

抗褐飞虱水稻品种选育研究进展

程攀¹,陈龙¹,曲姗姗¹,阴云伙¹,田发春¹,彭炳生¹,吴帅¹,李土明^{1,2},徐小红¹,周卫营^{1*}

(1.江西红一种业科技股份有限公司,江西南昌 330046;2.江西省赣州市农业科学研究所,江西赣州 341000)

摘要 从抗源筛选与鉴定、抗性品种的选育与推广等方面综述了抗褐飞虱水稻育种的研究进展,指出了褐飞虱水稻品种选育中存在的问题并展望了应用前景。

关键词 水稻;褐飞虱;抗性育种

中图分类号 S503.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)24-092-03

Research Progress in Breeding of BPH-resistant Rice Varieties
CHENG Pan, CHEN Long, QU Shan-shan, ZHOU Wei-ying* et al (Jiangxi Hongyi Seed Science & Technology Co. Ltd., Nanchang, Jiangxi 330046)

Abstract This paper reviewed the research development in breeding of BPH-resistant rice varieties from the aspect of selection and identification of resistance resources, breeding and popularization of resistant varieties. The existing problems of breeding of BPH-resistant rice varieties and its application prospects were discussed.

Key words Rice; Brown plant hopper(BPH); Resistance breeding

褐飞虱(*Nilaparvata Lugens* Stal,BPH)刺吸水稻汁液,造成黄叶或枯死、传播草蓊矮缩病毒等,使得水稻减产甚至绝收,是水稻最重要的害虫。随着水稻品种的更新和耕作制度的改变,褐飞虱造成的危害越来越严重^[1]。据文献报道,1997年前发生过8次褐飞虱大暴发,尤以1987和1991年为重,1987年受灾面积达1 821万hm²,1991年达1 900万hm²^[2];2000年以来,每年褐飞虱发生面积达1 340万hm²,严重年份更是达到2 680万~3 350万hm²,造成产量损失500万t以上,东南亚地区每年因褐飞虱引起经济损失多达2.485亿美元^[3]。

防治褐飞虱有药剂防治和农业防治等手段,而推广应用抗褐飞虱品种是最经济、有效和环保的控制途径^[4]。20世纪以来植保专家与育种家们合作筛选到多个抗源,选育出一大批抗褐飞虱水稻品种。进入21世纪,更多抗源被发现,更多抗性基因被定位与克隆,育种方法和手段进一步更新与发展,育种工作者培育出一系列新的育种材料与品种(组合)。鉴于此,笔者综述了近年褐飞虱品种选育进展,以期抗褐飞虱育种及推广提供参考。

1 抗源材料的筛选与鉴定

筛选与鉴定抗源材料是选育抗褐飞虱水稻品种的基础和关键^[5-6]。20世纪,国际水稻研究所(IRRI)、中国、日本等从11万多份水稻材料中筛选到3 000余份抗褐飞虱材料,研究发现抗褐飞虱基因资源主要存在籼稻和野生稻,且大多数抗虫材料来自斯里兰卡和印度^[7]。1986~1990年中国水稻研究所与其他各个省份的农业科学院协作,对全国25个省份、自治区和直辖市的47 016份地方品种及外引品种进行抗

褐飞虱初步筛选与鉴定,从中获得高抗级别品种144份,占0.31%,抗级品种599份,占1.27%,中抗级别品种1 294份,占2.75%^[8]。韦素美等^[9]通过利用我国稻褐飞虱田间危害优势种群生物型Ⅱ对广西区试新组合12份材料进行抗性鉴定,发现恢90-572和77具有优良的抗性,可以作为培育抗水稻褐飞虱的基础材料。李蓉柏等^[10]对1 200份普通野生稻进行抗性鉴定,发现30份抗性资源对水稻褐飞虱具有稳定性、持久性以及强抗性等特点。野生稻尤其是药用野生稻有许多材料高抗褐飞虱,武汉大学从药用野生稻转育的抗褐飞虱材料B5已成为当前分子育种主要材料^[3,11]。

