不同鳞翅目昆虫细胞色素 P450 基因的比较基因组学分析

艾均文　龚　昕　薛　宏　何行健　刘昌文　肖建中　刘　勇　郑　颖

（湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127）

摘　要：细胞色素 P450 涉及许多昆虫生理功能，包括对信号分子的代谢、宿主植物的适应性及杀虫剂的抗性等。鳞翅目昆虫的种类仅次于鞘翅目，包含了大量的农业害虫。根据鳞翅目烟草天蛾(*Manduca sexta L.*)基因组数据，开展细胞色素 P450 的全基因组学分析，在该基因组中发现了 110 个可能的 P450 基因，它们可分为 29 个家族，其中有大量基因以串联重复形式排列。再进一步利用分析所得序列与蝶类昆虫黑脉金斑蝶(*Danaus plexippus L.*)、模式昆虫家蚕(*Bombyx mori L.*)开展 P450 基因的比较基因组学分析，结果表明：在 CYP2 与线粒体集团(Clan)中存在 12 对的 P450 直向同源基因，而 CYP3 与 CYP4 集团的 P450 基因呈现出了种属特异性扩增趋势。相对于鳞翅目昆虫与其它非鳞翅目昆虫之间的比较分析来看，鳞翅目昆虫之间不仅存在更多的 P450 直向同源基因对，而且能鉴别出的直向同源基因群更多，但出现新的家族与亚家族数量相对较少。不同鳞翅目昆虫基因组中的 P450 基因存在相当广泛的线性保守现象。这些不同昆虫间的比较基因组学分析将会促进鳞翅目昆虫 P450 基因的研究，同时也还会有助于害虫治理新靶标的选择。

关键词：鳞翅目；P450；多样性；线性保守；比较基因组学分析

昆虫是地球上最繁盛的生物种群，其中鳞翅目昆虫就有 16 万种之多，其种类仅次于鞘翅目昆虫，而且包含了大量的主要农业与森林害虫，对其综合防治与抗性治理始终是不可避免的重大挑战[1]。细胞色素 P450 作为最古老和最庞大的超基因家族，其酶系是昆虫中涉及抗性的三大主要代谢解毒酶类之一。它参与昆虫和宿主植物之间的防御与反防御促进了协同进化，参与杀虫剂等环境有毒物质的代谢介导了昆虫抗性。此外，它还参与了保幼激素、蜕皮激素和脂肪酸等内源化合物的合成与降解，调节了昆虫的生长与发育等[2-3]。自 Feyerisen 等[4]1989 年克隆第一个昆虫 P450 基因后，利用现代分子生物学方法研究昆虫 P450 逐渐成为了热点。特别是本世纪以来多种昆虫基因组测序工作已相继完成，对其 P450 研究也随之进入了基因组学研究时代[2,5]。

继鳞翅目模式昆虫家蚕 (*Bombyx mori L.*) 率先完成基因组测序后[1]，蛱蝶科的黑脉金斑蝶 (*Danaus plexippus L.*)[6]、袖蝶科的诗神袖蝶 (*Heliconius melpomene L.*)[7]、天蛾科的烟草天蛾 (*Manduca sexta L.*)、夜蛾科的小菜夜蛾 (*Plutella xylostella L.*)[8]与灰翅夜蛾(*Spodoptera*

资助项目：湖南省科技支撑计划项目(2013NK3071)，现代农业(蚕桑)产业技术体系建设专项(CARS-22)。

作者简介：艾均文，博士，研究员。研究方向：家蚕遗传与分子生物学，Tel:0731-86458389，E-mail: jwai718@sina.com

littoralis L.)、螟蛾科的水稻二化螟(*Chilo suppressalis L.*)[9]等多个鳞翅目昆虫也先后完成了基因组测序，这为在全基因组范围内揭示鳞翅目昆虫 P450 的结构、分布、表达及进化规律，进而完成其基因功能研究提供了必要条件。特别是鳞翅目蝶蛾类昆虫分化时间仅仅只有 1 亿年左右[10],对这些进化关系紧密的生物类群的超基因家族开展比较基因组学分析,将会不仅有助于研究其各个基因功能,而且更加有利于探明该类群物种分化后对各自不同生存环境产生适应性的规律[11]。但到目前为止,在已测序鳞翅目昆虫中完成了 P450 全基因组学分析的很少[8, 9, 12],其中还有部分或者序列完整性较低,或者序列尚未公开释放。基于此种现状，本文根据烟草天蛾基因组的 80.7 倍 454 测序数据在全基因组范围内对其 P450 进行比对搜索,进而在此基础上,利用所得序列与已有的家蚕、黑脉金斑蝶 P450 全基因组分析序列开展比较基因组学分析。

1　材料与方法

1.1 序列来源

本实验分析所依据的原始序列均源自于烟草天蛾 (*Manduca sexta L.*)、黑脉金斑蝶(*Danaus plexippus L.*)与家蚕(*Bombyx mori L.*)的基因组序列,下载自 NCBI(http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)。黑脉金斑蝶与家蚕 P450 的氨基酸序列均来自于 P450 主页(http://drnelson.uthsc.edu/cytochromep450.html)。此外,从该主页还下载果蝇(*Drosophila melanogaster L.*)、冈比亚按蚊(*Anopheles gambiae L.*)、人(*Homo sapiens L.*)、水稻(*Oryza sativa L.*)的 P450 氨基酸序列,同时还从 GenBank 下载灰翅夜蛾(*Spodoptera littoralis L.*)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera L.*)等不同鳞翅目昆虫的 P450 氨基酸序列。

1.2 序列分析

昆虫 P450 虽然表现出序列多样性和高度分化的特征,但仍具有多个特征结构域[2]。C 端标志性结构域为所有 P450 基因的共同特征,F × × G × × × C × G 为其信号序列（× 表示任意氨基酸)。此外,昆虫 P450 还存在其他特征结构域,如:螺旋 C(W × × × R)、螺旋 I(AG × D/ET)、螺旋 K(E × × R)及“PERF”(P × × F × PE/DRF)等,可用来鉴定不同类型 P450 序列的完整性。当从基因组预测的基因不具有完全的开放阅读框时,参照 Ai 等[12]的方法,将已确定含有 P450 基因的一段基因组 scaffold 序列进行所有可能的不同相位编码序列翻译,结合规范的 GT/AG 规则,反复与已知基因序列比对，尽可能延伸其序列。为探明昆虫 P450 在基因组内分布的一般性规律，我们将家蚕中 P450 与来自蛱蝶科的黑脉金斑蝶、天蛾科的烟草天蛾的 P450 进行比较基因组学分析。

1.3 主要分析程序与软件

本地数据库的建立与预测基因的搜索均采用 BLAST 工具;为了分析预测 P450 和其他物种 P450 的相似性,利用预测基因的氨基酸序列通过 NCBI 进行 BLAST (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/Blast.cgi) 在线比对；利用 genewise 程序 (http://www.ebi.ac.uk/Tools/psa/genewise/) 对基因组内含有预测 P450 的种子序列进行不同阅读框翻译;对不同的 P450 进行同源性的聚类分析，首先利用 Clustalx1.83 进行多重比对，再通过 MEGA4.0 软件按 UPGMA 法构建进化树,1 000 次重复。

2　结果

2.1 烟草天蛾 P450 的预测分析

首先利用烟草天蛾的基因组核酸序列建立本地数据库,再用下载的不同物种 P450 的氨基酸序列与其进行 TBLASTN 搜索。将搜索得到的预测序列进一步在 NCBI 进行 BLASTP 在线比对,如果与已知 P450 氨基酸序列有较高的相似性(E-value≤1e-6),则认为其是可能的昆虫 P450，结果在烟草天蛾基因组中得到

110 条 P450 序列。根据昆虫 P450 特征性序列及一般性规律分析发现[2],其中只有部分为全长序列,这与 Neslon 等[13]进行 P450 基因组预测分析时结果相一致。即:根据基因组数据预测基因时,分析软件时常会发生错误装配,或遗失基因某一部分外显子,或在基因簇中多个同源性较高的序列装配时,会出现嵌合序列,甚至遗漏掉一个存在的 P450 基因。因此我们继续将包含了非完整预测基因的基因组 scaffold 序列作为种子序列,利用 genewise 程序及其 BioEdit 软件与 BLAST 工具,进一步将其延伸,结果从烟草天蛾的基因组中分析得到了 98 条至少包含有 350 aa 的序列。

