

蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 吸附机制的研究进展

齐云霞, 夏伦志, 吴东, 陈丽园 (安徽省农业科学院畜牧兽医研究所, 安徽合肥 230031)

摘要 综述了改性蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 吸附的研究进展, 并从黄曲霉毒素 B₁ 的分子结构和蒙脱石的结构特点出发从分子水平上介绍了蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 吸附机制的研究进展。

关键词 蒙脱石; 黄曲霉毒素 B₁; 吸附机制

中图分类号 S816.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)35-13606-04

Research Progress of Bonding Mechanisms between Aflatoxin B₁ and Montmorillonite

QI Yun-xia et al (Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract Based on the structural characteristics of aflatoxin B₁ and montmorillonite, this paper reviewed the research progress of bonding mechanisms between aflatoxin B₁ and modified montmorillonite on a molecular level.

Key words Montmorillonite; Aflatoxin B₁; Bonding mechanisms

饲料及原料的霉菌毒素污染范围日益扩大, 对畜禽养殖业造成了巨大的经济损失, 同时威胁着人类健康。霉菌毒素是由霉菌产生的一系列具有广泛化学结构的有毒次级代谢产物。至今为止, 被发现的霉菌毒素已超过 300 种, 而对动物健康和养殖业造成严重损害的毒素有黄曲霉毒素、呕吐毒素、玉米赤霉烯酮以及烟曲霉毒素等^[1-2]。霉菌毒素的危害主要表现在以下方面: ①降低饲料的营养价值, 并影响其适口性; ②引起畜禽的中毒性疾病, 使动物采食量和饲料转化率降低、生长速度减慢、免疫力降低、疾病流行甚至死亡。此外, 许多霉菌毒素在体内有累积效应和连锁效应, 通过转移到畜产品中从而危及人类健康^[3-4]。因此, 如何预防及消除霉菌毒素污染带来的危害已成为人们关注的热点问题。

在日粮中添加对霉菌毒素具有吸附作用的吸附剂是一种消除其危害的有效方法。蒙脱石是目前试验研究较多和实际应用较为普遍的一种吸附剂, 其脱毒机理是通过与霉菌毒素结合形成稳定的复合物, 使毒素在经过动物肠道时不被吸收, 降低霉菌毒素的生物利用率, 从而减轻或消除对动物的危害^[5]。

研究表明, 蒙脱石尤其对黄曲霉毒素 B₁ 表现出较好的吸附选择性, 而黄曲霉毒素 B₁ 是对人类和动物危害较大的一种毒素。因此, 人们开展了大量关于蒙脱石及其改性产品控制饲料及其原料中黄曲霉毒素 B₁ 的研究^[6-7]。然而, 关于其吸附机制目前尚未形成统一看法。笔者就近年来国内外关于蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 吸附机制的研究进展进行了综述。

1 黄曲霉毒素 B₁ 的分子结构及毒性

黄曲霉毒素是主要由黄曲霉、寄生曲霉产生的一类结构和理化性质相似的真菌次级代谢物, 目前已分离鉴定出 18 种, 包括 B₁、B₂、G₁、G₂、M₁、M₂、P₁ 和毒醇等。其中, 黄曲霉毒素 B₁ 的毒性和致癌性最强, 被称为第一大类致癌物, 能诱发

人和动物的肝癌, 其化学结构如图 1 所示^[8]。黄曲霉毒素 B₁ 是二氢呋喃氧杂萘邻酮的衍生物, 即含有 1 个双呋喃环(A 和 B) 和 1 个氧杂萘邻酮(香豆素)(C 和 D)。