诱变育种也是抗褐飞虱育种材料选育的重要途径。农作物的干种子受到宇宙磁场、射线、高真空及微重力等因素诱变,可以诱变创造出新的种质。湖南杂交水稻工程技术中心利用辐射育种手段,对中413(轮回422/选10-19)进行γ钴60辐射获得变异株系,筛选出具有抗褐飞虱的恢复系R318,其组配的两系杂交稻安两优318中抗褐飞虱^[12]。杨震等^[13]利用“实践八号”育种卫星搭载处理,经多代地面选育而获得的农艺综合性状良好的抗褐飞虱突变新种质“航育BPH955”。

2 抗性品种的选育

2.1 常规品种(品系) IRRI于1973年起陆续培育出IR26、IR28、IR32、IR36、IR38、IR42、IR46、IR50、IR54、IR58、IR60、IR62、IR64、IR66、IR68、IR72和IR74等抗褐飞虱品种并在生产上推广应用^[5,7]。我国引进抗性材料(尤其是利用IR36、IR30)后杂交选育出一批常规品种并在生产上推广应用,其中籼稻如湘早籼3号(IR36/广解9号)、粳籼89(IR36/677)等,并以湘早籼3号、粳籼89等为抗性材料衍生出一大批常规品种,如湘早籼3号衍生出中早优81、嘉育293等35个早籼品种,粳籼89衍生出灿小占、赣晚籼29等20余个常规品种^[7]。粳稻则育成沪粳抗^[14]、JAP80047、JAP80079、台南68和南粳36等^[7]抗褐飞虱粳稻品种,其中抗褐飞虱粳稻品种秀水620和秀水644仅在太湖流域种植面积达5万~7万

基金项目 国家农业科技成果转化项目[赣科发农字2014(150)号];江西省科技型中小企业技术创新基金项目[赣科发计字2015(26)号]。
作者简介 程攀(1985-),男,湖北黄冈人,农艺师,硕士,从事水稻育种研究。*通讯作者,农艺师,硕士,从事水稻遗传育种研究。
收稿日期 2015-06-26

hm^2 ^[5]; 日本和韩国也相继育成了一些品种, 如日本的抗褐飞虱粳稻品种 Norin-PL3、Norin-PL4、Norin-PL10 (Bph3) 和 Norin-PL7 (bph4), 韩国的 Hwacheongbyeon 等^[15]。

近年来, 选育出了一批新常规品种 (品系)。重要成就之一一是抗褐飞虱粳稻育种的继续突破, 如浙粳 22^[16] (浙审稻 2006013, 已推广 28 万 hm^2)、连粳 6 号^[17] (苏审稻 200905, 已推广 30 万 hm^2)、宁粳 1 号^[18] (苏审稻 200417、沪品审 2009005, 已推广 106 万 hm^2)、武运粳 21^[19] (苏审稻 200705, 已推广 42 万 hm^2) 等, 籼稻则育成中组 14^[20] (浙审稻 2006007)、浙丽 1 号、嘉农籼 11 等品种^[7]。

2.2 杂交水稻组合的选育 随着杂种优势的利用和抗褐飞虱研究的深入, 培育抗褐飞虱杂交稻组合已成为当前广大育种工作者新的育种方向, 选育抗褐飞虱不育系和恢复系是组合抗褐飞虱杂交稻的基础。

2.2.1 不育系的选育。

2.2.1.1 两系不育系选育。 杨远柱等^[21]以抗罗早为母本, 以 (科辐红 2 号/湘早籼 3 号//02428) F_4 为父本杂交, 然后对 F_2 群体中的不育株进行定向培育而成的具有抗褐飞虱的低温敏广亲和两用核不育系株 1S; 武汉大学朱仁山等^[22-23]将 B5 与广占 63S 杂交并回交 4 次, 育成了含抗性基因 *Bph14* 和 *Bph15* 的不育系 *Bph68S*; 华中农业大学徐国新^[24]将来自 B5 的抗性基因导入 C815S、广占 63S、华 328S 中, 选育出 8 个抗褐飞虱光温敏不育系, 其中华 1054S、华 1155S、华 1212S 和华 1165S 达抗级以上水平; 邹声浩^[25]利用分子标记辅助选育手段将抗稻瘟病基因 (*pi9* 和 *pid2*) 和抗褐飞虱基因 (*Bph14* 和 *Bph15*) 导入两系不育系 03S 中, 选育出与 03S 表现型相似且抗性良好的单株, 从而改良了两系杂交稻不育系的抗性。