2.2　三种昆虫 P450 的不同分布与功能分析

将蛱蝶科的黑脉金斑蝶 P450(74 条序列,长度≥350aa)、烟草天蛾 P450 (98 条序列,长度≥350aa)与家蚕 P450(79 条序列)[5, 12]进行氨基酸序列比对,构建系统进化树(图 1)。由于昆虫种类繁多,每个昆虫 P450 基因数量庞大,用传统的分类单元构建系统进化树时常会发生“夹入式”结构,昆虫 P450 基因又被分成了 4 个不同集团 (clan),分别是 CYP2 clan、CYP3 clan、CYP4 clan 与 Mito. clan(线粒体集团) [2]。

2.2.1　三种昆虫 P450 的不同分布

对上述 3 种不同昆虫的所有预测 P450

基因名称前未加前缀的为家蚕 P450, dp 代表黑脉金斑蝶、ms 代表烟草天蛾。括弧外标示 P450 所属特定集团,dp*CYP6AE-2* 等命名中加“-”表示基因暂定名。

图 1　黑脉金斑蝶、烟草天蛾与家蚕细胞色素 P450 基因的系统进化树

表 1　三个不同昆虫基因组中各家族所属集团(Clan)的分布及集团所包含基因数量

种　名		CYP2　clan	Mito. Clan	CYP3　clan	CYP4 clan	基因总数
家　蚕	家　族	*CYP15,18, 303,305–307*	*CYP49,301,302, 314,315,333,339*	*CYP6,9,324,332, 337,338,354,365*	*CYP4,340,341, 366,367*	
	基因数量	7	11	30	36	84
烟　草天　蛾	家　族	*CYP15, 18, 303–307*	*CYP49,301,302, 314,315,333,339,428*	*CYP6,9,321, 324, 332,337,338,354,365*	*CYP4,340,341, 366,367*	
	基因数量	8	16	47	39	110
黑　脉金斑蝶	家　族	*CYP15, 18, 303–307*	*CYP49,301,302, 314,315,333,339,428*	*CYP6,9,321, 324, 332,337,338,354,365*	*CYP4,340,341, 366,367,405, 421*	
	基因数量	8	12	36	30	86
三个昆虫中 1:1:1 的直向同源基因		*CYP15C, 303A, 306A, 18A, 307A*	*CYP49A1, 301A, 301B, 302A, 314A, 339A, 315A*	*CYP6AW, 338A, 354A,*	*CYP367A*	

按所属集团进行分类统计，它们分布数量与分布比例均存在一定差异(表 1)。CYP2 集团的基因个数较少但数量基本恒定，家蚕中缺失了 *CYP304*;线粒体集团主要因与外源物质代谢有关的 *CYP333* 家族基因数量存在变化而产生了差异[12],家蚕中缺少了 *CYP428*;CYP3 与 CYP4 集团的 P450 数量众多,差异更大,在 CYP3 集团中家蚕缺少了 *CYP321*,CYP4 集团中黑脉金斑蝶出现了新家族 *CYP405*、*CYP421*，这 2 个集团的多个相同家族与亚家族在 3 种不同昆虫中所包含基因数量不等(图 1)。大多数 CYP2 集团与线粒体集团的 P450 主要与昆虫生长发育相关,功能相对保守,而 CYP3 与 CYP4 集团的 P450 主要与植物次生物质和外源有毒物质的代谢有关,功能多样[2]。

2.2.2 P450 直向同源基因的保守功能分析

通过系统进化树分析可以发现，在功能相对保守的 CYP2 与线粒体集团中存在大量的直向同源基因，呈现出 1∶1∶1 的直向同源基因 12 对，但在数量众多、功能多样的 CYP3 与 CYP4 集团中则仅有 4 对 (表 1)，*CYP4L* 与 *CYP365A* 至少在三个昆虫中的一个有 2 个或多个横向同源基因，只是目前可分析得到的序列长度偏短未参与进化树的构建。目前,昆虫 CYP2 与线粒体集团大多数直向同源基因的重要功能已被不同研究证实。对果蝇的 Halloween 突变家族基因的研究发现,它们中至少有 5 个 P450 分别参与了蜕皮激素合成的不同步骤(图 2)[14],其直向同源基因在家蚕等鳞翅目昆虫中的保守功能也已证明[12, 14],而蜕皮激素对昆虫生长、发育和繁殖有着重要的调控作用。*CYP306A1* (*Phantom, phm*)、*CYP302A1* (*Disembodied, dib*)、*CYP315A1* (*Shadow, sad*) 和 *CYP314A1*(*Shade, shd*) 分别参与了最后 4 个步骤。*CYP307A1* (*Spook, spo*) 参与了昆虫蜕皮激素合成过程中“黑匣子”(Black box) 的某一步骤 [14]。果蝇的 *CYP18A1* 能将有活性的 β – 蜕皮素转化成非活性的 20,26– 二羟蜕皮酮,即参与了蜕皮激素的降解代解,为 C–26 羟基化酶基因[15]。家蚕 *CYP18A1* 的表达变化与其体内蜕皮激素的波动相一致,原位杂交发现该基因在前胸腺表达,该基因应参与了家蚕蜕皮激素的代谢[16,17]。鳞翅目昆虫特有的 *CYP339A1* 在家蚕中经蜕皮激素诱导后在脂肪体中的转录水平上调了 421 倍[18],该基因也可能与家蚕蜕皮激素代谢有密切联系。家蚕 *CYP15C1* 在保幼激素合成的咽侧体中表达,它能将法尼酸(FA)转换成保幼激素酸(JHA),即参与了保幼激素的合成,其突变体 *Dimolting*(*mod*)则因缺乏这一必需的调控激素,其生命周期缩短,提早化蛹,蛹体与

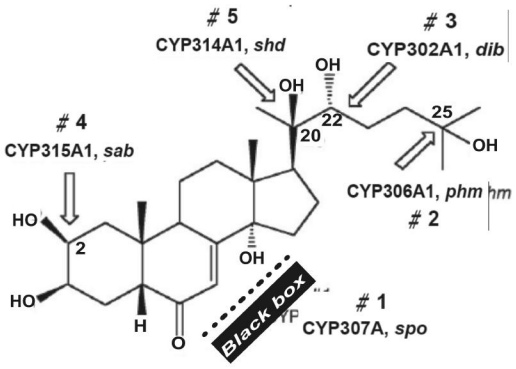

图 2 Halloween 家族直向同源 P450 参与昆虫蜕皮激素合成的不同羟基化位点[14]

蛾体均明显缩小[19]。在目前所有测序昆虫基因组中均存在的直向同源基因的 *CYP301A1*，通过果蝇的 *piggyBac* 插入突变实验，证明它参与了昆虫表皮的形成[20]。*CYP303A1* 在果蝇的感受器官刚毛槽细胞中特异表达，其突变体 *nompH* 不仅缺乏正常行走、展翅、飞翔等能力，而且在该感受器官中的神经元与其它组织细胞也不能正常形成 [21]。至于 *CYP49A1*、*CYP301B1* 与其它集团的 4 个直向同源基因功能尚待进一步研究。

