

亚麻白粉病研究进展

赵德宝¹, 谢冬微¹, 杨 学², 路 颖¹, 姚玉波¹, 陈 晶¹

(1. 黑龙江省农业科学院 经济作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 对俄农业技术合作中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:随着科学技术的飞速发展及生物技术水平的不断提高, 亚麻白粉病的研究逐渐成了热点。为探索亚麻白粉病未来的研究方向, 从亚麻白粉病病原菌、发生与发展、综合防治、遗传规律及抗性基因定位等方面的研究进展进行综述, 并对于亚麻白粉病的进一步研究提出了见解。

关键词:亚麻; 白粉病; 遗传规律; 分子标记

中图分类号:S563 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)12-0148-03 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.12.0148

据史料记载, 亚麻是最古老的纺织用纤维作物, 而亚麻除最基本的纺织用途外, 还具有多功能性, 如可生产帆布、麻塑料制品、油漆、汽车内装饰品、麻屑板、造纸、碳等^[1]。亚麻籽不仅可以榨油, 还可以提取多种药用成分及加工成保健品, 可显著防治心脑血管等慢性病及可预防多种癌症的发生^[2-5]。因此常说亚麻全身上下都是宝, 对其进行合理开发利用, 会产生极其可观的经济效益。在我国, 亚麻产区有多种病害发生, 其中最严重的就是亚麻白粉病, 其特性是田间发生时期短, 流行速度快。白粉病病原菌主要侵染亚麻的地上部器官, 如茎、叶及花器等, 被侵染部位会表现出覆盖白粉状薄层, 这种侵染会对亚麻造成非常严重的影响, 如原茎光泽度差、麻籽结实率低、纤维质量差、千粒重低等^[6]。本文主要对亚麻白粉病病原菌类型、发生与发展条件、综合防治方法、遗传规律及分子标记等方面的国内外研究状况进行了总结和阐述, 为探索亚麻白粉病未来的研究方向提供有利的参考依据。

1 亚麻中白粉病病原菌的研究状况

1.1 亚麻白粉病病原菌的种类及其侵染过程

在亚麻中, 白粉病病原菌一般都是以亚麻粉孢(*Oidium lini* Skoric)^[7]的形式存在, 类型为真菌孢子; 有性态属子囊菌, 类型是二孢白粉菌(*Erysiphe cichoracearum* DC.)^[8]。

亚麻白粉病菌是一种寄生菌, 能够寄居在叶片上, 并依靠侵染亚麻植株而存活。即使在高纬度的北方地区寒冷的冬日里, 病原菌也可以子囊壳的形式于亚麻种子表面寄居, 待翌年适宜的气候条件下, 便会出现子囊孢子对亚麻植株的初次侵染^[9]。随着气温及空气湿度等因素的变化白粉病菌会对植株形成多次侵染。造成亚麻白粉病的爆发原因主要是侵染时间的增长及次数的增多^[10]。

亚麻白粉病是一种对亚麻经济效益产生严重影响的病害^[11], 但目前国际上对亚麻白粉病的重视程度还不够深, 因此科学研究相对较少^[12]。白粉病病原菌主要侵染亚麻的茎、叶、花等地上部分器官。植株被侵染的部位表面附着一层白粉状的菌丝^[13]。在田间白粉病菌如果不受控制大面积的蔓延必定会给亚麻的生长发育带来严重的危害: 受病菌侵染的亚麻会呈现出种子结实率低、植株提早衰亡、纤维品质明显下降等现象。综上所述, 白粉病病原菌对亚麻植株的侵染不但严重影响亚麻的经济效益, 并且对亚麻优良品种的选育也会造成极大的影响。除此之外当亚麻被白粉病菌侵染后^[14], 病菌会降低亚麻叶片的光合作用, 进而增加其呼吸和蒸腾作用, 随着侵染时间的延长, 造成的后果便是抑制亚麻的生长, 最终整株死亡^[15]。

1.2 亚麻白粉病发生与发展条件

由于亚麻白粉病病原菌属于表面寄生菌类, 并以子囊壳形式附着于种子表面或植株病残体上进行越冬, 次年子囊孢子在较适宜的温湿度条件下破壳而出进行传播, 便完成了初次侵染。当植株被初次侵染后, 被侵染部位的白粉状霉上便产