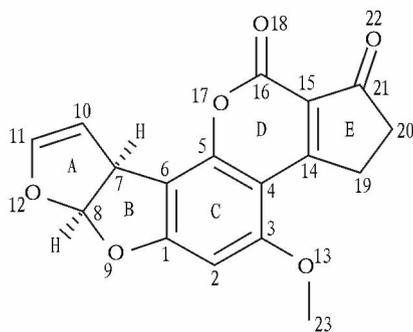


图 1 黄曲霉毒素 B₁ 的分子结构

2 蒙脱石的结构特征

蒙脱石属层状硅铝酸盐粘土矿物, 是膨润土(又名斑脱土)的主要成分, 其结构特点(图 2)是由 2 个硅氧四面体片和铝(少量 Fe³⁺)氧八面体片组成可膨胀的层状铝硅酸盐矿物, 每个单位晶胞由 2 个硅氧四面体(T)中间夹带一层铝氧八面体(O)构成, 即为 TOT 排列, TOT 与 TOT 层间充满水和可交换离子。硅氧四面体中的 Si⁴⁺ 部分被低价的 Al³⁺ 同晶置换, 铝氧八面体中的 Al³⁺ 部分被低价的 Mg²⁺、Fe²⁺ 同晶置换, 使蒙脱石表面带有大量负电荷, 从而能从环境中吸附 Na⁺、Ca²⁺、K⁺ 等阳离子进入层, 以平衡电荷^[9-11]。蒙脱石独特的结构使其具有较强的离子交换性、吸附性和较大的比表面积, 同时使其具有良好的可加工性。通过在层间引入不同类型的无机阳离子、有机阳离子或中性分子, 可以改善蒙脱石的物化性能(如表面结构、电性、反应活性和吸附性能等), 进而提高蒙脱石矿物的性能和使用价值^[12-14]。人们根据不同目的对蒙脱石进行改性处理, 使蒙脱石在不同领域得到广泛应用, 如在环保领域中用作废水废渣废气的吸附材料、建筑业中的防火材料和防水材料以及在医药与临床应用中的抗菌杀菌剂等^[15-18]。

3 蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附机制研究现状

大量研究证实, 天然蒙脱石表现出对霉菌毒素良好的

基金项目 院长青年创新基金项目(12B0413); 安徽省农业科学院科技创新团队建设资助项目(13C0405)。

作者简介 齐云霞(1981-), 女, 山东济宁人, 助理研究员, 博士, 从事饲料添加剂研究。

收稿日期 2013-11-02

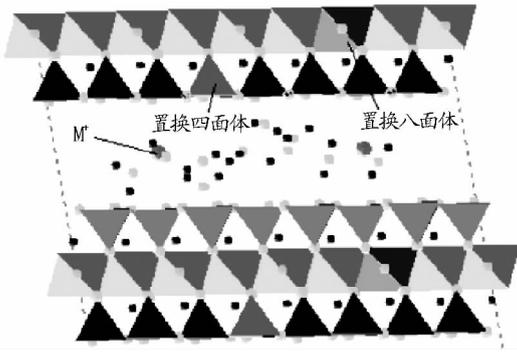


图2 蒙脱石晶体结构构型

吸附选择性和吸附能力。齐德生等^[19]研究表明蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 具有较好的吸附效率和吸附稳定性。膨润土能阻止 T-2 毒素在大鼠小肠内吸收,增加其从粪便中排出的量^[20]。日粮中添加 0.3% 钠基斑脱土能有效减轻黄曲霉毒素 B₁ (2.5 μg/g) 给肉鸡带来的性能损伤,但对烟曲霉毒素 B₁ (200 μg/g) 却无效果^[21]。Ellis 等^[22]发现在含 20 μg/kg 黄曲霉毒素 B₁ 的鱼饲料中添加 2% 的钠基膨润土后,可使鱼肝中黄曲霉毒素 B₁ 含量降低 (80 ± 10)%,粪便中其含量增加 (47 ± 20)%。

然而,天然蒙脱石仍然存在着一定的局限性,影响其在实际应用中的使用效果。①对矿物质、维生素等营养成分有一定的吸收性,吸附选择性有待提高;②饱和和吸附量较小;③对呕吐毒素、玉米赤霉烯酮以及烟曲霉毒素等几种危害较大毒素的吸附效果较差^[23-25]。

