

烟草赤星病研究进展

王佩¹, 欧雅珊¹, 张强², 孙渭², 朱浩¹, 齐宁海¹, 陈耀锋^{1*}

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国烟草总公司陕西省公司, 陕西西安 710004)

摘要 赤星病是普通烟草主要的真菌性病害之一, 具有潜育期短、暴发速度快、流行范围广、危害程度大等特点, 严重影响烟叶的产量与品质。对烟草赤星病的发生、病原菌特征、病害流行条件及综合防治措施等研究进展进行综述, 以期对烟草赤星病的防治提供参考。

关键词 烟草; 赤星病; 病原菌; 综合防治

中图分类号 S435.72 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)21-0033-04

Research Advance in Tobacco Brown Spot

WANG Pei¹, OU Ya-shan¹, ZHANG Qiang² et al (1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Shanxi Province Tobacco Company of CNTC, Xi'an, Shaanxi 710004)

Abstract Tobacco brown spot is common one of the most important fungal diseases which with the characteristics of short incubation period, fast speed of outbreaks, wide range of epidemic, great degree of hazard. And have a serious impact on the yield and quality of tobacco leaves as the disease worsens. The research advance in tobacco brown spot was summarized, including the occurrence of tobacco brown spot, the characters of pathogen, disease epidemic condition, and integrated control to provide reference for controlling tobacco brown spot disease.

Key words Tobacco; Brown spot; Pathogenic bacteria; Integrated control

烟草赤星病(Tobacco brown spot)又称褐斑病、赤斑病, 是一种由病原真菌引起的叶斑类病害^[1], 主要发生在烟叶成熟后期, 具有潜育期短、暴发快等特点, 温湿度适宜时, 在较短时间内即可大面积流行, 严重影响烟草的生产和烟叶品质, 常常给烟农带来不可估量的损失^[2]。近年来, 烟草种植模式逐渐向规模化、规范化、集约型发展, 烟草连块种植现象愈发普遍, 加之受异常变化的气候等多种因素影响, 导致烟草赤星病的发生呈逐年上升趋势, 严重制约我国烟草业的发展^[3]。华劲松等^[4]通过建立直线回归方程, 评价烟草赤星病对烟叶产量和产值的损失程度, 推测病情指数每上升 10, 产量和产值的损失率将分别上升 8.125%、14.196%。因此, 国内外科研工作者十分关注烟草赤星病的研究, 现将有关研究进展总结如下。

1 烟草赤星病简述

1.1 烟草赤星病的发生 1892 年, 美国首次发现烟草赤星病, 1956 年在北卡罗莱纳州开始暴发流行。2000 年美国康涅狄格州和马塞诸塞州均大规模暴发烟草赤星病, 使得 2 州烟草分别减产 75% 和 89%^[5]。我国 1916 年在北京地区首次发现烟草赤星病, 20 世纪 60 年代前发病地区较少, 然而在 1963 年河南地区开始广泛流行, 随后蔓延到山东地区, 1990 年后, 该病在我国各大烟区均迅速发展^[6], 现已成为制约我国烟草生产的主要真菌病害之一。

1.2 烟草赤星病病原菌 烟草赤星病的病原菌是链格孢菌[*Alternaria alternate*(*Fries*)*Keissler*], 属于半知菌亚门链格孢属。彭希文等^[7]对云南省 12 个代表菌株进行了分类筛选, 通过形态学与分子生物学综合鉴定分析, 发现此类菌株可分

为长柄链格孢菌[*Aiternaria iongipes*(*Elt et EV.*)*Fisd et wadk*]和链格孢菌[*Aiternaria alternate*(*Fr.*)*keissl.*]2 个种。祖艳青等^[8]对河南各大烟区烟草赤星病的病原菌菌种进行分离, 并按国际标准方法进行形态和分子鉴定, 发现其病原菌有链格孢(*A. alternata*)、长柄链格孢(*A. longipes*)和鸭梨链格孢(*A. yaliinficiens*)3 个种, 其中, 鸭梨链格孢是首次被报道可以引起烟草赤星病的病原菌种。

1.3 烟草赤星病病原菌发病条件 烟草赤星病菌属于混杂种, 其生物学性状和地区分布对其致病力有显著影响, 即使在同一烟区, 菌株致病力也存在一定的分化现象。因此, 烟草赤星病病原菌的侵染发病受多种因素的影响, 如寄主抗病性、环境温湿度、pH 等。