收稿日期: 2016-10-14

基金项目: 黑龙江省科学基金面上资助项目(C2015031)

第一作者简介: 赵德宝(1962-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 助理研究员, 从事亚麻种质资源及抗病育种研究。E-mail: 951035025@qq.com。

通讯作者: 路颖(1964-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 研究员, 从事亚麻种质资源研究。

生大量分生孢子,而后经风雨及昆虫等传播,引起再次侵染。一个温湿度条件适宜的生长季节中再侵染可重复发作多次,因而造成了白粉病的严重发生^[16]。

亚麻白粉病的大面积发生与发展主要依靠的是适宜的温湿度环境,据统计亚麻白粉病病原菌的适应温度范围相对来说比较广。但在不同温度条件下,白粉病的发展速度有所不同,如温度在 10℃ 以下时,病情发展相对缓慢;而气温在 20~26℃ 时,最适宜白粉病病原菌发生与发展。另外,在阴雨天、高湿等条件,对于白粉病的发生和流行是十分有利的。从耕作栽培的角度来讲,经过精耕细作和深翻的麻田,由于植株生长条件较好且长势旺盛,抗病力较强,因而发病较轻。然而,在氮肥施用量高于正常值时,会引起麻株枝叶滋长,造成彼此遮阳,贪青徒长等现象,给病原菌的繁殖和浸染提供了有利的前提,因此有较重的发病。但是在水肥条件不足,营养缺乏及失调的情况下,麻株长势衰弱,抗病力明显下降,也是诱发亚麻白粉病的成因。据研究表明磷肥对亚麻根系发育有着良好的促进作用,而钾肥则能促进麻茎秆更粗壮,在缺磷、钾等元素的土壤中栽培亚麻,其白粉病发病情况特别严重。并且播期过晚,种植密度过大,白粉病发病均较重^[16]。

2 亚麻白粉病综合防治

由于亚麻白粉病病原菌具有较强的寄生专化特性,也就是品种不同对白粉病的抗性不同,因此选育抗病品种是目前最经济有效的防治方法。通过筛选抗病资源,进行抗病育种,培育出高产、高抗病材料是对亚麻白粉病综合防治的根本^[17-18]。

另外,加强耕作栽培管理也是减轻亚麻白粉病发生的方法之一。适时播种可保证出苗快、齐、壮,以抵御病原菌侵染。不同亚麻品种,不同播期白粉病的发病情况及与产量变化具有明显的关系^[19]。播种亚麻时要选择土层土质松散、保水保肥力强、排水良好、地势平展的土地,进行精耕细作。同时,氮、磷、钾和微量元素要搭配合理,施用适时。及时防治虫害及彻底清除田间杂草,促进亚麻植株的茁壮生长,以提高麻株的抗病性,收获后及时清除亚麻植株残体,减少菌源遗留及传播^[20]。

对于任何一种植物病害而言,药剂防治都应属于控制病情发展的措施之一。亚麻白粉病发生初期,及时进行药剂喷施可抑制病害的进一步发

生及扩散,如喷洒 15% 三唑酮可湿性粉剂 500~1 000 倍液、粉尽(12EC EENI)1 000~2 000 倍稀释液或者 50% 的甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍稀释液。第 1 次施药后,观察白粉病病情发展情况,病情较重者可隔 10 d 喷施 1 次,整个生育期喷施 2~3 次^[21-22]。