研究表明,蒙脱石对毒素的吸附能力与其矿物学参数以及化学特性有关。通过向天然蒙脱石层间引入无机阳离子、有机季铵盐和胆碱等可以改善其吸附性能^[26-28]。M. Tomasevic-Canovic 等^[29]研究表明通过不同阳离子改性后的蒙脱石对相同浓度的黄曲霉毒素 B₁ 表现出不同的吸附效果,如天然蒙脱石 (Ca-蒙脱石) 对其吸附率为 89%,而 Cu 离子交换后的蒙脱石吸附率为 75%,而 Zn 离子交换后的蒙脱石吸附率为 90%。Dakovic-Aleksandra 等^[27]通过比较天然蒙脱石和 Cu 离子交换后的蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的饱和和吸附量发现,当 Ca 离子部分被 Cu 离子取代后饱和和吸附量明显增加。Zeng 等^[30]研究发现 Al-Fe 聚阳离子柱撑后的蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的最大吸附量从 30.4 μg/g 提高到 660.0 μg/g 在被黄曲霉毒素 B₁ 污染的饲料中添加改性处理的蒙脱石纳米复合物后,降低了黄曲霉毒素 B₁ 在猪体组织中的残留量,减轻甚至消除了黄曲霉毒素 B₁ 对动物生长性能和肝脏功能等的不良影响^[31]。

关于蒙脱石及其产品对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附研究已得到一定的进展,然而对其吸附机制尚未形成统一认识。为了设计出更合理的改性处理路线,提高蒙脱石的吸附选择性和吸附量,从分子水平上了解蒙脱石与霉菌毒素 B₁ 的吸附反应机制是必要的。已有研究证实,蒙脱石与黄曲霉毒素的吸附过程为化学吸附反应过程,多种影响因素 (如蒙脱石的组成成分、结构特征等) 都会影响其吸附效果。同时,蒙脱石的

外表面、边缘、层间域均是可能的吸附位点。

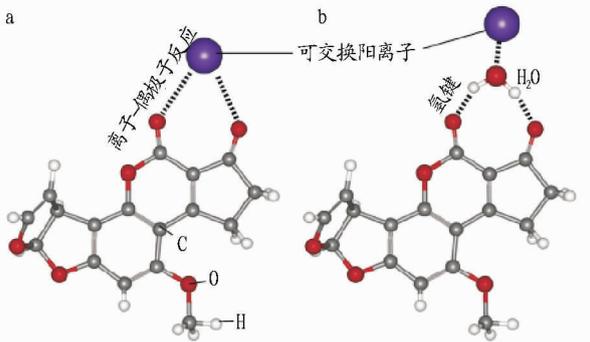
3.1 电子给体-受体 (EDA) 模型 Haderlein 等^[32]首先提出电子给体-受体 (EDA) 模型用于解释蒙脱石对硝基芳族化合物的吸附机制。Phillips 等^[33]认为此模型同样适用于解释蒙脱石对霉菌毒素的吸附机制。蒙脱石的独特结构使其带有大量负电荷,因此有吸附带有正电荷离子进入其层间的趋势来平衡其电荷,而对带有缺电子部分的化合物 (如不饱和分子) 同样有优先选择吸附的能力。黄曲霉毒素 B₁ 分子结构中含有 2 个羰基,羰基中带有部分正电荷的碳原子可以通过共用来自蒙脱石表面的部分电子,从而与蒙脱石发生强烈的吸附作用。Phillips 等^[34]的研究进一步证实黄曲霉毒素 B₁ 分子中带有部分正电荷的羰基碳原子对吸附过程非常重要,羰基碳原子所带正电荷的量与吸附力的强度表现出较强的相关性。同时,进一步提出蒙脱石的平面层间域是主要的吸附位点,而蒙脱石的外表面对吸附的贡献非常小。黄曲霉毒素 B₁ 分子除末端的双呋喃环外的其余部分具有平面结构,在蒙脱石的平面层间域定向排列,而具有空间立体结构的分子 (如玉米赤霉烯酮) 则由于空间位阻效应很难进入到蒙脱石的层间域。