2.2.3 P450 特异扩增基因的功能多样性分析

当然，在黑脉金斑蝶与烟草天蛾中还出现了不同于家蚕的种属特异性 P450 基因扩增，如黑脉金斑蝶的 *CYP340*、*CYP6AB*、*CYP321C*、*CYP324A*、*CYP6AF*，烟草天蛾的 *CYP341*、*CYP333*、*CYP6B*、*CYP6AE*、*CYP324A*，这些家族或亚家族中来自于同一物种的 P450 基因更多地聚集在进化树的同一或邻近进化枝上，与此同时也出现了一些新的基因家族，如 *CYP304*、*CYP321*、*CYP405*、*CYP421*、*CYP428*。蝶类昆虫黑脉金斑蝶基因组中出现的新家族与亚家族相对较多。这些特异性扩增的 P450 基因中的绝大多数来自于 CYP3 与 CYP4 集团，已有研究表明它们主要参与了植物毒素与外源环境中有毒物质的代谢。如凤蝶属的昆虫取食含有天然次生有毒物质呋喃香豆素的植物，其中北美黑凤蝶(*Papilio polyxenes* L.)的 *CYP6B1* 与北美大黄凤蝶(*Papilio glaucus* L.)的 *CYP6B4* 就分别参与了线型花椒毒素的解毒[22,23]。美洲棉铃虫(*Helicoverpa zea* L.)为害旱芹叶片后，受为害的旱芹会产生茉莉酮酸酯和水杨酸酯等植物信号分子，它不仅能在旱芹体内诱导产生呋喃香豆素，而且能诱导美洲棉铃虫 4 个 CYP6B 基因上调表达，这说明该昆虫截获植物防卫信息后诱导活化自身解毒酶来武装自己以应对植物的防御措施，昆虫与取食植物之间在长期的进化过程中形成了一套巧妙的相互适应机制 [24]。柑橘凤蝶(*Papilio xuthus* L.)的 *CYP341A2*[25]、灰翅夜蛾的 *CYP324A1*[26] 、甘蓝夜蛾(*Mamestra brassicae* L.)的 *CYP4S4*、*CYP4L4*、*CYP4G20* 与 *CYP9A13*[27] 以及家蚕的 *CYP4G22*、*CYP366A1* 与 *CYP6AE2*[12]等鳞翅目昆虫的 P450 分别在化学感应器官表达，应与不同昆虫相应的环境选择与食物识别有关。此外，这些数量众多的特异性扩增基因或突变等位基因具有诱导条件的多样性与底物的重叠性，组成了为应对外界环境的不断变化而选择表达的基因储备库[2]，导致了昆虫应答外界压力时的选择弹性与应对异生物质时的交互抗性[28]。家蚕在二嗪农、吡虫啉与苄氯菊脂等不同类型的农药诱导后 ，*CYP4M5*、*CYP4G25*、*CYP333A2*、*CYP9A20* 等基因会在不同条件下表达明显上调[29]。美洲棉铃虫的氰戊菊酯抗性品系 TWB 中 *CYP337B3* 为染色体不均等交换产生一个的嵌合基因，它能将氰戊菊酯羟基化而产生 4'-羟基氰戊菊酯，使这一昆虫对这种杀虫剂的抗药性增加了 42 倍[30]。

2.3 不同昆虫 P450 的成簇排列与共线性分析

在这 3 个昆虫基因组中 P450 基因串联成簇排列现象普遍存在，其中家蚕 2/3 的 P450 基因以串联形式存在[12]，烟草天蛾串联基因更多，黑脉金斑蝶则相对较少，这应是该蝶类基因组框架图中许多 gap 存在所致。从现有烟草天蛾基因组框架图中发现的最大基因簇是由 5 个 *CYP9A* 组成，黑脉金斑蝶中最大

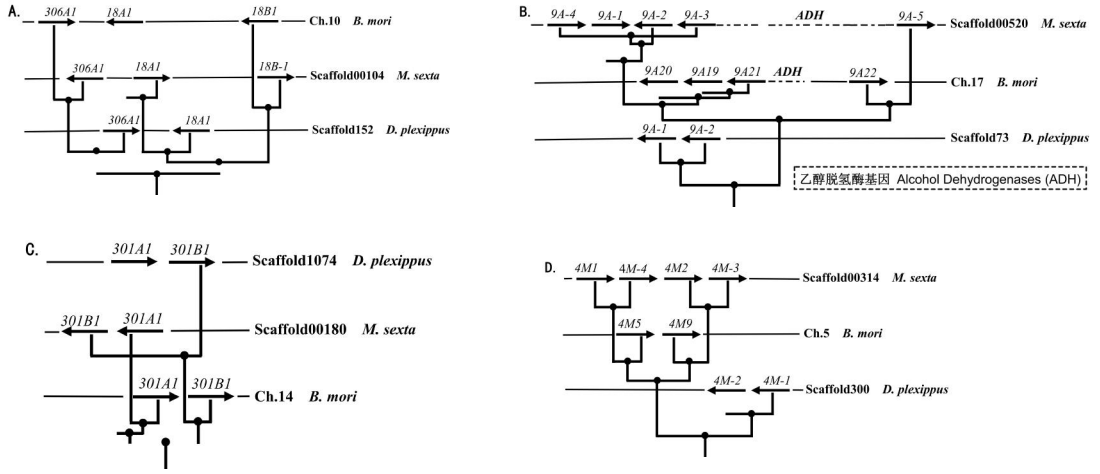

图 3　在三个鳞翅目昆虫基因组中串联排列 P450 基因的同源性分析与共线性示意图

(A：*CYP18* 与 *CYP306* 混合基因簇；B：*CYP9A* 基因簇；C：*CYP301* 基因簇；D：*CYP4M* 基因簇)

的则是由 5 个 *CYP6FA* 组成。从基因组组装更加完善的家蚕精细图中发现的最大基因簇为 26 号染色体上的 *CYP340* 基因簇，由 9 个基因组成 [31]。我们可以通过这些串联复制 P450 基因之间或 P450 与其它基因之间的线性保守关系[10]，结合基因结构特征来判断不同 P450 基因在不同昆虫基因组间的直向同源关系。*CYP306A1*、*CYP18A1* 与 *CYP18B* 在这 3 个基因组中存在着串联成簇排列，只是黑脉金斑蝶与其它目昆虫一样在整个基因组中缺失了 *CYP18B*(图 3A)，不同昆虫的 *CYP306A1* 与 *CYP18A1* 的保守功能已得到证实[12, 15]。鳞翅目特有的 *CYP9A* 也普遍在包括夜蛾科的棉铃虫与草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda* L.)内的多个昆虫中串联排列 [10]，家蚕的 4 个 *CYP9A* 基因位于 17 号染色体上[12, 31]，烟草天蛾 *CYP9A* 的共线性出现在 scaffold00502，成簇的 *CYP9A-1* ~ *CYP9A-4* 在间隔多个串联的乙醇脱氢酶基因(ADH)后，又出现了另一个不同转录方向的 *CYP9A-5* 基因，这进一步印证了这一基因簇在数量扩增过程中存在反向复制的推断[31]，*CYP9A-5* 与家蚕 *CYP9A22* 在基因簇中位置相同，氨基酸序列同一性最高，其直向同源关系在系统进化树中也得到体现(图 1)，但在黑脉金斑蝶中因 *CYP9A* 基因扩增数量较少，这种共线性关系难以发现(图 3B)。在进化树中呈现 1∶1∶1 直向同源关系的 *CYP301A* 与 *CYP301B* 在 3 个基因组中均以串联形式存在(图 3C)。*CYP4M* 在 3 个基因组中均存在串联排列，只是它们在特异分化过程中烟草天蛾产生了加倍复制 (图 3D)，这种特异分化还能在 *CYP6AB*、*CYP340*、*CYP341* 等串联基因中发现。此外，在家蚕与烟草天蛾中至少还可发现 *CYP4G*、*CYP6AE* 及来自不同集团基因 *CYP354A* 与 *CYP315A*、*CYP4L* 与 *CYP333B*，烟草天蛾与黑脉金斑蝶的 *CYP324A* 也存在共线性关系。

3　讨论

对昆虫 P450 的全基因学分析有助于更深入了解该超基因家族的多样性。本次分析在烟草天蛾基因组中得到了 110 条 P450 特征序列，而在已测序的昆虫基因组中，P450 数量最多的是致倦库蚊 (*Culex quinquefasciatus* L.)，含有 204 个[32]，最少的则是人体虱(*Pediculus humanus humanus* L.)，只有 37 个[33]。不同基因组中含有不同数量与不同种类的 P450 主

要与这些昆虫取食对象及生存环境相关[34]，致倦库蚊为食腐性昆虫，人体虱仅寄生于人类。在鳞翅目昆虫 P450 全基因组学分析中，已发现家蚕[5,12]、水稻二化螟[9]、黑脉金斑蝶、小菜夜蛾[8]分别含有 84（79 个功能基因）、77、86、156 个 P450。小菜夜蛾是世界主要鳞翅目害虫，取食种类繁多，主要是十字花科等植物，具有世界迁飞性与解毒能力强特点[8]，P450 数量最多；烟草天蛾属杂食性害虫，取食茄科植物，其中烟草还含有大量尼古丁等有毒物质，P450 数量次之；黑脉金斑蝶是唯一的迁徙性蝴蝶，幼虫以毒性马利筋为食，P450 数量再次之；而二化螟取食水稻等作物及禾本科杂草，家蚕为寡食性昆虫，P450 数量相对较少。