3 亚麻白粉病抗病性遗传方式研究

目前国内有关亚麻白粉病抗性遗传规律的研究报道较少,亚麻白粉病菌有较强的寄主专一性,亚麻不同品种对白粉病的抗性存在明显差异,但目前多数的栽培品种对亚麻白粉病不具有明显抗性。近年来,亚麻品种抗病力差是产生白粉病大面积发生的主要因素之一。因而,解决此情况的最行之有效的方法便是加强对抗白粉病亚麻品种的培育工作。杨学等对抗白粉病病原菌的亚麻材料 9801-1 和易感病材料 ILONA、VENUS 和 DIANE 的抗病性遗传方式进行了系统的研究。利用抗白粉病材料 9801-1 分别与易感病材料 ILONA、VENUS、DIANE 进行正反交试验,并对杂交组合获得的 F₁ 进行白粉病菌的抗病性统计,结论为 F₁ 亚麻单株均表现为对白粉病菌的高抗性。这证明抗性材料 9801-1 对亚麻白粉病的抗病性属于完全显性,又可称为细胞核遗传。统计分析结果显示,抗病材料 9801-1 与感病品种 ILONA、VENUS 和 DIANE 杂交 F₂ 抗、感单株的分离比例接近 3:1,其 χ^2 均小于 $\chi^2_{0.05}=3.841$ 。该结果再结合 F₁ 的抗病性表现,说明抗性材料 9801-1 对亚麻白粉病的抗性为显性单基因遗传^[23]。以上研究为亚麻抗白粉病基因的挖掘及分子克隆奠定良好基础,对于亚麻抗白粉病品种的培育具有非常重要的指导意义。

4 亚麻白粉病抗性基因的分子标记研究及 QTL

选育抗白粉病品种是预防植物病害严重发生最安全及经济有效的方式之一。目前利用分子手段对一些病害的抗性基因进行筛选已经被广泛应用,如利用 RAPD 标记技术筛选抗细菌、抗真菌性病害基因的研究等。RAPD 标记的方便之处在于其可以在植株不发病的条件下筛选抗病基因,省去人工接种的繁杂工序,从而缩短了抗病育种的年限并明显提高其效率。对于亚麻的抗白粉病分子育种工作相对其它作物开展的较晚,刘丽艳等对亚麻 RAPD 反应条件进行了进一步优化,

以亚麻抗白粉病材料 9801-1 和易感病品种 DI-ANE 杂交获得的 F_2 群体构建的 DNA 混池为模板,用 240 个随机引物对其进行 RAPD 分析。结果从中筛选到引物 Opp02 能够在两亲本及抗感池间扩增出稳定的多态性条带^[24]。杨学等研究表明引物 Opp02792 与亚麻抗白粉病基因关系密切,后经大群体验证分析后得出其重组率为 0,该结果说明此 RAPD 标记与抗白粉病基因间存在共分离关系。但由于 RAPD 标记技术仍然存在一定的局限性,因而需要将获得的片段进行回收、分子克隆及片段测序,为后续将其转化为稳定性高、专一性强的 SCAR 标记奠定良好基础^[25]。张倩利用亚麻抗白粉病材料 9801-1 和易感病材料 Diane 为亲本的高代回交群体 BC_3F_6 为试验材料,并用 SSR、ISSR 及 AFLP 等 3 种标记对亚麻白粉病抗性基因进行 QTL 定位,但结果并未找到明显与抗病性基因存在紧密连锁关系的分子标记。随后作者又对两个亲本进行了全基因组测序,在有差异的位点处设计引物,试验共设计 121 对 InDel 标记,其覆盖了 11 条 Scaffold。通过对 InDel 标记的筛选,成功获得了一个与抗病基因紧密连锁的标记,InDel 标记 f2x4105,它位于 Scaffold145 附近,实现了亚麻白粉病抗性基因的初步定位。根据现已定位和克隆的部分白粉病抗性相关基因,暂将此基因命名为 Pm-*Linum*^[26]。以上研究均为亚麻白粉病抗性基因的研究奠定了非常重要的基础。

5 结论与展望

选育亚麻抗白粉病品种是最经济、有效及环保的白粉病防治方式,然而现有的能大面积应用于生产的亚麻抗白粉病品种十分稀缺。即使具有抗病性的品种,随其播种面积扩大及种植年限的增加,品种抗病性很可能会因为新病原菌毒力型的产生而衰减。因此,要使育成的品种获得比较持久的抗性应该进行多种抗白粉病基因的聚合育种。总体上亚麻抗白粉病分子育种各方面的研究尚浅,随着亚麻全基因组测序的完成,关于亚麻对白粉病的抗性方面的研究也将迅速展开。更加深入地对亚麻白粉病的防治方式、抗病机理、抗性遗传规律、抗性基因定位等进行研究,对亚麻的高产、稳产及抗病育种具有重要意义。