3.2 选择性化学吸附 Phillips 等^[35]提出蒙脱石与黄曲霉毒素 B₁ 的吸附反应为选择性化学吸附,吸收焓约为 -40 kJ/mol。研究表明,黄曲霉毒素 B₁ 分子与 NovaSil Ca-斑脱土反应后,1 700 和 1 750 cm⁻¹ 处黄曲霉毒素 B₁ 分子的羰基伸缩振动峰消失,同时在 1 400 和 1 600 cm⁻¹ 出现 2 个新的吸收峰。据此推测,黄曲霉毒素 B₁ 分子中的双羰基通过占用蒙脱石层间过渡金属离子的未填充电子 d 轨道,形成单核二齿螯合物。

3.3 配位键和呋喃环环氧化 Desheng 等^[36]研究发现蒙脱石吸附黄曲霉毒素 B₁ 前后的层间距均为 1.42 nm,没有明显变化,因此推测黄曲霉毒素 B₁ 可能吸附在蒙脱石的边缘,而没有进入蒙脱石的层间,并且进一步提出蒙脱石与黄曲霉毒素 B₁ 通过形成双氢键的单分子化学吸附机理。Tenorio^[5]等利用傅里叶变换红外光谱分析研究蒙脱石与黄曲霉毒素 B₁ 的吸附反应过程。研究发现,黄曲霉毒素 B₁ 分子可能占据蒙脱石片状结构的大部分表面。分子末端的呋喃环与蒙脱石表面的氧发生呋喃环氧化反应,对吸附反应起着重要作用。同时,分子中的羰基、氧杂萜邻酮的双氧原子和环戊酮环对吸附反应也起着重要作用,通过与可交换阳离子 (如 Na、Ca 和 Mg) 以形成配位键的形式参与吸附反应。此外,还研究了蒙脱石的组成成分与黄曲霉毒素 B₁ 的吸附效果之间的关系。研究发现,蒙脱石结构中的八面体,当以 Fe 或 Mg 八面体形式存在越多时,吸附毒素的能力越强,而以 Al 八面体形式存在越多时,吸附毒素的能力越弱。

3.4 离子-偶极子反应和氢键反应 Phillips 等^[37]将层状结构坍塌后的蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附能力与结构完整的蒙脱石进行比较,发现结构坍塌后的吸附能力降低 85%,据此推测蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 分子的吸附位点可能是在层间。Kannewischer 等^[38]通过研究蒙脱石吸附黄曲

霉菌毒素 B₁ (Afb₁) 后形成的 Afb₁ - 蒙脱石复合物的热稳定发现, 热处理后的蒙脱石复合物(001)面 *d* 值减少至 1.3 nm 后 *d* 值没有进一步减少。这可能是由于黄曲霉毒素 B₁ 进入到蒙脱石层间, 从而阻止了层状结构的进一步坍塌。Deng 等^[8,39] 也发现蒙脱石吸附黄曲霉毒素 B₁ 后形成的 Afb₁ - 蒙脱石复合物, 在经过 400 °C 的热处理后层间距仍然大于 1.2 nm, 而没有继续坍塌, 进一步证实了黄曲霉毒素 B₁ 可能进入蒙脱石的层间。此外, 黄曲霉毒素 B₁ 在蒙脱石层间域的上下表面以单分子层化学吸附形式存在。同时, 对吸附机理进行了系统深入研究, 提出了离子 - 偶极反应和氢键反应模型 (图 3)。黄曲霉毒素 B₁ 分子中的双羰基氧是非常重要的反应位点, 而其他的 2 个呋喃氧则对吸附反应的贡献较小。在不同的湿度环境下, 吸附反应呈现出不同的机制。在 100% 湿度条件下, 层间可交换阳离子以水合离子的形式存在, 羰基氧与阳离子的水合外层中的氢原子形成氢键, 阳离子并不直接参与黄曲霉毒素 B₁ 分子的键合反应。在此种情况下, 层间阳离子类型不会影响最终的吸附效果。在相对较小的湿度下, 可交换阳离子呈裸露状态, 可直接与羰基氧原子发生离子 - 偶极子或配位反应。在此种情况下, 层间阳离子类型影响最终的吸附效果。具有高化学价、小半径以及空 *d* 轨道的层间阳离子的蒙脱石, 对黄曲霉毒素 B₁ 分子有更大的吸附力。Zeng 等^[31] 的研究结果证实将 Al-Fe 聚阳离子引入到蒙脱石的层间后大大提高了其对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附量。