2.2.1.2 三系不育系选育。 武汉大学朱仁山等将 *Bph14* 和 *Bph15* 导入珞红 3B 中, 选育出红莲型抗褐飞虱不育系珞红 4A^[26]; 广西大学冯冉冉^[27]将抗性基因 *Bph18* 导入博 IIIB 中, 成功选育出 4 个含 *Bph18* 的三系不育系; 胡杰等^[28]将 B5 抗性基因导入珍汕 97B 中, 选育出含 *Bph14/Bph15/Pi1/Pi2* 的三系不育系华 2048A; 宋丁丁等^[29]则进一步用花药培养与 MAS 相结合技术, 用华 2048B 改造川香 29B, 获得抗褐飞虱新的三系不育系; 阳海宁等^[30]将 *Bph3* 和 *Bph24* 导入先 B、天 B、盟 B、龙特浦 B 中, 获得一批抗性保持系。

2.2.2 恢复系的选育。 抗褐飞虱恢复系的选育研究报道较多, 很多常规品种都对三系不育系有恢复能力, 例如 IRRI 选育出的抗褐飞虱 IR 系列的一些品种。后来, 广大育种人员利用 IR 系列种质做抗源, 通过各种育种手段选育出具有褐飞虱抗性的衍生系, 如测 64 (IR30/IR2589//IR661)、明恢 63 (IR30/圭 630) 以及明恢 63 的衍生品种。近些年来, 随着越来越多抗褐飞虱基因被发掘和育种材料的突破, 选育抗褐飞虱恢复系的范围更加广泛。连跃华等^[31]利用湖南杂交水稻工程技术中心选育的 R318 与麻壳占杂交, 采取系谱法对后代选择, 育成抗褐飞虱恢复系浚恢 319; 刘开雨等^[32]将新抗源 BPH96 与广恢 998、R15、9311、明恢 63 和 R29 等材料杂交, 获得一批新恢复系; 胡杰等^[28]将 B5 抗性基因导入明恢

63, 选育出华恢 644 和华恢 1462; 李进波等^[33]用 9311 与 B5-10 杂交选育出 R476; 林拥军等^[34]用 R476 与 R422 杂交选育出 R106; 陈凯等^[35]将 *Bph18* 基因导入明恢 86、蜀恢 527 和浙 7954 中, 获得 3 个中抗以上水平新恢复系蜀恢 527-*Bph18*、浙 7954-G1-G8-*BPH18* 和明浙-G1-G2-*Bph18*; 马马杜·刚德卡^[36]则将 *Xa-23*、*Pi-9*、*Bph14* 和 *Bph15* 导入 R1005 中, 选育出 MD12086-41、MD12086-1089 等 6 个恢复系; 郭辉等^[37]用自育高抗褐飞虱抗源 HS204 导入明恢 65 中, 获得 2 个高抗恢复系 M204-8-2-3-6-5 和 M204-8-8-14-9-9; 张宏化等^[38]用 02428 与水源 297 杂交, 选育出抗性恢复系温恢 117。曾海滔^[39]用 B5 与 9311 杂交、回交选育出与 9311 相似的抗性恢复系 CN311, 进一步用 CN311 与 R188 杂交, 获得高抗水平恢复系 K39-744、K39-745 和 K39-747。曾生元等^[40]则利用含 IR36 血源的材料镇粳 232 改造自育强恢复系镇恢 084, 也获得一批新恢复系; 方立民^[5]自育恢复系 Fc598 不仅具有较强抗生性, 还表现较好的拒虫性和耐虫性。张晓^[41]将具有抗褐飞虱双基因 *Bph14* 和 *Bph15* 及抗螟虫基因 *Cry1Ab/Ac* 的中粳品系 07WH3009 作为供体亲本, 以优质、高产、株型好、配合力强等农艺性状优良的华 1176、华 261、华恢 910 和华恢 729 作为受体亲本, 选育了一批含有抗褐飞虱双基因、单基因的中间材料。

