

## 米蛾饲养密度对大米及米饭品质的影响

徐冬梅, 张燕宁, 张兰, 毛连纲, 郑永权, 蒋红云\*

(中国农科院植物保护研究所, 农业农村部农产品质量安全生物性危害因子风险评估实验室, 北京 100193)

**摘要** 以3种不同品种的粳米为研究材料, 研究了不同饲养密度的米蛾幼虫对大米及米饭品质的影响。结果表明, 大米受米蛾侵染后直链淀粉含量、脂肪酸含量、丙二醛(MDA)含量、碘蓝值和吸水率均有所增加, 过氧化物酶活性和干物质含量有所降低, 而多酚氧化酶无显著变化。

**关键词** 大米; 米蛾; 品质

中图分类号 TS21 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)04-0191-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.04.055



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Feeding Density of Rice Moth on the Quality of Rice and Cooked Rice

XU Dong-mei, ZHANG Yan-ning, ZHANG Lan et al (Key Lab of Agro-product Safety Risk Evaluation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

**Abstract** Taking three cultivars of japonica rice as test material, the effects of rice moth with different feeding density on the quality of rice were studied. The results showed that the amylose content, the content of fatty acids, MDA content, iodine blue value and water absorption of rice infected by rice moth increased, while the activity of peroxidase and the content of dry matter decreased. Polyphenol oxidase activity had no significant change.

**Key words** Rice; Rice moth; Quality

大米是我国主要的粮食之一, 其种植面积约占粮食作物的25%。由于大米在食用前需要经过除杂、砻谷、碾白等工序的加工<sup>[1]</sup>, 使其营养物质直接暴露在外界, 极易受到外界温度、湿度、气体以及生物性危害因子等的影响。张玉杰<sup>[2]</sup>研究发现谷蠹和玉米象2种蛀食性害虫可造成脂肪酸值和MDA含量的上升以及过氧化物酶活性的降低, 而用此大米煮成的米饭吸水率和膨胀率均有所升高; 王海荣<sup>[3]</sup>研究发现米象和玉米象侵染小麦可造成小麦脂肪酸值升高, 馒头的质构和品尝评分也发生了劣变。米蛾是主要仓储害虫之一, 隶属鳞翅目蜡螟科, 幼虫取食时可以吐丝将碎米连缀而筑成筒状长茧, 使粮食结块同时产生大量碎米, 极易造成大米及其米饭品质的下降。笔者以3种粳米为研究材料, 研究不同饲养密度米蛾对大米及米饭品质的影响, 旨在为大米的安全食用提供数据支持。

## 1 材料与方

**1.1 材料** 米蛾卵购自广东昆虫研究所; 大米为市售北大荒泰来粳米(粳米), 产自黑龙江省泰来县, 品种为龙粳31号; 北大荒精洁米(粳米), 产自黑龙江省哈尔滨市, 品种为空育131号; 七星一号长粒香米(粳米), 产自黑龙江绥化, 品种为绥粳18号。

## 1.2 试剂与仪器

**1.2.1 试剂。** 硫代巴比妥酸、愈创木酚、三氯乙酸、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、30%过氧化氢、氢氧化钠, 均为分析纯, 购自国药集团化学试剂有限公司; 直链淀粉含量试剂盒, 购

自苏中柯铭生物有限公司。

**1.2.2 仪器。** TDL-5-A型离心机, 为上海安亭科学仪器有限公司产品; UV-2000型分光光度计, 为尤尼柯(上海)仪器有限公司产品; XMTD-204型温水浴锅, 为常州诺基仪器有限公司产品; BJ-300型粉碎机, 为上海拜杰实业有限公司产品。

**1.3 方法** 每种大米分别称取100 g加入500 mL烧杯内, 每个烧杯中接入刚孵化的米蛾幼虫1、5、10、15、20、25和30头, 用纱布封紧杯口; 置于(25±1)℃、相对湿度60%~70%的条件下培养30 d后去掉虫, 将剩余大米混匀后称取7 g进行米饭品质评价, 其余则用粉碎机磨成粉后, 以备各项指标测定。以不加米蛾的大米作为对照(CK); 每个处理设3次重复。