1.3.1 寄主的抗感性。寄主的抗感性是影响赤星病病原菌发病与否的根本原因。赤星病在抗病品种和易感病品种上发生的频率和程度均存在显著差异, 感病品种更易受到赤星病的危害。

1.3.2 环境条件。温湿度是影响赤星病发生的一个重要环境因子。已有研究表明^[9], 温度和叶面湿润时数决定着病原菌的侵染速率, 温度、相对湿度决定病斑的扩展速率, 此外, 温度对烟草赤星病的潜育期也有一定的影响。烟草赤星病病原菌在低温中等湿度条件(温度 10~20℃、湿度 50%~60%)下即可侵染烟叶^[10], 在一定范围内, 赤星病菌的生长随温湿度的升高而加快^[11]。人工培育时, 温度在 7~35℃时, 烟草赤星病菌均能进行生长和产孢, 其中, 温度在 21~28℃, 湿度达到 100%时, 最适宜其生长和产孢^[12]。

1.3.3 其他条件。曾琛等^[13]发现赤星病发生受初始病情、日平均温度、日平均相对湿度、风速及降雨量等因素影响。人工培养时, ZA 培养基最适宜赤星病菌菌丝的生长, OA 培养基则最适宜赤星病病菌的产孢^[11]。赤星病病菌在 pH 值 4~10 内均能生长和产孢, 其中, pH 为 8.5 时最有利于其生长, 为 7 时最有利于产孢^[12]。

基金项目 中国烟草总公司陕西省公司 2016 年度科技计划项目“秦巴烟区优质烤烟新品种选育与区试”(KJ-2016-01)。

作者简介 王佩(1992—), 女, 陕西安康人, 硕士研究生, 研究方向: 农业生物技术。* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事作物生物技术育种研究。

收稿日期 2018-04-02

1.4 烟草赤星病危害症状 烟草赤星病一般发生在烟草成熟后期,发病时多从成熟烟株下部叶片开始,随后逐渐向上部叶片蔓延,初期发病较缓,但随着烟叶成熟度的提高而加快。发病初期在叶片上形成黄褐色的圆形小斑,随病情的加重逐渐变为褐色,直至棕褐色。边缘轮廓明显,具有明显的同心轮纹,一般在外围有淡黄色晕圈包围,病斑直径 10~25 mm。潮湿的天气、适宜的温度会加快病斑发展,且菌落中央会出现黑色霉状物,天旱时,病斑还会出现破裂现象。在病害较为严重时,病斑便会相互连接形成大斑,致使整个叶片枯焦直至脱落。

2 烟草赤星病的综合防治

2.1 农业防治

2.1.1 选用无病种子和烟苗。烟草赤星病菌常常附着在烟草种子和病株残体表面越冬,春季温度回升后,便长出侵染源分生孢子,分生孢子借助风、雨等外力进行传播。因此,在烟草种子播种和烟苗移栽前,应仔细检验,必要时可进行化学或物理处理,确保选用无病健康的种子和烟苗。

2.1.2 实行合理农作制度。

2.1.2.1 实行轮作。烟草赤星病菌可随病株残体在土壤中存活 2 年以上,同一块农田若连年种烟,土壤中的赤星病菌便会逐年积累,烟草遭受病害的几率就会大大增加。因此,对发病的水田可实行烟、稻轮作,控制赤星病的初次侵染,降低病菌的危害程度。旱地可实行高粱、玉米、红薯等作物轮作 2~3 年,但不能与茄子、辣椒、番茄等茄科作物轮作。

2.1.2.2 壮苗早收。适时早栽壮苗是抵抗赤星病发生的有效手段,可切断病菌进入烟田的源头,促进烟株早生快发。同时,采用膜下移栽和井窖式移栽技术,也能减轻病害的发生。另外,提早成熟采收,使烟叶成熟期避开赤星病的盛发期,同样可减轻危害。