2.2.3 杂交组合的选育。 抗褐飞虱杂交稻组合包括三系杂交稻和两系杂交稻的选育, 其中抗褐飞虱三系杂交稻组合的选育研究较早。1976 年, 江西省萍乡市农业科学研究所利用不育系珍汕 97A 与恢复系 IR26 组配的杂交水稻组合‘汕优 6 号’成为我国第 1 个抗褐飞虱的粳型三系杂交水稻。随后相继育成一系列抗褐飞虱杂交稻组合, 如汕优 63、汕优 30 选、汕优 54 选、汕优 56、汕优 85、汕优 177、汕优桂 32、汕优桂 33、汕优竹恢早、南优 6 号、协优 64、威优 6 号、威优 35、六优 30 等组合^[7], 为我国在 20 世纪 80 年代前、中期成功抑制褐飞虱危害作出了突出贡献。

20 世纪 90 年代以来, 育成并推广以抗生物型 II 褐飞虱为主的协优 413 (浙品审字 1995 第 126 号)、威优 989、冈优 151 (川审稻 97069 号)、K 优 404 (国审稻 990012) 和抗优 80 等杂交组合^[7], 尤其是中国水稻所选育的汕优 10 号 (珍汕 97A/密阳 46), 抗褐飞虱和稻瘟病, 累计推广面积达 615.5 万 hm^2 以上^[42]。

进入 21 世纪, 由于过分追求超高产及种业体制改革、水稻种子经营主体多元化和长期使用高毒农药^[3]等因素, 抗褐飞虱品种推广应用面积越来越少, 褐飞虱危害愈加严重。基于 B5 等新的抗性材料的发现和育种手段的进步, 新的抗褐飞虱组合正不断被选育出来。如李进波等^[33]选育的两优 476 (广占 63-4S/R476) 参加湖北区试, 2 年平均产量为 9 505.5 kg/hm^2 , 比对照扬两优 6 号增产 4.37%, 米质达国标 3 级, 2010 年湖北审定 (鄂审稻 2010004); 朱仁山等^[23]选育的两优 234 (Bph68S/R610234) 湖北区试平均产量为 9 546.45 kg/hm^2 , 比对照扬两优 6 号增产 5.12% (鄂审稻 2010005)。另外, 还有 K 优 117 (赣审稻 2006042, 浙品审 2002 第 377

号)^[43]、益丰优 205 选(赣审稻 2011011 号)^[44]、嘉粳优 04-1(嘉兴 40A/粳恢 82)^[45]、安两优 318(国审稻 2003058)^[46]、II 优 7599(赣审稻 2008011)^[47]、株两优 211(国审稻 2007004)、先农 20(赣审稻 2004018)^[34]等审定组合。一大批抗褐飞虱新组合正在参加各级试验示范,如朱仁山等^[26]选育的珞红 4A/810323、珞红 4A/010436 和珞红 4A/9311 等苗头组合;曾海滔^[39]选育的川谷 A/K39-744、川谷 A/K39-745 和川谷 A/K39-747 等组合,结实率分别为 86.62%、87.05% 和 89.81%,均高于对照冈优 725 的 82.69%,比对照增产;华中农业大学选育的中 9A/华恢 1462 试验产量比对照两优培九增产 14.8%^[48]。

3 问题与展望

3.1 基础研究较多,具体品种选育较少 由于我国育种的基础材料和育种人才集中在高校和科研院所,决定了抗褐飞虱育种也集中在高校和科研院所,而高校和科研院所考核机制决定了基础研究多,具体品种选育较少。随着新的《种子法》和国务院 8 号文件相继出台,更多的育种人才从高校和科研院所加盟种子企业,企业商业化育种有望得到加强,如隆平高科出资 1 000 万元与南京农业大学及中国农业科学院作物研究所合作开发抗性基因 *Bph3*^[49]。