基于基因组图谱与测序基础，对包括 P450 在内的超基因家族开展基因分布与基因组结构的比较基因组学分析，是研究这些数量众多、功能多样的基因家族重要手段。鳞翅目昆虫基因组中功能相对保守的 CYP2 与线粒体集团中 P450 数量较少且基本恒定，功能多样的 CYP3 与 CYP4 集团中 P450 数量众多且在不同基因组中产生了差异性分化。相对于家蚕与黑腹果蝇、蜜蜂(*Apis mellifera* L.)等昆虫的 P450 基因组比较分析[12, 35]，这些鳞翅目昆虫基因组之间不仅存在更多的直向同源基因，而且存在着数量更多基因家族或亚家族基因的直向同源基因群，说明鳞翅目昆虫基因组在较短的进化时间内，只是祖先基因组中的某些 P450 在不同基因组中得到了不同数量的扩增，呈现出了一定的种属特异性，在鳞翅目昆虫基因组之间其直向同源关系更加明显，P450 的序列分化程度相对较低，出现新的家族或亚家族数量较少。特别是越来越多的研究表明鳞翅目昆虫基因组之间存在着相当广泛的线性保守现象 [10]，不同昆虫基因组的比较分析不仅可推进 P450 超基因家族基因的多样功能与进化规律研究，而且还可为鳞翅目昆虫抗性治理与靶标筛选提供更加丰富的理论依据。

4 结论

综合本基因组学分析数据，可以发现不同鳞翅目昆虫间细胞色素 P450 基因数量差异较大。其中与昆虫生长发育相关的基因功能相对保守，数量基本恒定；而与抗性代谢相关的基因功能与昆虫特殊生存环境及取食习性相关，数量变化较大。鳞翅目昆虫 P450 基因存在相当广泛的共线性关系，不仅有助于 P450 基因功能研究，而且有利于昆虫的进化分析。

参考文献

[1] The International Silkworm Genome Consortium. The genome of a lepidopteran model insect, the silkworm, *Bombyx mori* [J]. Insect biochemistry and molecular biology, 2008, 38:1036–1045.

[2] Feyereisen R. Insect cytochrome P450. in: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS (Eds), Comprehensive Molecular Insect Science, vol.4.Elsevier, Oxford,2005, pp: 1–77.

[3] 吴益东, 沈晋良, 陈进, 等. 棉铃虫六龄幼虫微粒体细胞色素 P450 和细胞色素 b5 的测定及组织分布[J]. 农业生物技术学报, 1997, 5(3): 297–306.

[4] Feyereisen R, Koener JF, Farnsworth DE, et al. Isolation and sequence of cDNA encoding a cytochrome P450 from an insecticide–resistant strain of the housefly, Musca domestica[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 1989, 86: 1465–1469.

[5] 艾均文, 薛宏, 何行健, 等. 家蚕细胞色素 P450 基因的研究进展[J]. 昆虫学报, 2011, 54(8): 918–926.

[6] Zhan S, Merlin C, Boore J L, et al. The monarch butterfly genome yields insights into long–distance Migration[J].Cell, November, 2011, 147(5):1171–1185.

[7] The Heliconius Genome Consortium. Butterfly genome reveals promiscuous exchange of mimicry adaptations among species. Nature, 2012, 487(7405): 94–98.

[8] Lin Q, Jin F, Hu Z, et al.Transcriptome Analysis of Chlorantraniliprole Resistance Development in the Diamondback Moth *Plutella xylostella*. PLoS ONE, 2013, 8(8): e72314.

[9] Wang BJ, Shahzad MF, Zhang Z, et al. Genome–wide analysis reveals the expansion of Cytochrome P450 genes associated with xenobiotic metabolism in rice striped stem borer, Chilo suppressalis[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2014, 443(2):756–760.

[10] d'Alencon E, Sezutsu H, Legeai F, et al. Extensive

synteny conservation of holocentric chromosomes in Lepidoptera despite high rates of local genome rearrangements [J]. Proc Natl Acad Sci USA., 2010,107(17):7680–7685.

[11] Good R T, Gramzow L, Battlay P, et al.The molecular evolution of cytochrome P450 genes within and between *Drosophila* species [J]. Genome Biol. Evol. 2014,6(5):1118–1134. doi:10.1093/gbe/evu083.

[12] Ai JW, Zhu Y, Duan J, et al. Genome–wide analysis of cytochrome P450 monooxygenase genes in the silkworm, *Bombyx mori* [J].Gene, 2011,480(1–2):42–50.

[13] Nelson DR, Zeldin DC, Hoffman SMG, et al. Comparison of cytochrome P450 (CYP) genes from the mouse and human genomes, including nomenclature recommendations for genes, pseudogenes and alternative–splice variants [J].Pharmacogenetics, 2004,14:1–18.

[14] Feyereisen R. Arthropod CYPomes illustrate the tempo and mode in P450 evolution [J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2011,1814(1):19–28.

[15] Guittard E, Blais C, Maria A, et al. CYP18A1, a key enzyme of Drosophilasteroid hormone inactivation,is essential for metamorphosis[J]. Developmental Biology,2011,349(1):35–45.

[16] 艾均文. 家蚕（*Bombyx mori*）全基因组细胞色素 P450 基因结构与进化分析及 CYP18A1 克隆与功能分析[D]. 博士学位论文,西南大学,2008.

[17] Hossain M, Shimizu S, Matsuki M, et al. Expression of 20–hydroxyecdysone–induced genes in the silkworm brain and their functional analysis in post–embryonic development [J].Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2008,38(11):1001–1007.

[18] 高瑞娜, 卫正国, 张婷, 等. 蜕皮激素诱导下家蚕 CYP3 基因家族的表达变化 [J]. 昆虫学报, 2010,53(9):943–948.

[19] Daimon T, Kozaki T, Niwa R, et al. Precocious metamorphosis in the juvenile hormone-deficient mutant of the silkworm, *Bombyx mori* [J]. PLoS Genetics, 2012,8(3):e1002486.

[20] Sztal T, Chung H, Berger S, et al. A cytochrome P450 conserved in insects is involved in cuticle formation [J].*PLoS ONE*, 2012,7(5):e36544.

[21] Willinghama AT, Keilb T.A tissue specific cytochrome P450 required for the structure and function of *Drosophila* sensory organs [J].Mechanisms of Development, 2004,121(10):1289–1297.

[22] Ma R, Cohen M B, Berenbaum M R, et al.Black swallowtail (Papilio polyxenes) alleles encode cytochrome P450s that selectively metabolize linear furanocoumarins [J].Archives of biochemistry and biophysics, 1994,310(2):332–340.

[23] Petersen RA, Zangerl AR, Berenbaum MR, et al. Expression of CYP6B1 and CYP6B3 cytochrome P450 monooxygenases and furanocoumarin metabolism in different tissues of *Papilio polyxenes* (Lepidoptera: Papilionidae)[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2001,31(6–7):679–690.

[24] Li X, Schuler MA, and Berenbaum MR. Jasmonate and salicylate induce expression of herbivore cytochrome P450 genes [J].Nature, 2002,419(6908):712–715.

[25] Hajime Ono, Katsuhisa Ozaki, Hiroshi Yoshikawa. Identification of cytochrome P450 and glutathione–S–transferase genes preferentially expressed in chemosensory organs of the swallowtail butterfly, *Papilio xuthus L*[J].Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 35(8):837–846.

[26] Pottier MA, Bozzolan F, Chertemps T, et al. Cytochrome P450s and cytochrome P450 reductase in the olfactory organ of the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* [J].Insect Molecular Biology, 2012,21(6):568–580.

[27] Maibeche–Coisne M, Merlin C, Francois MC, et al. P450 and P450 reductase cDNAs from the moth *Mamestra brassicae*: cloning and expression patterns in male antennae[J].Gene, 2005,346(14):195–203.

[28] Scott JG, Kasai S. Evolutionary plasticity of monooxygenase–mediated resistance [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2004,78(3):171–178.