**1.3.1 脂肪酸含量的测定。** 参照GB/T 15684—1995测定脂肪酸含量。

**1.3.2 酸度的测定。** 参照GB/T 5517—2010进行测定酸度。

**1.3.3 直链淀粉含量的测定。** 参照直链淀粉含量试剂盒说明书测定直链淀粉含量。

**1.3.4 多酚氧化酶、过氧化物酶、MDA的测定。** 参照文献[4]方法测定多酚氧化酶活性、过氧化物酶活性和MDA含量。

**1.3.5 米饭吸水率、干物质含量及碘蓝值的测定。** 参照王肇慈<sup>[5]</sup>的大米蒸煮特性试验方法进行测定。

**1.4 数据处理** 使用DPS统计软件对试验数据进行统计与分析。

## 2 结果与分析

**2.1 米蛾饲养密度对大米直链淀粉和脂肪酸含量的影响** 从表1可以看出, 受米蛾幼虫侵染后, 大米直链淀粉及脂肪酸的含量随饲养幼虫数量的增多而增加。3个品种大米

**基金项目** 农业农村部农产品质量安全风险评估项目。

**作者简介** 徐冬梅(1986—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 硕士, 从事农药环境毒理研究。\*通信作者, 研究员, 博士, 博士生导师, 从事农药毒理与天然产物化学研究。

**收稿日期** 2019-06-14

的直链淀粉增加量与对照(CK)间均存在极显著差异,当饲养幼虫数达到20头以上时,直链淀粉含量均出现成倍增长。然而,受幼虫危害后脂肪酸含量的变化存在品种差异,龙粳

31号在幼虫饲养密度低于100头/kg时,脂肪酸含量的变化与对照(CK)间无显著差异,而空育131号和绥粳18号在幼虫饲养密度低于50头/kg时与对照(CK)无显著差异。

表1 大米直链淀粉和脂肪酸含量测定结果

Table 1 Content determination results of amylose and fatty acids in rice

米蛾饲养密度 Feeding density of rice moth 头/kg	直链淀粉含量 Content of amylose//%			脂肪酸含量 Content of fatty acids//mg/kg		
	空育131号 Kongyu 131	绥粳18号 Suijing 18	龙粳31号 Longjing 31	空育131号 Kongyu 131	绥粳18号 Suijing 18	龙粳31号 Longjing 31
0(CK)	9.94±0.00 e	13.01±0.00 e	11.19±0.00 d	83.90±20.90 c	162.90±7.00 d	138.20±0.00 c
10	15.50±2.35 d	18.76±0.00 cd	18.26±0.54 c	90.20±14.20 c	170.40±0.00 d	155.40±7.00 c
50	23.59±1.41 c	17.73±1.16 de	17.16±1.26 c	90.70±7.50 c	160.10±15.10 d	160.10±15.10 c
100	16.26±3.20 d	21.26±2.37 cd	17.77±0.56 a	185.90±0.00 b	226.50±8.20 c	168.40±24.60 c
150	14.33±0.48 de	23.80±3.67 bc	29.78±0.61 a	165.60±36.00 b	222.90±27.00 c	235.70±9.00 ab
200	18.85±4.04 cd	27.69±0.94 ab	27.69±0.94 a	190.40±9.90 b	324.40±0.00 b	232.70±29.90 b
250	24.26±1.55 b	20.96±4.23 cd	22.88±4.43 b	229.10±11.20 a	323.80±11.20 b	268.50±0.00 a
300	30.31±0.03 a	31.92±0.00 a	26.56±0.00 ab	251.30±0.00 a	412.90±0.00 a	233.40±0.00 b

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P < 0.05$ )

**2.2 米蛾饲养密度对大米MDA含量和相关酶活的影响** 由表2可知,随着饲养密度的增加,3种大米的MDA含量呈现上升趋势。当饲养密度为150头/kg时空育131号大米的MDA含量较对照(CK)增加了93.75%;龙粳31号和绥粳18号则在饲养密度为100头/kg时较对照(CK)增加了122.22%和164.71%。3种大米被米蛾侵蚀后过氧化物酶活性下降,米蛾饲养密度越大,过氧化物酶活性越低;空育131

号在饲养密度为10头/kg时过氧化物酶活性下降62.29%,而龙粳31号和绥粳18号过氧化物酶活性较对照(CK)下降超过50%。

米蛾危害对3种大米多酚氧化酶活性的影响不明显,除空育131号和龙粳31号大米在饲养密度为200头/kg时多酚氧化酶活性显著低于对照(CK)外,其余处理间没有显著差异( $P>0.05$ )。