注: a. 黄曲霉毒素 B₁ 分子中的羰基氧原子与可交换阳离子的离子 - 偶极子反应; b. 黄曲霉毒素 B₁ 分子中的羰基氧原子与可交换阳离子水合外层中氢原子形成氢键。

图 3 蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附机理^[8]

4 小结

黄曲霉毒素因其剧毒性与污染的广泛性, 已给畜禽养殖业和人类健康带来严重威胁。饲料安全问题引起人们的广泛关注, 被污染饲料的脱毒工作已成为目前迫切需要解决的问题。只有明确蒙脱石及其产品对霉菌毒素的吸附机制, 才能研发出高效的蒙脱石脱毒剂, 消除或减轻霉菌毒素对动物机体的损害。为了设计更合理的改性处理路线, 提高蒙脱石的吸附范围和吸附效率, 在吸附位点和吸附机制等关键问题上还有待进一步研究。

参考文献

[1] 王金勇, 刘颖莉, 关舒. 2012 年中国饲料和原料霉菌毒素检测报告[J].

- 中国畜牧杂志, 2013, 49(4): 29 - 34.
- [2] 谢晓鹏, 易卫, 庄智明, 等. 饲料中的霉菌毒素及其防控措施[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(5): 101 - 106.
- [3] 冯建蕾. 黄曲霉毒素的危害和防治[J]. 中国畜牧兽医, 2005, 32(12): G5 - G7.
- [4] 周育, 吉小凤, 李文均. 曲霉类真菌毒素污染、危害及生物脱毒技术研究进展[J]. 中国兽医学报, 2012, 32(11): 1741 - 1746.
- [5] TENORIO A M G, MULDER I, DIXON J B. Smectite clay adsorption of aflatoxin vs. octahedral composition as indicated by FTIR [J]. Clays Clay Miner, 2008, 56(5): 571 - 578.
- [6] CHATURVEDI V B, SINGH K S, AGNIHOTRI A K. *In vitro* aflatoxin adsorption capacity of some indigenous aflatoxin adsorbents [J]. Indian J Anim Sci, 2002, 72(3): 257 - 260.
- [7] 单慧, 董颖超, 李军国, 等. 蒙脱石及其改性产品控制霉菌毒素毒性的研究进展[J]. 饲料工业, 2012, 33(6): 29 - 32.
- [8] DENG Y J, VELÁZQUEZ A L B, BILLES F, et al. Bonding mechanisms between aflatoxin B₁ and smectite [J]. Applied Clay Science, 2010, 50: 92 - 98.
- [9] BRIDLEY S W, BROWN G. Crystal structure of clay minerals and their X-ray diffraction [M]. London: Mineralogical Society, 1980: 50 - 51.
- [10] 徐培苍, 张晓云, 李如璧, 等. 蒙脱石晶体结构和水结构的矿物物理特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所文集, 1991(32): 14 - 31.
- [11] 王进, 王军霞, 曾凡桂. 蒙脱石晶体结构构型及其 XRD、IR 的分子模拟[J]. 矿物学报, 2011, 31(1): 133 - 138.
- [12] KONG Q H, HU Y, LU H D. Synthesis and properties of polystyrene/Fe-montmorillonite nanocomposites using synthetic Fe-montmorillonite by bulk polymerization [J]. Journal of Material Science, 2005, 40(17): 4505 - 4509.
- [13] 谢洪学, 吴秀玲, 王小伟, 等. 离子液体辅助 TiO₂/蒙脱石材料的制备与性能研究[J]. 中国矿业大学学报, 2010, 39(1): 145 - 151.
- [14] GONG F L, ZHAO C G, FENG M, et al. Synthesis and characterization of PVC/montmorillonite nanocomposite [J]. Journal of Materials Science, 2004, 39(1): 293 - 294.