3.2 新抗源的挖掘与原有的抗源的充分利用 由于推广抗虫品种对褐飞虱造成的压力和新迁入虫源的变化,褐飞虱生物型也会相应发生变化^[12],由单基因控制的水稻品种抗性会逐渐丧失,因而需要不断发掘新的抗源并聚合多个抗性基因^[50-51]。但是新的分析认为微效多基因的利用更有利于保持水稻对稻飞虱的持久抗性。如 IRRI 选育的 IR64 至今仍保持中抗水平,除含 *Bph1* 基因外,还携带 7 个抗褐飞虱 *QTL*,其中 2 个 *QTL* 一个显示出显著的排趋性,一个显示显著的耐害性^[7]。因此,随着目标 *QTL* 的精细定位与克隆,将有越来越多的 *QTL* 位点用于育种实践^[15]。

3.3 新的技术手段将大幅度提高抗褐飞虱育种的效率 用经典育种方法选育抗褐飞虱品种周期长、工作量大、效率低,分子标记辅助选择育种(MAS)则可以克服上述缺点,能直接从基因型着手,避免外界因素影响,准确、快速地确定抗性株系,进而选育抗褐飞虱品种^[8]。转基因手段更能够将外源抗虫基因导入水稻中使其表达并具遗传性,从而创造新的抗褐飞虱品种^[52-53];基因组编辑育种就更加简单,只是几个碱基的删除或者插入^[54]。

参考文献

- [1] 罗守进. 稻飞虱的研究[J]. 农业灾害研究,2011,1(1):1-13.
- [2] 康海燕. 水稻抗褐飞虱基因的定位和分子标记辅助选择育种利用[D]. 南京:南京农业大学,2013:1-67.
- [3] 本刊评论员. 中国科学家在水稻褐飞虱抗性研究领域取得突破[J]. 分子植物育种,2010,8(1):1-3.
- [4] YARASI B, SADUMPATI V, IMMANNI C P, et al. Transgenic rice expressing Allium sativum leaf agglutinin (ASAL) exhibits high-level resistance against major sap-sucking pests[J]. BMC Plant Biology, 2008, 8:102-115.
- [5] 方立民. 水稻恢复系褐飞虱和白叶枯病抗性的筛选及其遗传分析[D]. 杭州:浙江大学,2002:1-63.
- [6] 郭嗣武, 刘开强, 李孝琼, 等. 小粒野生稻基因渗入系抗褐飞虱 *QTL* 定位[J]. 南方农业学报, 2014, 45(6):933-937.
- [7] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005)[M]. 北京:中国

农业出版社,2010.