表2 大米MDA含量、多酚氧化酶和过氧化物酶活性测定结果

Table 2 The determination results of MDA content, the activities of polyphenol oxidase and peroxidase in rice

米蛾饲养密度 Feeding density of rice moth 头/kg	MDA含量 MDA content// $\mu\text{mol/g}$			多酚氧化酶活性 Polyphenol oxidase activity//U/g			过氧化物酶活性 Peroxidase activity//U/g		
	空育131号 Kongyu 131	绥粳18号 Suijing 18	龙粳31号 Longjing 31	空育131号 Kongyu 131	绥粳18号 Suijing 18	龙粳31号 Longjing 31	空育131号 Kongyu 131	绥粳18号 Suijing 18	龙粳31号 Longjing 31
0(CK)	0.16±0.01 e	0.17±0.00 f	0.09±0.02 d	6.86±0.57 a	7.50±0.05 ab	7.77±0.24 a	6.63±0.18 a	9.00±0.71 a	18.00±2.47 a
10	0.21±0.00 d	0.27±0.02 e	0.14±0.01 c	7.16±0.14 a	7.56±0.71 ab	7.33±1.32 ab	2.50±1.06 b	7.88±0.88 a	17.63±2.30 a
50	0.25±0.01 c	0.25±0.01 e	0.15±0.00 c	6.73±0.94 a	7.66±0.85 ab	7.17±0.14 ab	0.38±0.53 c	4.25±1.77 b	11.63±3.01 b
100	0.17±0.01 e	0.45±0.05 b	0.20±0.00 b	5.93±0.19 ab	7.80±0.00 ab	6.50±0.33 ab	0.50±0.00 c	1.63±0.53 c	10.25±1.06 b
150	0.31±0.00 b	0.39±0.00 c	0.19±0.00 b	6.53±0.28 a	8.80±1.04 a	6.43±0.05 ab	1.00±0.35 c	1.63±0.53 c	7.75±1.41 b
200	0.31±0.00 b	0.55±0.00 a	0.19±0.00 b	4.73±0.09 b	9.06±0.19 a	5.83±0.42 b	1.38±0.18 c	1.25±1.41 c	2.00±0.35 c
250	0.30±0.00 b	0.34±0.00 d	0.26±0.00 a	6.10±1.46 ab	6.67±1.41 b	7.00±1.13 ab	0.88±0.18 c	0.88±0.18 c	1.75±0.35 c
300	0.35±0.01 a	0.36±0.01 cd	0.27±0.02 a	6.80±0.00 a	7.17±1.37 ab	6.37±0.05 ab	0.88±0.18 c	0.50±0.00 c	1.00±0.00 c

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P < 0.05$ )

**2.3 米蛾饲养密度对米饭品质的影响** 对饲养不同密度米蛾的大米制成的米饭吸水率、干物质含量以及碘蓝值进行了测定,结果见表3。由表3可知,米饭的碘蓝值随米蛾饲养密度的增加而增大,3种米饭的碘蓝值与对照(CK)均存在显著差异。绥粳18号均在饲养密度为50头/kg时与对照(CK)相比增加了1倍。生虫米的米饭干物质含量随米蛾饲养密度的增加呈下降趋势,并且3种大米生虫米米饭中的干物质含量均显著低于对照(CK) ( $P<0.05$ );绥粳18号和龙粳31号均在米蛾饲养密度为50头/kg时与对照(CK)存在显著差异,干物质含量分别降低了30.44%和28.88%。生虫大米制成米饭的吸水率增加,3种大米生虫米制成米饭的吸水率均显著高于对照( $P$

$<0.05$ ),在米蛾饲养密度为10头/kg时与对照(CK)存在显著差异( $P<0.05$ )。

### 3 结论与讨论

米蛾的危害增加了大米中直链淀粉、脂肪酸和MDA含量,但降低了过氧化物酶的活性,使米饭干物质含量减少、吸水率增加、碘蓝值增加,从而直接影响了大米及米饭的食用品质。不同品种大米存在一定差异,但各种品质指标的变化趋势无明显差异。直链淀粉、脂肪酸、MDA等与米饭品质密切相关。研究表明,高直链淀粉的大米煮出的米饭硬度和黏度高,平衡度和弹性低,米饭的食味品质差<sup>[6-7]</sup>。大米脂肪酸  
(下转第195页)