- [15] 余凤涓, 赵秀丽, 王建华. 聚乳酸/蒙脱石纳米复合材料研究进展[J]. 塑料科技, 2010, 38(1): 103 - 108.
- [16] 雷绍民, 郝睿, 熊毕华, 等. 蒙脱石矿物特性及开发利用前景[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(5): 565 - 569.
- [17] 周平, 易国斌, 熊富华, 等. 聚合物/蒙脱石纳米复合材料研究进展[J]. 化学与生物工程, 2007, 24(2): 5 - 7.
- [18] 朱利中, 陈宝梁. 有机膨润土在废水处理中的应用及其发展[J]. 环境科学进展, 1998, 6(3): 53 - 61.
- [19] 齐德生, 刘凡, 于炎湖, 等. 蒙脱石及改性蒙脱石对黄曲霉毒素 B₁ 的吸附研究[J]. 畜牧兽医学报, 2003, 34(6): 620 - 622.
- [20] CARSON M S, SMITH T K. Role of bentonite in prevention of T-2 toxicosis in rats [J]. J Anim Sci, 1983, 57(6): 1498 - 1506.
- [21] MIAZZO R, PERALTA M F, MAGNOLI C, et al. Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin [J]. Poultry Science, 2005, 84: 1 - 8.
- [22] ELLIS R W, CLEMENTS M, TIBBETIS A, et al. Reduction of the bio-availability 20 g/kg aflatoxin in trout feed containing clay [J]. Aquaculture, 2000, 183(1/2): 179 - 188.
- [23] 李俊营, 詹凯, 陈旭伍, 等. 日粮添加霉菌毒素吸附剂对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(10): 7 - 11.
- [24] 张建刚, 赵国琦, 林森, 等. 日粮霉菌毒素吸附剂添加水平对奶牛营养物质表观消化率和血液指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(23): 44 - 48.
- [25] AVANTAGGIATO G, SOLFNZZO M, VISCONTI A. Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of *Fusarium mycotoxins* [J]. Food Additives and Contaminants, 2005, 22(4): 379 - 388.
- [26] DAKOVIC A, TOMASEVIC-CANOVIC M, DONDUR V, et al. Adsorption of mycotoxins by organozeolites [J]. Colloids Surf, 2005, 46(1): 20 - 25.
- [27] DAKOVIC A, MATIJASEVIC S, ROTTINGHAUS G E, et al. Aflatoxin B₁ adsorption by natural and copper modified montmorillonite [J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2008, 66: 20 - 25.
- [28] WICKLEIN B, BARDEER M, ARANDA P, et al. Phosphatidylcholine-clay systems as artificial lipid membrane supports of biological species [C]// XIV International Clay Conference, Vol. I. Associazione Italiana per lo Studio delle Argille-onlus. Castellana Marina, Italy, 2009: 21.
- [29] TOMASEVIC-CANOVIC M, DAKOVIC A, MARKOVIC V, et al. The effect of exchangeable cations in clinoptilolite and montmorillonite on the adsorption of aflatoxin B₁ [J]. Serb Chem Soc, 2001, 66(8): 555.