[29] Yamamoto K, Ichinose H, Aso Y, et al. Expression analysis of cytochrome P450s in the silkmoth, *Bombyx mori* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2010, 97(1):1–6.

[30] Jou Ben N, Agnolet S, Lorenz S, et al. Resistance of Australian Helicoverpa armigera to fenvalerate is due to the chimeric P450 enzyme CYP337B3 [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 2012,109(38):15206–15211.

[31] Ai JW, Yu QY, Cheng TC, et al. Characterization of multiple CYP9A genes in the silkworm, *Bombyx mori* [J].Molecular Biology Reports, 2010,37 (3):1657–1664.

[32] Yang T, Liu N. Genome analysis of cytochrome P450s and their expression profiles in insecticide resistant mosquitoes, *Culex quinquefasciatus*. PLoS ONE, 2011,6(12): e29418.

[33] Lee SH, Kang JS, Min JS, et al. Decreased detoxification genes and genome size make the human body louse an efficient model to study xenobiotic metabolism[J]. Insect Molecular Biology, 2010,19(5):599–615.

[34] Tribolium Genome Sequencing Consortium.The genome of the model beetle and pest *Tribolium castaneum*[J].Nature, 2008,452:949–955.

[35] 艾均文, 王根洪, 李艳红, 等. 家蚕 P450 基因 CYP18A1 的克隆、序列分析及转录活性[J]. 昆虫学报, 2008,51(3): 237–245.

镉铅超标农田养蚕试验分析

颜新培[1]　龚　昕[1]　黄仁志[1]　蒋诗梦[1]　雷　鸣[2]　龙唐忠[1]　贾超华[1]　秦志雄[1]

（1 湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127；2 湖南农业大学资源与环境学院，410128）

摘　要：湖南耕地镉铅等重金属污染比较严重，研究有效治理耕地重金属污染方式和替代产业调整模式，已成为湖南省农业可持续发展和生态系统安全的关键。该项实验在岳阳市某工矿区选择典型的镉铅超标农田栽桑养蚕，桑树生长发育良好。结果表明，通过镉铅超标农田养蚕的经济性状及效益比较，在工矿区镉铅超标农田以栽植农桑 14 号品种较好，密度为每 667m² 栽植 1 000～2 000 株；并证实了镉铅污染农田栽桑养蚕的可行性，为镉铅等重金属污染耕地安全、经济、高效生态利用和污染区产业结构调整进行了有益的探索。

关键词：镉；铅；重金属污染；超标农田；养蚕试验

湖南有色金属矿藏十分丰富，素有“有色金属之乡”之称。近年来，随着湖南有色金属矿山开采和冶炼行业的发展，矿区周围土壤和水域镉铅等重金属污染的程度日益加重。因此研究有效治理土壤重金属污染方式和替代产业调整模式，已成为湖南省农业可持续发展和生态系统安全循环的当务之急。桑树属桑科桑属多年生、阔叶型、落叶性木本植物，生物量大、生长迅速，对镉等重金属污染具有较好的耐受性和吸附能力，农民通过栽桑养蚕可绕开食物链环节获得较好的经济效益，减轻政府治理投入和维护乡村社区稳定的压力。本项实验在岳阳市某工矿区选择典型的镉铅超标农田栽桑养蚕，通过其桑蚕经济性状及效益比较分析，证实镉铅污染农田栽桑养蚕的可行性，为镉铅污染农田安全、经济、高效、生态利用和污染区产业结构调整进行有益的探索。

基金项目：湖南省科技计划项目（编号：2013SK5036）；湖南省环境保护厅科技计划项目（湘财建指[2013]229 号）资助。

作者简介：颜新培（1966–），男，湖南南县人，研究员，主要从事蚕桑种质资源创新与生态利用研究。

1 材料和方法

1.1 试验材料

2013 年 2 月在岳阳市某工矿区选择典型的镉铅超标农田（镉监测点监测值最低为 1.15mg/kg、最高值为 5.75mg/kg 及超标 3~18 倍，铅轻度超标）。在试验区栽植粤桑 11 号（A）、农桑 14 号（B）、强桑 1 号（C）3 个桑品种，每个品种分别按 1 000 株 /667m²（1）、2 000 株 / 667m²（2）、3 000 株 /667m²（3）密度栽植。桑树苗发芽前离地面 25cm 高时剪去苗干，当年养成 2~3 根壮枝。2014 年桑树发芽前，在离地面 60cm 处剪去，养成第一支干，发芽后每根支干选留 2~3 个壮芽，每株养成 5~6 根壮条。2014 年 5 月上旬收蚁，供试家蚕品种为湖滨 × 明光的春制越年反交种，至 4 龄蚕后按 3 个桑品种、3 种密度、3 个重复分区饲养，每区 200 头，共 27 个区，采试验田桑叶饲养；以非镉铅污染农田桑叶养蚕为对照，设 3 个重复。整个试验共饲养 30 个区。

1.2 调查方法

2014 年 5 月上旬调查不同桑树品种的生长状况。在家蚕盛熟后第 7 天进行蚕茧调查。从各区普通茧中称出斤茧颗数（用每千克颗数表示），抽样削茧调查普茧死笼数，根据各区双宫和下屑茧死笼茧数计算出全区死笼率（%），再计算出各区虫蛹统一生命率。每区随机鉴别雌雄茧 2 5 颗，调查全茧量（g）、茧层量（g），计算雌雄平均全茧量、茧层量及茧层率。

1.3 分析方法

用数理统计方法对各区数量性状进行方差分析、F 测验、各因素各水平间显著性测验。

2 结果与分析

2.1 不同桑树品种的生长状况

2014 年 5 月上旬调查不同桑树品种的生长状况。粤桑 11 号树形稍开展，群体整齐，枝条直；节间距 5.0cm，叶序 2/5，叶心脏形和长心形，叶色翠绿，叶尖长尾状；春季成熟叶长 25.0cm，叶幅 20.0cm，叶柄长 6cm；顶芽壮，黄绿色；桑产叶量 31 796kg/hm^2。

农桑 14 号树形直立，树冠紧凑，枝条粗直而长；节间距 3.7cm，叶序 3/8，叶心脏形，呈墨绿色，叶尖短尾状；春季成熟叶长 23.5cm，叶幅 20.5cm，叶柄长 8cm；桑产叶量为 38 480kg/hm^2。

强桑 1 号树形直立，树冠紧凑，枝条粗长；节间距 3.6cm，叶序 2 / 5、3 / 8；叶长心形，深绿色，叶尖尾状；春季成熟叶长 30.5cm，叶幅 24cm；桑产叶量为 35 570kg/hm^2。

这 3 个品种在工矿区典型的镉铅超标农田生长良好，产叶量高，农艺性状优良，符合各品种的特征特性。

2.2 经济性状比较

各处理间虫蛹统一生命率、全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数与对照相比，农桑系列指数几乎接近和超过对照，表现较优。经方差分析和 F 测验，虫蛹统一生命率处理间、区组之间差异不显著；全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数区组之间差异不显著；处理间全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数 F 值分别为 9.55、6.14、5.13、15.42，存在极显著差异。采用 LSR 法进一步检验测定全茧量、茧层量、茧层率各处理间平均数显著水平（表 1）。

从差异显著性测验推断，全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数各处理间有极显著差异。全茧量以 B2、B1、B3 最高，茧层量以 B2、B1、B3 最高，茧层率以 C3、B1、B3 最高，斤茧颗数以 B2、B1、B3 最低。通过多重比较差异显著性分析，综合各经济性状，初步推测在工矿区镉铅超标农田以栽植农桑 14 号品种较好，密度为每 667m^2 栽植 1 000 ~ 2 000 株。