参考文献:

- [1] 袁红梅,吴建忠,黄文功,等. 亚麻多用途产品的开发与利用[J]. 国土与自然资源研究,2014(1):95-96.
- [2] Kreydin E I, Kim M M, Barrisford G W, et al. Urinary lignans are associated with decreased incontinence in postmenopausal women[J]. Urology, 2015, 86(4): 716-720.
- [3] Poudyala H, Kumarb S A, Iyera A, et al. Responses to oleic, linoleic and α -linolenic acids in high-carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome in rats[J]. J Nutr Biochem, 2013, 7(24): 1381-1392.
- [4] Zanwar A A, Hegde M V, Bodhankar S L. Isolation, characterization and antihyperlipidemic activity of secoisolariciresinol diglucoside in poloxamer-407-induced experimental hyperlipidemia[J]. Pharm Biol, 2014, 52(9): 915-921.
- [5] Imran M, Ahmad N, Anjum F M, et al. Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside[J]. Nutr J, 2015, 14(1): 1-7.
- [6] 杨学, 李柱刚. 亚麻学[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2009.
- [7] 赵桂华, 姚源, 赵明扬, 等. 亚麻粉孢引起的狭叶十大功劳白粉病[J]. 中国森林病虫, 2007, 26(5): 43-44.
- [8] 方玉生, 麦树荣. 有丝分裂孢子真菌形态分类鉴定辅助系统[J]. 植物保护, 2004, 30(4): 76-79.
- [9] Sylvie Cloutier, Raja Ragupathy, Zhixia Niu. SSR-based linkage map of flax(*Linum usitatissimum* L.) and mapping of QTLs underlying fatty acid composition traits[J]. Mol Breeding, 2011, 28(1): 437-451.
- [10] Braulio J, Soto-Cerda, Scott Duguid, et al. Association mapping of seed quality traits using the Canadian flax (*Linum usitatissimum* L.) core collection[J]. Theor Appl Genet, 2014, 127(26): 881-896.
- [11] 杨学, 李柱刚, 关凤芝, 等. 亚麻白粉病发病规律[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(2): 86-90.
- [12] 陈娟, 乔红霞. 播种期对亚麻白粉病发病指数及产量的影响[J]. 中国麻业科学, 2012, 34(4): 169-173.
- [13] 杨学, 刘艳丽, 关凤芝, 等. 亚麻立枯病原菌鉴定及药剂筛选[J]. 黑龙江农业科学, 2009(4): 67-68.
- [14] 杨学, 关凤芝, 李柱刚, 等. 亚麻品系 9801-1 抗白粉病基因的 RAPD 标记[J]. 植物病理学报, 2011, 41(2): 215-218.
- [15] Pasquale Chiaiese, Gianluca Ruotolo, Antonio Di Matteo. Cloning and expression analysis of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) major lignin and cellulose biosynthesis gene sequences and polymer quantification during plant development[J]. Industrial Crops and Products, 2011, 34: 1072-1078.
- [16] 李广阔, 王锁牢, 王剑, 等. 新疆亚麻白粉病的初步研究[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(5): 591-594.
- [17] 何建群, 陈贵芸, 李靖军, 等. 亚麻品种白粉病田间抗病性分析[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(3): 141-144.
- [18] 乔红霞, 陈娟. 亚麻种质对白粉病的抗性评价[J]. 中国麻业科学, 2012, 34(3): 118-120.
- [19] 陈娟, 乔红霞. 播种期对亚麻白粉病发病指数及产量的影响[J]. 中国麻业科学, 2012, 34(4): 169-173.
- [20] 杨学. 亚麻白粉病发生特点及防治技术研究[J]. 中国麻业, 2004, 26(3): 121-124.
- [21] 王锁牢, 李广阔, 王剑, 等. 几种药剂对亚麻白粉病的防效研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(4): 313-315.