- [30] ZENG L, WANG S P, PENG X Q. Al-Fe PILC preparation, characterization and its potential adsorption capacity for aflatoxin B₁ [J]. Appl. Clay Sci, 2013, 83/84: 231 - 237.
- [31] 史莹华, 许粹荣, 孙宇, 等. 蒙脱石纳米复合物吸附猪日粮中黄曲霉毒素 B₁ 效果的研究[J]. 动物营养学报, 2007, 19(6): 742 - 747.
- [32] HADERLEIN S B, WEISSMAHR K W, SCHWARZENBACH, et al. Specific adsorption of nitroaromatic explosives and pesticides to clay minerals [J]. Environ Sci Technol, 1996, 30(2): 612 - 622.
- [33] PHILLIPS T D. Dietary clay in the chemoprevention of aflatoxin-induced disease[J]. Toxicol Sci, 1999, 52(2): 118 - 126.
- [34] PHILLIPS T D, AFRIYIE-GYAWU E, WILLIAMS J. Reducing human exposure to aflatoxin through the use of clay: a review[J]. Food Addit Contam A-Chem, 2008, 25(2): 134 - 145.

- [35] PHILLIPS T D, SARR A B, GRANT P G. Selective chemisorption and detoxification of aflatoxins by phyllosilicate clay [J]. Nat Toxins, 1995, 3(4): 204 - 213.
- [36] QI D S, LIU F, YU Y H, et al. Adsorption of aflatoxin B₁ on montmorillonite [J]. Poult Sci, 2005, 84(6): 959 - 961.
- [37] PHILLIPS T D, LEMKE S L, GRANT P G. Characterization of clay-based enterosorbents for the prevention of aflatoxicosis [J]. Adv Exp Med Biol, 2002, 504: 157 - 171.
- [38] KANNEWISCHER I, TENORIO A M G, WHITE G N, et al. Smectite clays as adsorbents of aflatoxin B₁: initial steps [J]. Clay Sci, 2006, 12(S2): 199 - 204.
- [39] DENG Y J, SZCZERBA M. Computational evaluation of bonding between aflatoxin B₁ and smectite [J]. Appl Clay Sci, 2011, 54: 26 - 33.

(上接第 13590 页)

合薄膜挂封, 白天开膜通气, 下午、晚上挂封保温。因为 4 月上旬和中旬气温偏低, 在天蚕孵化房安装了 2 个功率 1 500 kW 的电炉升温, 将室温控制在 24 ~ 26 °C, 采用自然蒸发方式在室内放置 1 个盛水器皿, 湿度控制在 80% 左右。4 月 10 日冷空气入侵, 气温下降, 有时夜间开 2 个炉子升温, 确保幼蚕生长良好。由于湖南省南岭天蚕养殖公司技术员现场把关指导, 3 个点的孵化成功率均较高。关峡乡高坪村 2 500 粒蚕卵孵化出 2 000 条左右的蚁蚕, 关峡乡鸟塘 1.8 万粒蚕卵孵化出 1.6 万条蚁蚕, 白玉乡罗家铺 2 700 粒蚕卵孵化出 200 条蚁蚕。

2.2 幼蚕(小蚕)生长与气象条件 蚕卵孵化成蚁蚕后, 要在室内进行袋养, 控制生长温度^[5]。在点上用铁丝夹夹子每袋中放入适量嫩栎树叶, 使 1 ~ 3 龄蚕在袋内生长。对 1 ~ 2 龄蚕, 实行加温饲养, 将室内调整到 25 ~ 26 °C; 3 龄蚕时适当降温, 调整到 24 ~ 25 °C; 4 龄后降至 24 °C 左右, 使幼蚕逐步适应室外温度, 相对湿度保持在 65% ~ 75%。小蚕袋养要注意轻拿轻放。由于 1 龄蚕野性较强, 易爬散、体质弱、自然损失严重。在室内吊袋子时, 要将袋子用牙签等尖物打上小气孔, 以便于小蚕呼吸。每袋饲养数量不宜太多, 以 30 ~ 50 条为宜。在室内饲养 8 ~ 10 d 即可上山挂养。另外在采摘栎树叶时要注意对小蚕提供嫩叶, 选择 1 ~ 2 年生栎树嫩绿枝芽, 避免采路边带泥、带灰的被污染的树叶。