- [8] 钱前, 郭龙彪, 曾大力, 等. 水稻分子育种技术指南[M]. 北京:科学出版社,2012:40-41.
- [9] 韦素美, 罗善昱, 黄凤宽, 等. 广西水稻新品种对稻褐飞虱不同生物型的抗性评价[J]. 广西农业科学, 1998(5):238-239.
- [10] 李容柏, 李丽淑, 韦素美, 等. 普通野生稻抗褐飞虱新基因的鉴定与利用[J]. 分子植物育种, 2006(4):238-239.
- [11] 王布哪, 黄臻, 舒理慧, 等. 两个来源于野生稻的抗褐飞虱新基因的分子标记定位[J]. 科学通报, 2001, 46(1):46-49.
- [12] 国家水稻数据中心. 中国水稻品种及其系谱数据库[DB/OL]. <http://www.ricedata.cn/variety/varis/610829.htm>.
- [13] 杨震, 彭志明, 彭伟正, 等. 水稻褐飞虱抗性基因研究进展[J]. 生物技术通报, 2011(8):15-18.
- [14] 顾庆华, 杜秀英, 卫海山, 等. 粳稻抗褐飞虱育种与品种抗性[J]. 上海农业学报, 1993, 9(1):20-25.
- [15] 余娇娇, 段灿星, 李万里, 等. 水稻抗稻飞虱基因遗传与定位研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(5):750-756.
- [16] 邵乔儿, 葛常青, 俞祥群, 等. 高产优质中熟晚粳新品种“浙梗 22”特征特性及主要栽培技术[J]. 上海农业科技, 2007(6):29-30.
- [17] 卢百关, 樊宁声, 樊继伟, 等. 中梗稻新品种连梗 6 号的选育及特征特性[J]. 江苏农业科学, 2010(2):99-100.
- [18] 张静, 李莲, 张丽林. 超级梗稻新品种“宁梗 1 号”特征特性及高产栽培技术[J]. 上海农业科技, 2007(2):28.
- [19] 胡茂松, 钮中一, 杨一琴, 等. 武运梗 21 号的特征特性及栽培技术要点[J]. 中国稻米, 2007(3):42.
- [20] 丰作成, 方康书, 王蓉, 等. 常规晚粳中组 14 特征特性及栽培技术[J]. 中国稻米, 2006(3):23.
- [21] 杨远柱, 唐平侠, 杨文才, 等. 水稻广亲和温敏不育系株 1S 的选育及利用[J]. 杂交水稻, 2000, 5(2):6-7.
- [22] 水稻两系不育系通过专家鉴定[EB/OL]. <http://news.163.com/10/0817/06/6E93TH1M00014ED.html>.
- [23] 朱仁山, 黄文超, 胡骏, 等. 抗褐飞虱两系杂交稻不育系 Bph68S 及其组合两优 234 的选育[J]. 武汉大学学报, 2013(1):24-28.
- [24] 徐国新. 抗褐飞虱水稻光温敏核不育系的创建[D]. 武汉:华中农业大学, 2014:1-69.
- [25] 邹声浩. 分子标记辅助改良 03S 的稻瘟病和褐飞虱抗性[D]. 福州:福建师范大学, 2007.
- [26] 朱仁山, 黄文超, 胡骏, 等. 红莲型杂交稻新不育系珞红 4A 的选育[J]. 武汉大学学报:理学版, 2013(1):33-36.
- [27] 冯冉冉. 含褐飞虱抗性基因 *Bph18* 的水稻新不育系的选育[D]. 南宁:广西大学, 2014:1-45.
- [28] 胡杰, 李信, 吴昌军, 等. 利用分子标记辅助选择改良杂交水稻的褐飞虱和稻瘟病抗性[J]. 分子植物育种, 2010, 8(6):1180-1187.
- [29] 宋丁丁, 袁丽, 高冠军, 等. 利用花药培养和分子标记选择相结合改良水稻稻瘟病和褐飞虱抗性[J]. 分子植物育种, 2011, 9(4):418-424.
- [30] 阳海宁, 韦绍丽, 李孝琼, 等. 标记辅助培育水稻抗稻褐飞虱和稻白叶枯病基因聚合系[J]. 分子植物育种, 2010, 8(1):11-19.
- [31] 连跃华, 曾俊, 徐细菊, 等. 抗稻飞虱恢复系浚恢 319 选育与利用初报[J]. 中国稻米, 2009, 15(4):34-35.
- [32] 刘开雨, 卢双楠, 裴俊丽, 等. 培育水稻恢复系抗稻褐飞虱基因导入系和聚合系[J]. 分子植物育种, 2011, 9(4):410-417.
- [33] 李进波, 万内良, 夏明元, 等. 抗褐飞虱水稻品种的培育及其抗性表现[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(5):1348-1353.
- [34] 林拥军, 华红霞, 何子卿, 等. 水稻褐飞虱综合治理研究与示范[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(5):1194-1201.
- [35] 陈凯, 张强, 潘晓飏, 等. 3 个中粒稻骨干恢复系对稻瘟病和褐飞虱抗性改良效果的评价[J]. 核农学报, 2013, 27(8):1069-1080.
- [36] 马马杜·刚德卡. 分子标记聚合创建抗白叶枯病、稻瘟病和褐飞虱的水稻恢复系[D]. 武汉:华中农业大学, 2014:1-64.
- [37] 郭辉, 冯锐, 秦学毅, 等. 聚合回交法选育抗褐飞虱水稻恢复系[J]. 南方农业学报, 2011, 42(1):1316-1319.
- [38] 张宏化, 马国华, 阮柏苗, 等. 粳梗交偏粘型恢复系温恢 117 的选育与应用[J]. 温州农业科技, 2003(3):18-20.
- [39] 曾海滔. 利用分子标记辅助选育水稻抗褐飞虱三系恢复系[D]. 雅安:四川农业大学, 2011:1-54.
- [40] 曾生元, 龚红兵, 李闯, 等. 镇植 232 的抗飞虱特性与育种应用[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(3):676-678.
- [41] 张晓. 抗褐飞虱水稻恢复系的创建[D]. 武汉:华中农业大学, 2007.
- [42] 国家水稻数据中心(汕优 10 号)[EB/OL]. <http://www.ricedata.cn/variety/varis/600585.htm>.