2.3 经济效益比较

斤茧颗数是盒种产茧量计算的基础，也是养蚕经济效益的基础。一盒蚕种按 2.5 万头蚁

表 1　全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数各处理间多重比较

处理	全茧量			茧层量			茧层率			斤茧颗数		
	平均数	显著性		平均数	显著性		平均数	显著性		平均数	显著性	
	（g）	0.05	0.01	（g）	0.05	0.01	（%）	0.05	0.01	（颗 /kg）	0.05	0.01
A1	1.697	b	C	0.323	c	B	25.83	d	C	608	a	AB
A2	1.677	b	C	0.331	c	B	26.38	bcd	ABC	594	ab	AB
A3	1.633	b	C	0.330	c	B	26.70	abc	ABC	590	ab	AB
B1	1.853	a	AB	0.381	ab	A	26.96	ab	A	532	c	C
B2	1.943	a	A	0.391	a	A	26.64	abc	ABC	506	c	C
B3	1.720	b	BC	0.352	bc	AB	26.94	ab	A	574	b	B
C1	1.670	b	C	0.322	c	B	26.05	cd	BC	600	ab	AB
C2	1.663	b	C	0.314	d	B	25.76	d	C	616	a	A
C3	1.673	b	C	0.348	bc	AB	27.15	a	A	614	a	A
CK	1.690	b	C	0.330	c	B	26.79	ab	AB	592	ab	AB

蚕计算，根据表 1 斤茧颗数和虫蛹统一生命率计算出一盒种的结茧颗数，再计算出盒种产茧量，蚕茧按 40 元 /kg 计算，可算出每盒种的产值即经济效益。

表 2　各处理桑蚕经济效益比较

处理	平均数					指数（以 CK 为 100）			
	虫蛹统一生命率（%）	斤茧颗数（颗 /kg）	盒种结茧颗数（颗 / 盒）	盒种产茧量（kg）	产值（元 / 盒）	虫蛹统一生命率	斤茧颗数	盒种产茧量	产值
A1	97.68	608	24 420	40.16	1 606	100.23	102.70	97.57	97.57
A2	98.03	594	24 507	41.26	1 650	100.58	100.34	100.24	100.24
A3	97.47	590	24 367	41.30	1 652	100.01	99.66	100.36	100.36
B1	97.56	532	24 390	45.84	1 833	100.10	89.86	111.36	111.36
B2	98.08	506	24 520	48.46	1 938	100.64	85.47	117.74	117.74
B3	96.75	574	24 187	42.13	1 685	99.27	96.96	102.37	102.37
C1	97.89	600	24 472	40.78	1 631	100.44	101.35	99.09	99.09
C2	98.61	616	24 652	40.02	1 600	101.18	104.05	97.21	97.21
C3	97.20	614	24 300	39.57	1 583	99.73	103.72	96.17	96.17
CK	97.46	592	24 365	41.15	1 646	100.00	100.00	100.00	100.00

表 2 显示，同样的密度以栽植农桑 14 号盒种产茧量较高，产值即经济效益较好。对不同品种不同密度分析，以 B1、B2 即农桑 14 号品种栽植密度为 1 000 ~ 2 000 株 /667m^2 的经济效益较高。

3　讨论

（1）在岳阳市某工矿区选择典型的镉铅超标农田栽植桑树，3 个品种生长良好，产叶量高，农艺性状优良，符合各品种的特征特性，说明桑树对镉、铅具有一定的耐受性和富集能力。据前期研究，桑树在镉为 40mg/kg 的土壤中都能正常生长，也能在铅含量 734mg/kg 的污染土壤中生长而在外观上不表现出明显的受胁迫现象。因此在湖南大部分镉、铅等重金属污染区桑树都能作为替代作物栽植而不受胁迫。

（2）通过各处理间虫蛹统一生命率、全茧量、茧层量、茧层率、斤茧颗数进行方差分析和 F 测验，组间差异不显著，说明处理间各重复区饲养过程中技术处理基本一致，发育匀整。通过对全茧量、茧层量、茧层率各处理间进行方差分析和 F 测验，处理间各经济性状差异极显著。全茧量以 B2、B1、B3 最高，茧层量以 B2、B1、B3 最高，茧层率以 C3、B1、B3 最高。斤茧颗数以 B2、B1、B3 为最少，产值即效益最高。通过多重比较差异显著性分析，综合各经济性状及效益，初步推测在工矿区镉铅超标农田第一年以栽植农桑 14 号品种较好，适宜密度为 1 000 ~ 2 000 株 /667m^2。

（3）该项实验通过镉铅超标农田养蚕的经济性状比较，证实了镉铅污染农田栽桑养蚕及产业结构调整的可行性，说明栽桑养蚕是镉铅污染耕地安全、经济、高效的生态利用模式。由于是一次春季饲养的数据，只能通过一次数据资料推断处理间差异显著性，不能完全反映处理间差异显著性。处理间差异显著性的真实性和处理间主要经济性状的显著值的准确性，需要多次数据的积累和分析才能确定。

参考文献

[1] 盛骤,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计(第二版)[M].北京:高等教育出版社,1997.

[2] 刘权,陆星垣.蚕桑试验设计及统计方法[M].上海:上海科学技术出版社,1987.

[3] 颜新培,黄仁志.湖南省现行家蚕品种人工饲料育效果评价[J].湖南农业科学,2009,(2):137-138.

[4] 颜新培,李章宝,黄仁志,等.湖南桑蚕品种主要经济性状平均数的置信限分析[J].湖南农业科学,2011,(9):152-154.

重金属污染耕地桑树生态修复及蚕桑产业化构想

李飞鸣　张国平　邹湘月　邵元元　宋南平　张　仟

（湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127）

摘　要:本文运用植物修复理论,以桑树为载体,围绕修复技术依据、技术路线、产业化运作模式、机制与保障措施,阐明了桑树对 Cd 等重金属具有较好耐受性、富集能力、原位去除作用以及修复耕地的有效性和配套修复方法;论证了养蚕应用的安生性与可行性;提出了蚕业产业化基本思路、技术方案、管理机制与措施,对湖南耕地污染治理实施种植结构调整达到修复目标具有重要的现实意义。

关键词:桑树;耕地修复;模式机制;蚕桑产业化

在重金属超标耕地修复和农作物种植结构调整过程中,面临耕地修复与产业发展、结构调整与地方经济布局的双重矛盾。如何筛选既具有较强富集和转移转化能力，又具备较好经济意义的植物，运用生物手段治理污染环境的同时，通过产业化运作促进生态与经济效益同步提高，已成为当前耕地修复调整中具有现实意义的迫切课题。目前应用桑树生态修复污染耕地并实施蚕桑产业化能够较好实现上述目标。本文从修复技术依据、产业化技术路线、运作模式与机制等方面总结相关研究成果并提出蚕桑产业化实施构想。

1　治理重点与修复应用研究成果

1.1　治理目标

湖南为有色金属之乡,因矿山开采被 Pb、Cd 等重金属污染的土地面积达 2.8 万 km^2,污染区域主要集中于衡阳、郴州、株洲、湘潭、长沙、湘西等地市[1]。根据湘江中下游采集农田土壤样品和蔬菜样品分析结果，农田土壤中 Cd、Pb、Zn 含量分别超标 7.97、3.69 和 1.63 倍[2]。其中 Cd 在蔬菜、稻谷中转移系数相当高,造成危害尤其突出[3-4]。2013 年“湖南镉大米事件”被媒体披露,致使湖南农业重金属污染问题成为全国公众的焦点。因此,宜确定以去 Cd 为核心的重金属超标耕地修复重点。

1.2　修复技术依据

桑树是多年生阔叶型落叶性木本植物,根系发达,生长速度快,较草本藤本类植物生物量大。大量研究表明,桑树对重金属 Cd 有较强的耐受性和富集能力，并对重金属复合污染区土壤具备较高原位去除效果。

1.2.1　*较强的耐受性*　桑树对重金属 Cd 的吸收途径为大气重金属 Cd 沉降和土壤重金属 Cd 迁移，桑树中各部位含 Cd 量按主根、主茎、分枝和叶片的顺序依次降低。当土壤 Cd 浓度≤8.49mg/kg,桑树不仅桑叶产量提高,而且会增加其蛋白质含量；土壤 Cd 浓度≤40.6mg/ kg 时，桑树生长正常或基本正常,对桑叶品质无明显影响;Cd 浓度≥145 mg/kg 时桑树才临近死亡，桑树的耐镉临界值上限为 54.1mg/kg[5-6]。

1.2.2　*较强的富集能力*　在土壤 Cd 浓度处于 8.49～75.8mg/kg 区间时，桑树从土壤中吸收的 Cd 约 50%、20%、20%和 10%分别富集转移