2.1.3 科学的水肥管理。水肥管理水平与病害消长有着密切联系,因此,在烟草生长过程中,需因地制宜科学地确定肥料的种类、数量和施肥方法。范敬修等^[14]研究认为,N、P、K 比例以 1.0:1.2:3.0 或 1.0:1.5:3.0 为宜,氮肥用量一般以纯 N 67.5~90.0 kg/hm² 为宜。高福宏等^[15]研究发现,赤星病的发生与土壤中阳离子交换量有紧密联系,土壤中阳离子交换量大,保肥能力增强,有利于植株的生长,对病害的抵抗力也会增强。在烟草种植时,土壤中除氮、磷、钾需测土配方施肥外,中、微量元素的施用也应引起足够的重视。另外,田间积水过多也是赤星病病害发生的重要诱因,烟叶被水淹后,植株内还原糖、总碱的含量大幅度降低,严重影响烟叶品质。因此,田间应尽量采取高垄栽植,做到雨停水干,灌溉时也应避免大田漫灌,尽量减少烟田淹水时间。

2.2 抗性品种选择

2.2.1 抗性品种的选育。缺乏抗病力强的烟草品种是导致赤星病病害大规模暴发的根本原因,培育和选用抗赤星病品种是最经济有效的方法,也是从根本上解决烟草赤星病病害的重要防治措施。蒋彩虹等^[16]研究发现抗病品种净叶黄对赤星病的抗性由显性多基因控制,并在第 M 号连锁群上,筛

选到一个与抗性基因紧密连锁的 SSR 标记 J9,其与抗性基因的遗传距离为 4 cM。高亭亭等^[17]发现抗病品种 Beinhart1000-1 的抗病基因分别位于 7 号和 15 号染色体上,与连锁标记 M935 和 M653 遗传距离分别为 7.4 和 9.8 cM。这些连锁标记的开发,在分子标记辅助育种中有着较高的应用价值,随着烟草全基因组测序的完成和功能基因组学的开展,抗病基因的探索与利用将会在抗性品种选育工作中发挥越来越重要的作用。

近年来,烟草育种工作者在抗病品种的选育上做了大量的工作,并获得了一些如 Beinhart1000-1、净叶黄等高抗赤星病的抗原材料,以及 NC95、Speight-28 等中等抗性的品种。此外,以有性杂交技术为基础,在部分易感病品种上也得到了抗原材料所转移的抗性,进而选育出许多新的抗病品种。吴中心等^[18]利用外源 DNA 导入技术,在烤烟 NC89 上通过花粉管通道法导入净叶黄总 DNA,经 2 代筛选后,得到 1 个抗赤星病性状可以稳定遗传的抗病株系(TN-A-1)。朱生伟等^[19]采用切柱头滴加和子房注射的花粉管通道导入法,在感病的 NC89 上导入 CV87 和 CV85 的总 DNA,从而选育出理想的烟株 4 代。这些抗病品种的培育,有效地控制了烟草赤星病的大规模发生。

2.2.2 烟草品种抗赤星病特性鉴定。不同的烟草品种对烟草赤星病的抗性有所不同,并表现出不同栽培环境之间存在差异。研究发现,同一栽培环境下中度抗病的品种有 Coker347 和 Coker258;较抗病的有 G28、K326、Nc567 和 Mc373;Nc82 和红花大金元则属感病品种^[20]。张文平等^[21]选用我国生产上常见的 10 个烟草品种,在酉阳烟区开展抗病性比较试验,结果表明,云烟 87、云烟 97、南江 3 号均属于发病相对较轻的品种,对烟草赤星病有相对较高的抗性;NC297、中烟 103 和红花大金元属中等抗赤星病品种;而 K326、NC102、云烟 85 以及贵烟 4 号的发病率均在 30%以上,属烟草赤星病抗性相对较弱的品种。赵洋洋等^[22]选取 K326、2819、云烟 105、南江 3 号、豫烟 10 号、中烟 203 等 6 个烤烟品种,在陇县进行抗赤星病特性研究,结果表明,不同的烟草品种在赤星病的抗性上也表现出较大差异,K326 表现为对赤星病高抗的特性;2819、云烟 105 和南江 3 号表现为中抗性;豫烟 10 号和中烟 203 则为中感品种。范敬修等^[14]研究发现,中烟 103 对赤星病抗性最强,中烟 100、K326 表现中等抗性,云烟 87、CF205 对赤星病抗性最差。因此,烟民应根据实际栽培环境,正确选择和栽培高抗赤星病品种,从根本上减少赤星病带来的危害。