呋喃妥因的检测灵敏度分别为 0.20、0.05、0.07 和 0.15  $\mu\text{g/L}$ 。梁高道等<sup>[12]</sup>以磁微粒作为固相载体、化学发光作为检测信号建立了硝基呋喃类药物残留快速检测方法,其中呋喃西林氨基脲的  $\text{IC}_{50}$  可达 0.232 4  $\text{ng/mL}$ 。可见,快速、灵敏的检测方法仍然是目前研究的热点。

该研究利用制备的抗呋喃西林高特异性单克隆抗体,采用间接竞争酶联免疫技术建立呋喃西林检测方法。结果表明,呋喃西林在 0.1~10.0  $\text{ng/mL}$  具有较好的线性关系 ( $R^2 = 0.9987$ ),  $\text{IC}_{50}$  为 1.43  $\text{ng/mL}$ 。与呋喃唑酮、呋喃它酮、呋喃妥因和呋喃西林代谢物氨基脲的交叉反应率均低于 0.5%。饲料样品中添加 3 个浓度呋喃西林的回收率为 87.5%~96.0%, CV 值为 6.1%~9.7%。可见该方法快速、准确、灵敏,可用于饲料中呋喃西林的分析检测。

### 参考文献

- [1] 梁娟,于盟盟,韩梅,等.ELISA 法检测水产品中硝基呋喃代谢物残留量[J].河北渔业,2014(4):45-47.
- [2] 王玉堂.禁用渔药——硝基呋喃类药物的毒性及危害[J].中国水产,

- 2017(4):85-86.
- [3] 李斌.呋喃西林代谢物 SEM 单克隆抗体的制备及其荧光定量检测试纸条的研究[D].广州:华南理工大学,2018.
- [4] 温丽媛,莫宝福,李冰,等.HPLC 法检测饲料中四种硝基呋喃类药物的研究[J].轻工科技,2018(4):104-106.
- [5] 黄帆,屈晓铃,周苏,等.高效液相色谱法测定饲料中硝基呋喃类药物[J].现代食品,2017(5):91-92.
- [6] 邢丽红,李兆新,孙伟红,等.液相色谱-串联质谱法检测水产品中硝基呋喃类药物的残留量[J].食品安全质量检测学报,2017,8(4):1233-1239.
- [7] 吴剑平,张婧,李丹妮,等.液相色谱串联质谱法正负模式切换同时检测饲料中 10 种硝基呋喃类化合物[J].中国兽药杂志,2017,51(11):51-58.
- [8] 吴旭,卜媛媛.HPLC-MS/MS 法测定 2017-2018 年淮安地区小龙虾中硝基呋喃类代谢物残留量[J].中西医结合心血管病杂志,2018,6(24):197-198.
- [9] 张桂芳,张晓瑜,王志昱,等.烟台市养殖虾中 19 种抗生素残留监测结果分析[J].现代预防医学,2018,45(8):1398-1400,1404.
- [10] 陈宗保,刘林海,尹月春,等.改性纳米金富集-毛细管电泳法测定水产品中硝基呋喃类药物残留[J].分析实验室,2018,37(7):760-764.
- [11] 许月明,潘言方,李慧慧.ELISA 可视化微阵列芯片法检测蜂蜜中硝基呋喃类药物的残留量[J].食品安全导刊,2018(18):147-150.
- [12] 梁高道,毛翔,黄常刚,等.全自动磁微粒化学发光法快速筛查呋喃类药物残留[J].环境科学与技术,2019,42(1):178-183.

(上接第 192 页)

组成的变化以及 MDA 的增加会使大米香味、光泽以及弹性都会发生改变,严重影响大米的食用品质<sup>[8-9]</sup>。过氧化物酶活性降低会使大米内的过氧化物大量积累,大米的陈化加快,而在陈化的过程中分子结构会变大,蒸煮米饭时需要吸

收更多的水分<sup>[10]</sup>,但降低了米饭的干物质含量,导致溶于水的营养物质减少<sup>[11]</sup>。因此,依据各品质指标变化的规律,建议米蛾对大米及米饭营养品质的影响阈值为每 100 g 大米有 5 头米蛾幼虫(即饲料密度为 50 头/kg),当超过此阈值时大米及米饭的营养品质均受到较大影响。