缓;240 min 吸附基本达到饱和,磷的吸附处于结合与释放的平衡状态,其平衡吸附量为 0.58 mg/g。

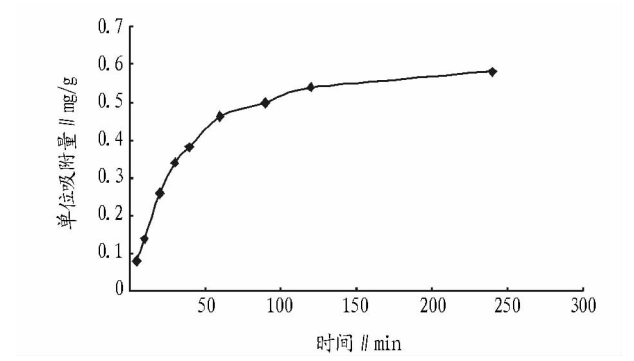


图5 不同时间对蛋壳粉吸附磷的影响

吸附动力学是吸附过程中吸附随时间变化的情况,可以揭露物质结构与吸附性能之间的关系。为了较为全面研究蛋壳粉对磷的吸附动力学特性,得到最适合描述此吸附过程的动力学模型。笔者分别使用准一级动力学方程、准二级动力学方程、Morris 扩散模型和 Elovich 模型进行拟合。

准一级动力学模型: $\log(Q_e - Q_t) = -K_1 t/2.303$;准二级动力学模型: $t/Q_t = 1/(K_2 Q_e^2) + t/Q_e$;Morris 扩散模型: $Q_t = K_d t^{1/2}$;Elovich 模型: $Q_t = ab \ln t$ 。

式中, Q_e 为蛋壳粉的平衡吸附量, Q_t 为 t 时刻蛋壳粉对磷的吸附量; K_1 为准一级动力学速率常数; K_2 为准二级速率常数; K_d 为 Morris 扩散常数, a 、 b 为叶洛维奇常数^[9]。

对蛋壳粉在不同时间的磷吸附作用进行动力学研究,通过拟合得到回归方程、常数和相关系数 R^2 (表 1)。由表 1 可知,准二级动力学方程对蛋壳除磷的动力学过程的拟合具有

表 1 拟合的动力学模型方程

动力学模型拟合方程	线性回归方程	相关系数 R^2
准一级动力学模型	$y = -0.009\ 3x - 0.300\ 3$	0.988\ 4
准二级动力学模型	$y = 1.402\ 4x + 51.388\ 0$	0.994\ 3
Morris 扩散模型	$y = 0.053\ 6x + 0.003\ 4$	0.944\ 2
Elovich 模型	$y = 0.153\ 1x + 0.186\ 5$	0.991\ 3

(上接第 94 页)

[43] 邹乾仕,刘荣坪,洪贤林,等.不同水稻品种对褐飞虱的抗性对比[J].江西植保,2011,34(1):33-34.
[44] 国家水稻数据中心.(益丰优 205 选)[EB/OL].http://www.ricedata.cn/variety/varis/611619.htm.
[45] 高荣村,陆金根,李金军.抗褐飞虱中籼杂交组合嘉籼优 04-1[J].中国种业,2011(8):60-61.
[46] 陈隆添,曾俊,李惠英.抗稻飞虱两系杂交稻安两优 318 的选育及其应用前景[J].种子科技,2009(9):27-28.
[47] 彭志勤,杨平,邹国兴,等.三系杂交晚稻新组合 II 优 7599 的选育与应用[J].江西农业学报,2010,22(12):11-13.
[48] 王梁全,李兰秀,陈连举,等.几个水稻新品种(系)对褐飞虱的抗性评价[J].中国农学通报,2009,25(20):253-257.