2.3 化学药剂防治

2.3.1 烟草赤星病抗病诱导剂防治。曾超宁^[23]比较水杨酸、苯并噻二唑等 6 种诱抗剂处理对烟草赤星病的诱导抗病作用,结果表明,同一诱导剂在不同浓度处理下,对烟草赤星病的诱导抗病作用效果不同。在最佳浓度处理下,不同诱抗剂的诱导抗病效果也表现出明显差异,通过比较,苯并噻二唑在浓度 0.50 mmol/L 时对烟草赤星病的诱导抗病效果最好。黄夸克等^[24]研究表明,青霉菌灭活菌丝体(多肽保)是

一种无毒无害诱导剂,虽无法直接杀菌或抑制菌的活性,但可在促进烟株生长的同时诱导烟草体内与抗病相关的基因大量表达,使烟株产生系统抗病性,从而提高对赤星病害的抵抗能力。可见,抗病诱导剂在烟草赤星病抗病防治的应用上颇具研究意义。

2.3.2 烟草赤星病化学药剂防治。化学药剂防治是我国烟农防治烟草赤星病重要的防治措施之一。众多研究者研究比较了不同化学药剂和用量对赤星病的防治效果,总结了不同药剂的防治方法。李宏光等^[25]研究表明,40%菌核净可湿性粉剂 500 倍液对烟草赤星病的平均防效达 75.81%,且药效相对稳定。陈维林等^[26]则发现采用 40%菌核净 400~800 倍液喷雾均有明显防治效果,防效为 53.12%~64.60%,其中 600 倍液喷雾处理的烟叶,在烘烤后质量等级最高,中、上等烟叶比例较未采取任何防治措施的对照组提高了 14 百分点,折合综合经济效益提高 6 783.35 元/hm²,增收效果明显。曹兴华等^[27]发现 40%菌核净可湿性粉剂、40%异菌脲可湿性粉剂和 430g/L 戊唑醇悬浮剂轮换使用,能够达到更好的防治效果。张文梅等^[28]研究认为 40%菌核净可湿性粉剂 800 倍液和 25%啉菌酯悬浮剂 600 倍液对烟草赤星病的防治效果较好,防效分别达到 70.85%和 77.33%。肖庆龄等^[29]通过大田试验研究发现,40%菌核净、40%赤斑特可湿性粉剂和 45%金叶舒菌核·琥铜 3 种药剂,对烟草赤星病的防治效果均达到 70%以上。曾超宁等^[30]采用田间小区试验研究发现,以 40%菌核净可湿性粉剂 500 倍液、70%甲基托布津可湿性粉剂 800 倍液对烟草赤星病的防治效果最好,第 1、2 次施药后 10 d 的防治效果分别为 63.8%和 69.8%,62.1%和 65.8%,防治效果十分明显。

室内赤星病病原菌毒力试验表明,不同杀菌药剂不同浓度处理,对烟草赤星病菌丝的生长抑制效果有明显差异。其中以 40%菌核净可湿性粉剂 EC₅₀ 值为 29.84 mg/L 时,对赤星病的抑制效果表现最佳;10%多抗霉素 B 可湿性粉剂和 50%腈菌三唑酮乳油抑制效果次之,其 EC₅₀ 值分别为 30.02 和 33.01 mg/L。由此可见,在一定浓度范围内,各种药剂对赤星病菌的抑制作用均随浓度的升高而增大。有研究表明,当浓度上升为 100 mg/L 时,40%菌核净可湿性粉剂、10%多抗霉素 B 可湿性粉剂和 50%腈菌三唑酮乳油对烟草赤星病病原菌的抑制率分别达到 67.44%、66.52%和 57.23%^[31]。

2.4 生物防治 化学防治虽防治效果较好,但容易导致农药残留、病原菌抗药性改变,同时对卷烟卫生也会带来影响,因此限制了农药的大面积推广和使用。相对而言,生物防治具有高效、无毒、无残留和成本低等优点,是目前国际上进行植物类病害防治的首选防治措施。分离筛选对赤星病菌具有良好抑制和防治效果的拮抗菌及植物提取物,是实施烟草赤星病生物防治的有效途径。

2.4.1 烟草赤星病菌的拮抗菌。王丽红等^[32]采用平板对峙等方法,从烟草赤星病菌感染烟区和秦岭山区的土壤样品中,筛选出了对烟草赤星病菌具有拮抗作用的放线菌菌株 Y26-2 和 Y82-2,其抑菌效果较好,所产抑菌物质和抑制作