表 3 米饭碘蓝值、干物质含量和吸水率测定结果

Table 3 The determination results of iodine blue value, dry matter content, and water absorption of cooked rice

米蛾饲养密度 Feeding density of rice moth 头/kg	碘蓝值 (A) Iodine blue value			干物质含量 Dry matter content //mg/g			吸水率 Water absorption//%		
	空育 131 号 Kongyu 131	绥粳 18 号 Suijing 18	龙粳 31 号 Longjing 31	空育 131 号 Kongyu 131	绥粳 18 号 Suijing 18	龙粳 31 号 Longjing 31	空育 131 号 Kongyu 131	绥粳 18 号 Suijing 18	龙粳 31 号 Longjing 31
0(CK)	0.20±0.03 d	0.22±0.03 e	0.34±0.06 cd	25.14±0.40 a	51.86±1.81 a	38.57±2.62 a	355.05±1.41 c	367.98±6.78 c	391.87±1.43 c
10	0.34±0.02 ab	0.24±0.05 de	0.37±0.04 bc	13.29±1.61 cd	50.14±0.20 a	37.07±3.53 ab	343.48±6.62 d	386.95±0.40 b	405.85±4.82 b
50	0.33±0.03 ab	0.44±0.02 ab	0.24±0.00 e	21.50±4.94 ab	36.07±4.54 b	27.43±0.00 c	351.97±8.25 cd	384.37±7.56 b	407.37±2.21 b
100	0.21±0.03 cd	0.40±0.02 bc	0.28±0.02 de	18.36±4.14 bc	32.79±3.74 bc	29.93±0.50 bc	398.00±0.00 a	382.87±1.44 b	401.92±3.96 b
150	0.16±0.04 d	0.53±0.00 a	0.43±0.00 ab	17.28±3.23 bc	24.78±2.62 b	38.50±1.71 a	390.50±1.11 a	417.32±0.30 a	407.27±3.25 b
200	0.39±0.02 a	0.49±0.07 a	0.43±0.02 a	18.85±2.02 abc	21.14±6.46 de	40.71±3.23 a	397.85±4.04 a	417.88±3.69 a	406.42±2.38 b
250	0.39±0.02 a	0.24±0.00 de	0.41±0.00 ab	15.78±0.70 bcd	26.21±2.52 cd	37.14±0.60 ab	390.57±0.20 a	408.71±9.64 a	420.46±2.88 a
300	0.27±0.00 bc	0.32±0.04 cd	0.42±0.02 ab	9.57±1.41 d	16.57±3.84 e	26.93±8.38 c	374.72±4.28 b	420.51±1.66 a	415.26±0.81 a

注:同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P < 0.05$ )

### 参考文献

- [1] 刘彦芹.浅谈稻米加工工艺技术[J].粮食加工,2014,39(2):37-39,60.
- [2] 张玉杰.主要蛀食性害虫对稻米侵害后其品质变化[D].郑州:河南工业大学,2012.
- [3] 王海荣.虫蚀小麦蛋白质、脂类组分及品质变化规律研究[D].郑州:河南工业大学,2015.
- [4] 伦利芳.大米低温储藏后在不同环境条件下其品质变化[D].郑州:河南工业大学,2013.
- [5] 王肇慈.粮油食品品质分析[M].北京:中国轻工业出版社,2006.
- [6] 王莹,于亚辉,阙补超,等.稻米食味品质性状相关性分析[J].湖北农业

- 科学,2016,55(16):4090-4092.
- [7] 闫怀中,王苏闽.淮稻 13 号稻米食用品质的研究[J].粮食与饲料工业,2013(2):4-5,9.
- [8] 江川,李书柯,李清华,等.水稻耐储藏性研究进展[J].江西农业学报,2011,23(10):39-43.
- [9] 张琰,吴先山,吴敬德,等.稻谷储藏过程中理化特性变化的研究[J].中国粮油学报,2003(6):20-24,28.
- [10] 李益良,潘朝松,江欣,等.小包装优质鲜米品质变化及保鲜期的研究[J].谷物化学与品质分析,2005,34(1):31-37.
- [11] 张玉荣,刘敬婉,周青青,等.  $\text{CO}_2$  气调解除后大米蒸煮特性、质构特性及食味品质的变化研究[J].粮食与饲料工业,2015(9):12-16.