2.3 大蚕饲养与气象条件 进入 4 ~ 5 龄期称为大蚕, 这是天蚕摄食增长最快和生成丝素蛋白的时期。因此, 大蚕饲养的成败直接关系到结茧率和蚕茧质量。

在鸟塘, 袋养幼蚕达到 1.5 万条, 由于上山挂养放工作量大, 请来 4 名临时工取帮忙。由于他们没有经过专业培训, 重手重脚, 结果在从室内移挂到山中基地时, 就伤亡了大部分幼虫, 加上 4 月 22 日上午刚将幼蚕放到栎树枝上, 下午遇到短时暴雨, 1.5 万条幼虫成活率就不足 50%, 死亡率较高。另外, 由于饲养面积大, 地表杂物清除不彻底, 消毒工作也不到位, 导致成蚕大批量腹泻, 交叉感染, 最终结茧率极低。在高坪村, 由于试验点面积小, 管理到位, 及时消毒止

泻, 并将死蚕及时清理, 取得较高的结茧率, 正式上山挂放 1 500 条幼虫, 收回 1 056 个蚕茧, 结茧率达 70%。白玉乡罗家铺也回收到 220 个茧, 试养基本成功。

2009 年, 在 2008 年试养初步成功的基础上, 选定关峡乡高坪村进行推广性养殖。放养 0.53 hm², 进行常规管理, 共投放劳力 82 个, 共收蚕茧 12 000 个, 毛收入 8 400 元。

3 气象因素对天蚕饲养的影响

天蚕饲养主要是要靠人的细心和耐心, 但气象方面的因素也不可忽视: ①天蚕孵化期正好是春寒乍暖之际, 多冷空气活动, 气温变化幅度大, 1 ~ 3 龄期幼蚕须在室内慢慢锻炼生长 7 ~ 10 d, 才能逐步适应室外环境。如果大规模饲养, 必须有足够的培育房; ②选择好天气, 将小蚕挂送到栎树上。4 ~ 5 龄小蚕上树饲养后, 每逢降温降雨天气, 必须及时巡查, 发现有病蚕死蚕应及时清除, 以免交叉感染。强降水将栎叶打湿后, 由于天气污染可能会导致蚕虫腹泻, 应及时用稀释过的“蚕得乐”喷洒叶面, 才能控制疫病的蔓延。③适宜的海拔高度以 500 ~ 800 m 最佳。

4 小结

通过对南岭天蚕的饲养发现, 饲养天蚕的适宜生态条件和人工条件为: ①天蚕生长的适合温度是随着蚕龄而变化的, 饲养时要先在室内再放室外。②冷空气活动, 特别是寒潮的影响以及暴雨的侵入对天蚕的生长带来极大的影响, 使天蚕的成活率大大降低。③天蚕的饲养最重要的是需要细心和耐心。④天蚕生长的适宜海拔高度大约在 500 ~ 800 m。该研究可为帮助广大蚕农致富和科学养蚕提供重要的生态条件保障。

参考文献

- [1] 吴生泉. 天蚕生物学特性研究[J]. 蚕桑通报, 1994, 25(1): 42 - 44.
- [2] 胡萃, 吴晓晶, 何占演, 等. 天蚕营养指标的研究[J]. 蚕业科学, 1989, 27(4): 15 - 16.
- [3] 谢大洋. 食物对引种天蚕生长发育的影响[J]. 华东昆虫学报, 2003, 12(1): 42 - 45.
- [4] 钱小兰, 钱忠兵, 柳柳涛. 气象因素对如皋市蚕桑树病虫害发生的影响[J]. 中国蚕业, 2010, 34(4): 24 - 28.
- [5] 杨立军, 范娟, 侯印刚, 等. 南岭天蚕种卵保护温度与孵化率的研究[J]. 现代农业科技, 2011(12): 305 - 306.