用也较稳定。万科等^[33]采用菌落直径法和菌丝浸泡法研究发现,拮抗菌 L2 对烟草赤星病病原菌的菌丝生长、孢子萌发、产孢量均有明显的抑制作用。王静等^[34]采用对峙培养法、LB 琼脂培养基萌发法试验,发现短小芽孢杆菌 AR03 菌液对烟草赤星病菌菌丝生长和分生孢子萌发均有明显的拮抗作用。廉立慧等^[35]采用平板分离培养、16SrDNA 系统发育分析等方法,从茄子根围土壤中筛选到 6 株有烟草赤星病拮抗活性的放线菌,其中多产色链霉菌 Q14 对烟草赤星病菌的拮抗作用最强,抑菌带宽为 14.5 mm。目前国内尚属首次报道有关多产色链霉菌拮对烟草赤星病有较好的拮抗作用,这为烟草赤星病的生物防治提供了新的选择途径。

2.4.2 植物提取物对烟草赤星病菌的抑制作用。目前,利用植物提取物抑制烟草赤星病菌属烟草赤星病生物防治研究的新型领域。袁圆等^[36]用微波法和水蒸气蒸馏法对 36 种中草药进行提取,结果表明,通过微波法提取,黄连和雄黄的提取物对赤星病菌的抑制效果最好,抑制率分别达到 91.15%和 76.72%;通过蒸馏法提取,大黄、七叶一枝花和肉桂对赤星病菌抑制作用最强,其抑制率均达到 60%以上。张焱珍等^[37]用孢子萌发和生长速率测定法,对华山姜等 4 种植物进行 95%乙醇粗提,测定对赤星病菌的抑菌活性后发现,在终浓度为 200 μg/mL 时,华山姜对该菌的孢子萌发抑制率为 72%,对菌丝生长的抑制率为 53%,抑制效果最好。而团花树和金钮扣 2 种植物仅对该菌的孢子萌发表现出较低的抑制活性。

3 展望

综上所述,烟草赤星病发生动态与连作状况、寄主品种的抗感性,以及气象因素均表现出一定的相关性。当前,在烟草赤星病病原菌及其流行防治等方面已有一定的研究基础,在控制赤星病发生的栽培措施方面也取得较大进展。然而,单纯依靠改进栽培措施来控制赤星病的发生还远远不够,诸多深层次的问题仍未得到解决,因此还应配合使用转基因技术,大力开展抗病品种的选育。药剂防治方面,长期使用化学药剂不仅对环境造成污染,还会导致品种的抗病性逐年下降,因此筛选和研制低毒、低残留、高效的药剂迫在眉睫。在生产上还应定期交替使用不同作用机制的杀菌剂,进而延缓病菌的抗药性。同时,加快对具有高效、无污染、无公害等特点的生物防治研究也应引起高度重视。此外,还应在赤星病病原菌作用寄主的靶点和寄主互作关系、抗赤星病理理、抗赤星病基因的克隆,以及抗赤星病品种种质资源的培育等方面开展更深层次的研究,进而促进我国烟业的发展和繁荣。

参考文献

- [1] 胡健康,肖金胜,胡功军,等. 防治烟草赤星病施用药剂技术研究[J]. 科技创新导报,2012(30):7.
- [2] 耿莉娜,帅红,赵敏,等. 重庆巫溪烟区烟草赤星病原鉴定[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):181-183.
- [3] 曾超宁,汪代斌,张帅. 重庆市酉阳烟区烟草赤星病调查分析[J]. 安徽农业科学,2014,42(28):9771-9772,9815.
- [4] 华劲松,王强. 烟草赤星病发生程度对烟叶产量及产值损失估测[J]. 技术与市场,2014(2):129-130.
- [5] LAMONDIA J A. Outbreak of brown spot of tobacco caused by *Alternaria*

alternate in Connecticut and Massachusetts[J]. *Plant disease*, 2001, 85(2): 230.

[6] 张万良,翟争光,谢扬军,等.烟草赤星病研究进展[J]. *江西农业学报*, 2011, 23(1): 118-120.

[7] 彭希文,刘光珍,杨永柱,等.云南省烟草赤星病(Tobacco brown spot)病原研究及其防治药剂的筛选[J]. *西南农业大学学报*, 2000, 22(2): 153-156.

