体化技术在南阳烟区的应用效果[J].贵州农业科学,2017,45(12):72-76.
- [26] 席奇亮,杨铁钊,周方,等.水肥一体化条件下烤烟氮素营养高效利用研究[J].中国烟草学报,2018,24(2):74-83.
- [27] 张建党,赵鹏,王智慧,等.安康烟区植烟土壤养分分类及施肥对策[J].中国烟草科学,2009,30(1):15-18.
- [28] 王世济,刘小平,崔权仁,等.安徽省主要植烟土壤的物理化学特性与肥料的合理运筹[J].安徽农业科学,2000,28(2):240-241.
- [29] 刘建利,李志宏,陈江华,等.GIS应用于植烟土壤肥力分区及施肥区划的研究[J].中国烟草学报,2004,10(3):19-24.
- [30] 陈义强,刘国顺,习红昂,等.烟草栽培中氮、磷、钾肥及水分因子与产值的经验模型[J].中国农业科学,2008,41(2):480-487.
- [31] 陈义强,刘国顺,习红昂,等.烟草栽培中土壤适宜含水量及施肥模型[J].农业工程学报,2009,25(2):42-49.
- [32] 汪邓民,龚文丰,陈建军,等.多元肥料互作对烤烟产质量影响的效应分析及施肥决策[J].中国烟草学报,2003,9(2):17-22.
- [33] 张海伟,翟晶,程小强,等.施磷量对紫色土旱地烤烟养分吸收和利用的影响[J].湖北农业科学,2014,53(12):2767-2770,2775.
- [34] 刘枫,王允清,刘英,等.安徽省土壤钾素供应状况与钾肥效应分析[J].土壤通报,2003,34(3):205-208.
- [35] 杨铁钊,彭玉富,富钾基因型烤烟钾积累特征研究[J].植物营养与肥料学报,2006,12(5):750-753.
- [36] 洪丽芳,付利波,苏帆,等.生长素对烟株中钾的分配和积累的影响[J].作物学报,2003,29(3):457-461.
- [37] 洪丽芳,苏帆,付利波,等.生长素在烤烟钾素库源关系改变时对根系呼吸作用生理指标的影响[J].中国农业科学,2003,36(12):1604-1608.
- [38] 刘娟旭.三种植物生长调节剂对烟草钾营养及烟叶品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2002.
- [39] 孟源,陆引罡,周建云,等.利用¹⁵N示踪技术探讨烤烟在不同轮作方式下对氮素肥料的吸收与分配[J].江苏农业科学,2015,43(4):99-102.
- [40] 肖厚军,魏全全,赵欢,等.烤烟对稻-烟轮作水稻季不同施氮后效的响应[J].中国土壤与肥料,2018(2):75-81,95.
- [41] 门思润.施氮量与种植密度对烤烟碳同化能力及氮素分配的影响[D].长沙:湖南农业大学,2018.
- [42] 肖汉乾,何录秋,王国宝.烤烟地膜覆盖栽培的负效应及其调控措施[J].耕作与栽培,2002(3):16,57.
- [43] 王军,陈能场,詹振寿,等.不同种植方式对烟田氮素径流损失的影响[J].水土保持学报,2010,24(5):68-73.
- [44] 魏巍,汪健,毕庆文,等.双行凹型垄及地膜覆盖对烟叶和土壤中磷含量的影响[J].中国烟草科学,2008,29(3):43-47.
- [45] 谢志坚,涂书新,李进平,等.移栽期和氮肥对烤烟产量、产值及氮素吸收利用的影响[J].核农学报,2009,23(3):513-520.
- [46] 刘青丽,张云贵,焦永鸽,等.西南烟区氮素供应与烤烟氮素吸收的关系[J].植物营养与肥料学报,2017,23(3):757-764.

(上接第3页)

- [21] 宋荣浩,杨红娟,马坤,等.西瓜品种资源的蔓枯病抗性鉴定与评价[J].植物遗传资源学报,2007,8(1):72-75.