水飞蓟粕在动物生产上的利用现状及前景

杨 航¹,杨桂芹¹,赵 辉²

(1. 沈阳农业大学 畜牧兽医学院,辽宁 沈阳 110866;2. 辽宁省农业科学院,辽宁 沈阳 110161)

摘要:水飞蓟粕是具有保肝功效的中药水飞蓟籽实压榨提油(素)的副产物。水飞蓟粕中蛋白质含量较高,为22%~25%,富含多种氨基酸和矿物质元素,总氨基酸中必需氨基酸占35.40%,附加值较高,是一种较为理想的饲料原料之一,应用前景广阔。为促进水飞蓟粕作为畜禽饲料原料替代部分豆粕的利用,降低饲料成本,综述了水飞蓟粕的营养、畜禽中利用情况及存在的问题,并为水飞蓟粕的充分利用提供一些合理的建议。

关键词:水飞蓟粕;动物生产;利用;问题;对策

中图分类号:S682 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2016)12-0151-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.12.0151

水飞蓟(*Silybum marianum* Gaertn.)属于菊科水飞蓟属,是一年或二年生草本植物,高1.2 m左右。这种植物原产地为西欧和北非的一些国家,现在广泛分布于亚洲、欧洲、北美洲、非洲等地,我国在东北、西北、华北及华中等地均有栽培^[1]。

水飞蓟喜温暖干燥气候,适应性强,对水土要求不严,沙滩地、盐碱地均可种植。水飞蓟的成熟果实为水飞蓟籽实,其利用大都是以加工提油或提取水飞蓟素(Silymarin)为主^[2]。水飞蓟粕是水飞蓟籽加工提油或提取水飞蓟素后形成的副产品,因为高温加工的影响,使其具有很大的蛋白质变性,水飞蓟粕只能用作饲料^[3]。虽然水飞蓟粕的蛋白质含量较高,是一种潜力巨大的植物蛋白饲料^[4],却没有得到很好的开发和利用,造成巨大的资源浪费和环境污染,所以在动物生产中根据保护环境、有效地利用资源的原则,水飞蓟粕作为畜禽饲料原料替代部分豆粕,降低饲料成本,已被越来越多的学者和业界人士所关注。

收稿日期:2016-11-07
基金项目:辽宁省科技攻关计划资助项目(2011215015);国家水禽产业技术体系专项资助项目(CARS-43-23)
第一作者简介:杨航(1993-),男,辽宁省朝阳市人,在读硕士,从事动物营养与饲料研究。E-mail: 1154804375@qq.com。
通信作者:杨桂芹(1966-),女,辽宁省凌源市人,教授,硕士生导师,从事家禽营养与饲料研究。E-mail: guiqiny@126.com。

[22] 何建群,张金莲,张玲.40%氟硅唑 EC 对亚麻白粉病的防治效果研究[J].中国麻业科学,2011,33(1):8-15.

[23] 杨学,赵云,关凤芝,等.亚麻品系 9801-1 对白粉病的抗性遗传分析[J].植物病理学报,2008,38(6):656-658.

[24] 刘丽艳,杨学,关凤芝,等.亚麻抗白粉病 RAPD 标记的引物筛选与反应体系的建立[J].中国麻业科学,2009,31(2):130-134.

[25] 杨学,关凤芝,李柱刚,等.亚麻品系 9801-1 抗白粉病基因的 RAPD 标记[J].植物病理学报,2011,41(2):215-218.

[26] 张倩.亚麻抗白粉病基因的定位[D].哈尔滨:黑龙江大学,2015.

Research Progress of Powdery Mildew in Flax

ZHAO De-bao¹, XIE Dong-wei¹, YANG Xue², LU Ying¹, YAO Yu-bo¹, CHEN Jing¹

(1. The Institute of Industrial Crops of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150030; 2. The Agricultural Technology Cooperation Center for Russia of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: With the rapid development of science technology and biotechnology, the research of powdery mildew resistant research in flax has become a hotspot. In order to explore the future research direction of flax powdery mildew, the research progress in pathogen of flax powdery mildew, occurring and development, comprehensive control, genetic development and resistant gene location in flax were summarized, and some personal opinions about powdery mildew resistant research were put forward.

Keywords: flax; powdery mildew; genetic development; molecular marker