最好的相关性,相关系数达到 0.994 3;其次为 Elovich 模型;准一级动力学模型;最差的是 Morris 扩散模型。这表明蛋壳粉对含磷废水吸附的动力学特征很好地遵循准二级动力学模型,说明影响蛋壳粉对磷废水吸附的主要因素为初始浓度和牡蛎壳粉用量。

3 小结

在含有 30 μg/ml 的富营养化水磷溶液中,蛋壳粉最佳添加量为 10 μg/ml;随着温度的升高、初始溶液磷浓度的增加,蛋壳粉对富营养化水中磷的单位吸附量增加,吸附效率提高;蛋壳粉对富营养化水中磷的吸附效果在 pH 为 5 时最佳;蛋壳粉对富营养化水中磷的吸附量随着振荡吸附时间的增加而增加,4 h 后达到动态平衡状态。通过对 4 种动力学模型研究发现,蛋壳粉最遵循准二级动力学方程,相关系数达到 0.994 3。影响蛋壳粉对富营养化水中磷吸附的主要因素是初始浓度和牡蛎壳粉用量。

参考文献

[1] 贾晓燕. 废水除磷技术的研究进展[J]. 重庆环境科学,2003,25(12):191-192.
[2] 谢杰,陈天虎,庆承松,等. 稻壳发电残余物稻壳灰对有机物的吸附作用[J]. 农业工程学报,2010,26(5):283-287.
[3] 刘丽娜,刘志明,吴德意,等. 粉煤灰吸附去除城市景观水体中磷的初步研究[J]. 环境科学与技术,2006,29(2):40-42.
[4] XU X,GAO B Y,WANG W Y,et al. Adsorption of phosphate from aqueous solutions onto modified wheat residue:Characteristics, kinetic and column studies[J]. Colloids and Surfaces B:Biointerfaces,2009,70(1):46-52.
[5] 夏宁,迟玉杰,孙波,等. 蛋壳粉的功能与利用[J]. 中国家禽,2007,29(4):51-53.
[6] 张浏,冯景伟,陈云峰,等. 鸡蛋壳废料对水中磷的吸附特性研究[J]. 环境科学与技术,2011,34(6):67-70.
[7] CHOJNACKA K. Biosorption of Cr(III) ions by eggshells [J]. Journal of Hazardous Materials,2005,121:167-173P
[8] AHMAD M,USMAN A R,LEE S S,et al. Eggshell and coral wastes as low cost sorbents for the removal of Pb²⁺,Cd²⁺ and Cu²⁺ from aqueous solutions [J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry,2012,18:198-204.
[9] 金晓丹,王敦球,张华,等. 鸡蛋壳对磷的吸附特性研究[J]. 水处理技术,2010(4):56-59.
[10] 郭照冰,陈天,周飞,等. 磷在蛋壳粉中的吸附热力学和动力学[J]. 环境化学,2011,30(5):1006-1009.
[49] 袁隆平农业高科技股份有限公司 关于签署《水稻抗褐飞虱育种材料(非转基因)授权使用协议》的公告[EB/OL]. http://www.cninfo.com.cn/finalpage/2014-12-27/1200500267.PDF.
[50] 王传之,于杰,裴庆利,等. 水稻品种抗稻褐飞虱育种的研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(8):3170-3173.
[51] 黄所生,黄凤宽,吴碧球,等. 水稻新品种(组合)对褐飞虱的抗性评价[J]. 西南农业学报,2014(5):1919-1923.
[52] 孙小芬,唐克轩,万丙良,等. 表达雪花莲凝集素(GNA)的转基因水稻纯系抗褐飞虱[J]. 科学通报,2001(7):1108-1111.
[53] 王玲,于恒秀,黄世文,等. 抗褐飞虱和抗除草剂转基因梗稻新品系的选育及其中间试验[J]. 扬州大学学报,2008,29(3):23-27.
[54] 林啸. 基因组编辑育种监管[EB/OL]. http://www.agrogene.cn/info-2492.shtml.