- [22] 宋荣浩,戴富明,杨红娟,等.西瓜品种资源对枯萎病和蔓枯病的抗性鉴定[J].植物保护,2009,35(1):117-120.
- [23] 胡凤云,莫贱友,郭堂勋,等.西甜瓜蔓枯病菌致病力测定与品种抗病性分析[J].南方农业学报,2012,43(10):1490-1494.
- [24] NORTON J. Inheritance of resistance to gummy stem blight in watermelon [J]. HortScience, 1979, 14(5): 630-632.
- [25] GUSMINI G, RIVERA-BURGOS L A, WEHNER T C. Inheritance of resistance to gummy stem blight in watermelon [J]. HortScience, 2017, 52(11): 1477-1482.
- [26] HASSAN M Z, RAHIM M A, JUNG H J, et al. Genome-wide characterization of NBS-encoding genes in watermelon and their potential association with gummy stem blight resistance [J]. International journal of molecular sciences, 2019, 20(4): 1-15.
- [27] LEE E S, KIM D S, KIM J H, et al. QTL mapping for gummy stem blight resistance in watermelon (*Citrullus* spp.) [J]. Korean conference of horticulture, 2019, 37(10): 230-231.
- [28] REN R S, XU J H, ZHANG M, et al. Identification and molecular mapping of a gummy stem blight resistance gene in wild watermelon (*Citrullus amarus*) germplasm PI 189225 [J]. Plant disease, 2020, 104(1): 16-24.
- [29] 袁培祥.西瓜蔓枯病的发病特点及防治措施[J].河南农业,2007(23):11.
- [30] 孙兴祥,尤春,顾卫中,等.不同栽培方式对西瓜蔓枯病、炭疽病及产量的影响[J].中国瓜菜,2016,29(4):24-26,30.
- [31] 张岩,焦定量,常雪艳,等.西瓜蔓枯病的发生及防治方法[J].天津农林科技,2009(1):26-27.
- [32] 冯春水,王再跃. 56%AF-117SC 防治西瓜蔓枯病田间药效试验[J].湖南农业科学,2006(4):74-75.
- [33] 邓克勤,李一波. NATIVO 防治西瓜蔓枯病和炭疽病的田间药效试验[J].湖南农业科学,2010(Z2):44-45.
- [34] 袁浩,孙光忠,邓劲松.40%苯醚·吡唑醚菌酯悬浮剂防治西瓜蔓枯病田间药效试验[J].湖北植保,2016(4):12-13,30.
- [35] 郑雪松,茹李军,张智能,等.烯肟菌胺与苯醚甲环唑对西瓜蔓枯病菌的联合毒力及防效[J].农学学报,2016,6(5):28-32.
- [36] 霍玉芹,刘福春.如何防止西瓜蔓枯病和西瓜早衰[J].现代农村科技,2018(12):30.
- [37] 祝新德,冯镇泰,许煜泉,等.荧光假单胞菌株 M18 防治甜瓜蔓枯病害[J].上海交通大学学报,2001,35(7):1062-1065.
- [38] UTKHEDE R S, KOCH C A. Chemical and biological treatments for control of gummy stem light of greenhouse cucumbers [J]. European journal of plant pathology, 2002, 108(8): 443-448.
- [39] 褚长彬,吴淑杭,周德平,等.木霉 T68 对植物病原菌的拮抗作用及对绿豆插条不定根发生的影响[J].农业环境科学学报,2008,27(3):1084-1089.
- [40] NGA N T T, GIAU N T, LONG N T, et al. Rhizobacterially induced protection of watermelon against *Didymella bryoniae* [J]. Journal of applied microbiology, 2010, 109(2): 567-582.
- [41] 张旭辉,张红楠,李勇,等.抑制西瓜蔓枯病菌的生防真菌筛选、鉴定及发酵条件优化[J].中国生物工程杂志,2017,37(5):76-86.
- [42] 刘业平,孙丹,袁宏球.3种红树植物提取物对8种植物病原菌的生长抑制作用[J].广东农业科学,2008(7):90-91.