至根部、主茎、分枝和叶片中，耕作层土壤 Cd 含量年平均可下降 1.33mg/kg[7]。

1.2.3 *较好的原位去除效应*　多种重金属复合污染矿区土壤的原位去除效应研究表明，在耕作层 Cd 含量为 8.52 mg/kg 的每立方米土壤上，桑树对 Cd 的迁移总量达到 2 056.4mg，修复年限为 1.26 年。这一结果比前述迁移量大幅提高，揭示了在 Pb 等重金属的多重胁迫下，反而能促进桑树对 Cd 的富集迁移[8]。

1.3 养蚕及产业应用依据

1.3.1 *家蚕对 Cd 具有较强耐受性*　用在 Cd 污染土壤中生长收获的桑叶饲养家蚕，当鲜桑叶含 Cd 浓度≤0.49mg/kg（对应的土壤 Cd 浓度≤40.6mg/kg）时家蚕的发育时间与体重没有变化；当鲜桑叶含 Cd 浓度≤0.77mg/ kg（对应的土壤 Cd 浓度≤75.8mg/kg）时蚕茧质量无显著变化，只是食下率略微降低，发育时间稍有延长[6,9]；用 Cd 浓度低于 3.66mg/kg 人工浸渍桑叶直接添食家蚕，其生长发育与蚕茧质量不受明显影响[9]。

1.3.2 *产品安全性高*　家蚕通过桑叶食下的 Cd 主要以蚕沙排泄体外，在蚕体中留存仅占 6.7%[9]，转移至丝胶丝素中的含量几乎可以忽略。因此，丝绸等终端产品不会对人类产生伤害。

1.3.3 *产业比较效益优*　传统养蚕亩桑产茧可达 100 ~ 150kg，收益 4 000 ~ 6 000 元，是粮油单产收益的 2~3 倍，同时栽桑养蚕产出中，目前被利用的茧丝仅占产出总量的 3%左右，桑枝等 97%的副产资源尚能利用，可以大幅提高产业综合效益。比如开发桑枝板材、桑枝食用菌、蚕蛹蛋白、蚕蛹油、蚕沙叶绿素铜钠盐等[10-11]。此外，桑园间作榨菜、紫红薯、生姜、百合、白术等打造立体蚕业模式，每亩可增加收入 1 500 ~ 3 000 元[12]。

2　修复与产业化技术路线

2.1 桑树修复耕地技术路线

充分利用桑树对 Cd 等重金属较强耐受性、富集能力以及对污染区土壤的原位去除作用[5-8]，科学选择桑树品种，合理密植，生态栽培，较快实现污染区土壤生态修复。综合考虑生长势、产质量、家蚕饲养特点等因素，栽植湘 7920、育 711、农桑系列等嫁接桑品种和粤桑 11 号、沙 2 × 伦 109 等杂交桑品种；依据肥力高低，嫁接桑和杂交桑分别亩栽 800 ~ 1 200 株和 2 000 ~ 3 000 株，养成中、低干树型[13]；结合土壤改良、科学施肥、合理耕作制度，增加叶面喷施锌、硅等微肥，根际施用微生物菌剂和生物碳、膨润土等重金属钝化剂，实施生态栽培[14]。

2.2 种养产业化技术路线

开展蚕业生产与副产物加工技术培训，夯实产业运作技术基础；推广两广 1 号、芙蓉 × 湘晖、洞庭 × 碧波等抗性与产质量优良蚕品种，良种率达到 100%；优化组配实施小蚕工厂化共育、大蚕轻简高效饲养、智能分级评茧烘茧等蚕茧优质高产技术规程，充分利用桑园空间、地力的立体经营配套技术[15]；优化应用丝绸及丝绸家纺加工，桑、蚕资源副产物循环利用技术工艺，有序建设蚕沙沼气循环利用[16]、缫丝及服装加工、丝绸家纺生产、桑枝板材、食用菌生产、桑叶配合饲料生产、丝胶及蚕蛹蛋白循环利用等生产经营体系[11]。

3 基本思路与运作模式

3.1 基本思路

坚持因地制宜、政府引导、农民自愿的基本原则；坚持企业主导产业运作，服务与回报平衡，生态与经济效益并重的基本方向；坚持遵循自然规律，以市场需求为导向，以技术创新为动力，以科学管理出效益的基本方法，注重区域化、规模化、产业化示范功能；坚持高标准统筹规划，农、工、科、贸一体化稳步推进实施的基本步骤[17]。

3.2 运作模式

在政府引导与协调支持下，建立以桑蚕

合作社为纽带，龙头企业为核心[21]，内联广大蚕农，外联科教与国内外市场，逐步形成产业内合作主体共存共赢、良性发展，实行“公司 + 合作社 + 农户”的产业化模式[18]。

3.2.1 *明确政府职能*　明确政府引导、宣传、协调、配套政策服务与相关监管职能。活用政策，抢抓机遇，支持企业争取包括生态治理、结构调整、种子种苗、新能源利用、产业化专项等多渠道项目资金投入。配套土地流转，农林牧业种养补贴，桑苗、蚕种、蚕茧市场准入以及财税杠杆等相关具体优惠政策[19]。建立政府投入资源与耕地修复及产业化目标匹配的激励机制，跟踪监控示范推广进程[20]。

3.2.2 *规范龙头企业权利义务*　龙头企业有权享受国家信贷、减负等农业产业化政策，能自主决策产业化管理战略和经营措施[21]。承担桑苗、蚕种、蚕药、蚕具等蚕需物资产前专业服务，桑树栽培管理、小蚕工厂共育管理、大蚕饲养技术指导与示范等产中专业技术服务；蚕茧、桑叶、桑枝、桑根及其相关初制产品的合同定价收购和初制加工，以及合作经营中二次分配制度的建立与落实等产后服务义务[17]。负责蚕桑系列产品创新研发、精深加工生产线建设、品牌建设与经营渠道建设。

3.2.3 *明晰桑蚕合作社与蚕农权责利*　桑蚕合作社既是联结龙头企业和蚕农并促进其成为利益共同体的纽带，也是实施产前、产中和产后服务的主体。应借鉴“富安模式”[22]，在具体落实桑树栽培、小蚕共育、大蚕省力饲养、蚕茧收烘等各期技术措施和相关信息服务的同时，逐步促进龙头企业与蚕农建立“保价收购，利益共享；桑园入股，二次分配”的紧密型产业化合作机制。参与并监理公司蚕茧收烘经营，代表蚕农按比例核算蚕茧初加工经营利润的二次分配方案[23-24]。

4　保障措施

4.1 组织保障措施

成立省、市、县各级专项领导小组，组建重金属污染耕地桑树生态修复及蚕桑产业化领导体系。在耕地修复规划、农地流转、质量与安全监管、财税杠杆、市场准入及利益主体权责平衡等方面强化政府行政主导作用；在推进价格体系、运作模式、产业风险基金及专业市场和营销体系建立与完善方面强化政府引导协调作用[25]。在此基础上，实施主体成立由乡镇及龙头企业负责人组成的专项工作站，负责各项技术与管理措施落实。

4.2 技术保障措施

以湖南农业大学、湖南省农业科学院、湖南省蚕桑科学研究所等科研院所为技术依托，以县、镇（乡）农业部门为示范推广主体，建立相应产学研技术支撑体系。着力建设推广体系金字塔，对接湖南省蚕桑科学研究所技术推广科、县级农业局经作站及推广中心形成塔尖；充实乡镇蚕桑工作站、桑蚕合作社专业力量形成塔身；培养合作社小蚕共育能手、大蚕入户指导和蚕茧加工工艺技术骨干以及示范大户成为塔座[25-26]。

参考文献

[1] 郭朝晖,朱永官.典型矿冶周边地区土壤重金属污染及有效性含量[J].生态环境,2004,13(4):553-555.
[2] 郭朝晖,肖细元,陈同斌,等.湘江中下游农田土壤和蔬菜的重金属污染 [J]. 地理学报,2008,63(1):3-11.
[3] 王璟,樊颖,张蕾,等.从镉大米看我国农产品中的重金属污染的检测及无害化[J].中国发明与专利,2013,9:25.
[4] 孙花. 湘江长沙段土壤和底泥重金属污染及其生态风险评价[D].长沙：湖南师范大学,2012,53-55.
[5] 陈朝明,龚惠群,王凯荣.Cd 对桑叶品质、生理生化特性的影响及其机理研究 [J]. 应用生态学报,1996,7(4): 417-423.
[6] 陈朝明,龚惠群,王凯荣,等.桑 - 蚕系统中镉的吸收、累积与迁移[J].生态学报,1999,19(5):664-669.
[7] 王凯荣,陈朝明,龚惠群,等.镉污染农田农业生态整治与安全高效利用模式 [J]. 中国环境科学,1998,18(2): 97-101.
[8] 张兴,王冶,揭雨成,等.桑树对矿区土壤中重金属的原位去除效应研究 [J]. 中国农学通报,2012,28(7):59-63.