[8] 祖艳青,蒋士君,王海涛,等.河南省烟草赤星病病原鉴定[J]. *中国烟草学报*, 2013(4): 73-77.

[9] 曹毅,陆宁,陈兴江,等.贵州典型山地气候区烟草赤星病菌的致病力[J]. *贵州农业科学*, 2012, 40(11): 104-106.

[10] 莫建国,陈庆园,干飞.烟草赤星病病原菌侵染的气象条件分析[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(25): 12530-12532.

[11] 刘洋,陈庆园,曾琛,等.贵州省不同气候区烟草赤星病菌孢子分布研究[J]. *河南农业科学*, 2012, 41(11): 100-102.

[12] 唐明,向金友,谢冰,等.宜宾烤烟赤星病致病力分化、生物学特性及抑菌药剂筛选研究[J]. *天津农业科学*, 2016, 22(10): 96-101.

[13] 曾琛,姜于兰,谷晓平,等.山地气候对烟草赤星病的影响研究[J]. *广东农业科学*, 2012(3): 32-34.

[14] 范敬修,饶勇,祝庄品,等.烟草赤星病发病规律及防治技术研究[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(14): 4240-4241.

[15] 高福宏,陈静,陶琼,等.植烟地土壤理化性质对烟草病害发生的影响[J]. *湖南农业科学*, 2012(9): 74-76.

[16] 蒋彩虹,罗成刚,任民,等.一个与净叶黄抗赤星病基因紧密连锁的 SSR 标记[J]. *中国烟草科学*, 2012, 33(1): 19-22.

[17] 高亭亭,蒋彩虹,罗成刚,等. *Beinhart1000-1* 抗赤星病基因的 QTL 定位[J]. *中国烟草学报*, 2014, 20(2): 104-107.

[18] 吴中心,张同庆,王振坤,等.外源 DNA 导入转移烟草抗赤星病性状的研究[J]. *河南农业大学学报*, 1995, 29(1): 71-75.

[19] 朱生伟,张寒霜,徐仲,等.应用浸种法导入外源 DNA 转化烤烟遗传性状变异的初步研究[J]. *华北农学报*, 1999, 14(S1): 107-111.

[20] 孙光军,舒敏言,刘呈义,等.烟草赤星病流行规律及其防治方法[J]. *贵州农学院学报*, 1997(4): 28-31.

[21] 张文平,汪代斌,曾超宁,等.不同烟草品种对烟草赤星病的抗性比较

[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(35): 12513-12515.

[22] 赵洋洋,孙翠红,刘建军,等.陇县不同烟草品种对赤星病的抗性以及品种筛选[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(13): 3879, 3883.

[23] 曾超宁.不同诱抗剂对烟草赤星病的诱导抗病作用[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(13): 115-116, 281.

[24] 黄夸克,陈海如,杜官本,等.“多肽保”诱导剂防治烟草病害的效果研究[J]. *西南林业大学学报*, 2016, 36(6): 131-136.

[25] 李宏光,周志成,钟权,等.7种药剂防治烟草赤星病的田间药效试验[J]. *湖南农业科学*, 2012(16): 28-29.

[26] 陈维林,尚峰,罗元雄,等.烟草赤星病发生为害调查及药剂防治试验[J]. *江西农业学报*, 2014, 26(2): 85-88.

[27] 曹兴华,李付军,王培东,等.5种药剂防治烟草赤星病药效研究[J]. *现代农业科技*, 2013(14): 117, 119.

[28] 张文梅,张超群,周治宝,等.不同杀菌剂防治烟草赤星病的田间药效评价[J]. *生物灾害科学*, 2013(3): 288-290.

[29] 肖庆龄,李基光,林中正.6种药剂对烟草赤星病的防治效果[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(7): 2916-2917, 2919.

[30] 曾超宁,车鹏飞.不同化学药剂对烟草赤星病的防治效果[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(24): 99-100, 113.

[31] 彭世逞,吴昊,朱陈曾,等.几种药剂对烟草赤星病菌的抑制作用[J]. *西昌学院学报(自然科学版)*, 2015, 29(3): 1-3.

[32] 王丽红,陈世伟,张帅,等.烟草赤星病菌的拮抗放线菌筛选[J]. *陕西科技大学学报(自然科学版)*, 2013, 31(2): 109-112.

[33] 万科,黄慧,葛永怡,等.拮抗菌 L2 代谢产物对烟草赤星病原菌的抑制效果[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42(6): 56-60.

[34] 王静,田华,孔凡玉,等.短小芽孢杆菌 AR03 对烟草赤星病菌和白粉病菌的防治[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(10): 3167-3173.

[35] 廉立慧,高丽君,杨娜,等.烟草赤星病菌拮抗性放线菌 Q14 的筛选及鉴定[J]. *生物技术通报*, 2013(10): 127-130.

[36] 袁圆,桑维钧,石春发,等.6种中草药提取物对烟草赤星病菌的抑制作用[J]. *湖北农业科学*, 2016(5): 1159-1162.

[37] 张焱珍,肖志新,浦勇,等.四种植物提取物对烟草赤星病菌抑菌活性研究[J]. *北方园艺*, 2014(11): 108-110.

(上接第 14 页)

表 10 不同培养基菌丝体生物量差异性的方差分析
Table 10 Variance analysis of biomass difference in different culture medium mycelium

	平方和 Square sum	df	均方 Mean square	F	显著性 Significant
组间 Intergroup	9.057	20	0.453	6.594	0.000
组内 Intragroup	2.885	42	0.069		
总数 Total	11.942	62			

3 结论与讨论

试验结果表明,苇蘑菌丝体最佳液体培养基配方为 C₂ 组合,即:蔗糖 20 g/L,蛋白胨 4 g/L, MgSO₄ · 7H₂O 1.5 g/L, KH₂PO₄ 3 g/L, V_{B1} 0.004 g/L, pH 自然, 29 ℃, 培养 20 d, 菌丝体生物量达到 1.980 g/L。虽未从正交试验中筛选出最适配方,但从 21 组试验中优化出最佳配方作为苇蘑菌丝体液体培养基配方^[14],为其发酵生产、细胞学育种等进一步研究开发提供物质基础、理论依据和技术支撑,为拯救和恢复该濒危野生蕈菌种质资源提供有力支持。

参考文献

[1] 贾身茂.“蕈菌”之概念[J]. *食用菌*, 2015, 37(3): 66-68.

[2] 闻毛红,朱将伟.食用菌液体培养技术的发展与应用[J]. *现代农业科技*, 2008(19): 125-126.

[3] 张树庭.蕈菌学[J]. *中国食用菌*, 1991, 10(3): 3.

[4] 王祖伟,刘明舵,李兆江,等.七里海湿地环境生态系统退化与修复[J]. *水土保持研究*, 2005, 12(5): 244-247.

[5] 刘进杰,王淑芳,卜庆梅,等.四种食用菌菌子实体不同部位组织分离菌丝长势对比[J]. *烟台职业学院学报*, 2006, 12(2): 62-65.

[6] 刘西周,郭成金.采用 L₉(3⁴) 正交设计方法筛选血耳菌丝体液体培养基[J]. *中国食用菌*, 2009, 28(1): 36-38.

[7] 马海燕,郭成金.云芝菌丝体液体培养基的筛选[J]. *中国食用菌*, 2007, 26(4): 34-36.

[8] 贾素巧.碳氮营养对猴头菌生长发育及胞外酶活性的影响[D].保定:河北农业大学, 2006.

[9] NORMAN G R, STREINER D L. *生物统计学基础* [M]. 北京:人民卫生出版社, 2010.

[10] 刘成荣.碳源、氮源及其比例对香菇液体深层培养的影响[J]. *德州学院学报*, 2007, 23(6): 58-60.

[11] 杨子美,郭成金.正交设计法筛选槐耳菌丝体液体培养基的研究[J]. *天津师范大学学报(自然科学版)*, 2009, 29(3): 66-68.

[12] 黄亮,王玉,胡炳旭,等.正交设计法筛选紫芝菌丝体液体培养基的研究[J]. *天津农学院学报*, 2010, 17(2): 14-17.

[13] 赵润,郭成金.冬虫夏草菌丝体液体培养基的优化[J]. *天津师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 28(1): 8-11.

[14] GANG J, LIU H, LIU Y. Optimization of liquid fermentation conditions and protein nutrition evaluation of mycelium from the caterpillar medicinal mushroom, *Cordyceps militaris* (Ascomycetes) [J]. *Int J Med Mushrooms*, 2016, 18(8): 745-752.