（下转第 26 页）

桑叶中 1- 脱氧野尻霉素(DNJ)研究进展

邹湘月　李飞鸣　邵元元　宋南平　张　仟　颜新培

(湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127)

摘　要:桑树是 1- 脱氧野尻霉素(1-deoxynojirimycin,DNJ) 最主要的植物来源。DNJ 作为桑叶中多羟基生物碱的一种特征性成分——糖苷酶抑制剂,广受国内外学者关注。本文围绕 DNJ 的含量变化影响因素,提取、分离、纯化与检测方法以及功能性药理作用等进行疏理,展望了相关研究与应用前景。

关键词:桑叶;DNJ;功能作用;研究展望

桑叶(Mulberry Leaf)史载于《神农本草经》,药用历史悠久。1993 年列入了国家卫生部药食两用品种目录,新版《中国药典》[1]收录其为主治风热感冒、肺热燥咳之要药。桑叶含多种功能性成分,1- 脱氧野尻霉素(1-deoxynojirimycin,DNJ)为主要的功能活性物质之一。现代药理研究证明,DNJ 对小肠中的 α- 葡糖苷酶的活性具有强竞争性抑制作用和抗肿瘤、抗病毒等药理活性[2-4],有关 DNJ 的研究越来越受到国内外学者的关注。本文疏理了关于桑叶 DNJ 的相关研究成果，为更好开发利用桑叶提供参考。

1 DNJ 来源

DNJ 可直接从特定植物、动物中提取获得,也可通过微生物发酵和化学合成制备。自 Yagi[5]首次从桑根皮中分离得到 DNJ 以来,桑树一直都是 DNJ 最主要的植物来源。李有贵等[6]对来自云南不同地区的 59 份野生桑桑叶中 DNJ 的含量进行了测定,结果显示,开远地区的岩桑桑叶中 DNJ 含量高达 0.791 1%,是目前报道的 DNJ 含量最高的桑树资源。DNJ 广泛存在桑树的各组织中,以根皮最多,叶片次之[7];另外,鸭跖草[8]、风信子[9]和万年青[10]等植物中均可以检测分离到 DNJ,但含量远低于桑叶。家蚕对 DNJ 有较好的富集作用,Asano[11]等报道蚕体中的 DNJ 含量是桑叶中的 2.7 倍,表明家蚕消化酶已经适应了这种环境，使得对 α- 糖苷酶有良好抑制作用的 DNJ 却不能抑制家蚕中肠的糖苷酶活性。此外,有研究指出,野桑蚕、桑蟥、桑尺蠖、桑螟等昆虫也含有少量 DNJ[12]。Frommer[13]等从芽孢杆菌的发酵产物中分离出了糖苷酶的抑制剂，后被确定为脱氧野尻霉素。朱运平等[14]以豆渣为原料,以枯草芽孢杆菌为初始菌株，通过优化发酵条件获得了富含功能因子 DNJ 的发酵液。有关 DNJ 的化学合成研究方面，由于存在合成路线长、技术要求高、DNJ 产量偏低等问题暂无法实现规模生产[12]。综合考虑资源、成本等要素,筛选优势桑品种、研发成熟的规模应用提取工艺是有效获取 DNJ 的重要途径。

2 DNJ 含量影响因素

2.1 遗传(品种)因素

刘凡等[15]对广东桑、鲁桑、白桑和鸡桑 4 个桑种的 98 份桑树品种进行 DNJ 含量的测定,结果显示品种间差异显著;其中白桑种育 7803 的含量最高,达到 1.54mg/g,其次为广东

桑的抗锈 2 和黑皮桑。丁俊男等[16]检测了 8 个北方桑树品种中的 DNJ 含量，发现泰来桑叶内含量达到 4.2mg/g，是含量最低的依兰桑的 3 倍。孟夏等[17]的研究显示，海南琼 41 和陕西的猪桑所含 DNJ 含量较高，分别为 0.344%和 0.309%，含量较少的是江苏的湖桑 32 号和新疆的疏勒白桑。

2.2 环境因素

对同一桑品种采用相同的提取和检测手段，有研究发现 7、8 月份桑叶中 DNJ 的含量明显高于 10 月和 11 月，显示气温高，雨水光线充足，桑叶相对成熟的夏季 DNJ 的含量最高[18-19]。在相同条件下，DNJ 含量随叶位由上到下递减，依次为：嫩芽 > 嫩叶 > 成熟叶 > 老叶[20]。叶晶晶[21]等综合多种影响因素研究证实了上述结论，同时发现不同季节桑叶中 DNJ 含量的变化幅度以春季最小，晚秋季最大，嫩叶和老叶的含量最大相差 10 倍左右。遮阴处理能显著增加桑苗叶片的 DNJ 含量，且随着遮阴程度的增加其含量明显升高[22]。刘刚[20]等研究指出，氮、磷、钾肥的施肥水平及其配比均能显著影响 DNJ 含量，并推荐了最优的生产施肥指标。丁俊男[23]研究盐胁迫对 DNJ 含量的影响，其结论为不同浓度的 NaCl 胁迫下的目标值均高于对照，其中 50mmol/L NaCl 溶液处理下的桑叶 DNJ 含量在第 31 天达到最大值，为 1.51mg/g。

3 DNJ 的提取、分离纯化与检测

3.1 DNJ 的提取

水提取法是提取 DNJ 的初级方法，简单且重现性好，但提取液中水溶性杂质较多，浓缩困难，得率不高，分离效果欠佳。酸提取法是目前广泛使用的方法，DNJ 的得率明显高于水提取法。蒋小飞等[24]采用正交试验，考察 PH 值、料液比、提取时间三个影响因素，得出最佳提取工艺为：提取液酸度 0.2%，料液比 1∶5，提取时间 1.5h，但浓缩时仍相对困难。乙醇的溶解性好，对植物细胞壁的穿透力强，常用来作为提取 DNJ 的有机溶剂。刘韦鋆等[25]用 70％乙醇提取，经一系列吸附、洗脱和纯化，获得的 DNJ 含量为 23.2％，收率为 0.355％。

微波和超声波处理是提取方法中的一种辅助技术，能大幅缩短溶剂提取时间，提高有效成分得率，保证物质的结构稳定。胡瑞君等[26]研究微波萃取桑叶中 DNJ 的方法，确定最佳的微波处理时间只需要 1.5min。郑晓静[27]等采用响应面法优化方法，获得桑叶 DNJ 的超声波提取工艺参数为：固液比 11.97g/mL，提取时间 40.67min，提取温度 48.58℃，提取功率 199.99W，实测 DNJ 得率为 0.302 7%。近期有学者在探索辅助提取技术方面取得了显著效果。孙长波 [28] 采用真空气流细胞破壁技术（VAPB）辅助提取 DNJ，其含量值比对照桑叶样品高出 74%。谷绪顶等[29]用里氏木霉（Trichoderma reesei）的菌液对桑叶粉发酵处理 12h，再用稀盐酸提取 DNJ，结果含量比未经发酵处理组增加了 7.14 倍，高达 1.995mg/g。

3.2 DNJ 的分离纯化

离子交换树脂层析法是 DNJ 成分分离纯化中应用较多的方法之一。常采用 732H 型阳离子纯化 DNJ，用蒸馏水、氨水或乙醇洗脱，浓缩后用正丁醇萃取 DNJ [30-31]。此法分离效果好，但工艺条件复杂。大孔吸附树脂分离法操作简单、选择性好、材料可重复利用，常应用于含 DNJ 提取液的脱色除杂。罗蕾蕾等 [32]用 AB-8 大孔吸附树脂对桑叶提取液进行脱色除杂处理，再用 732H 型阳离子树脂层析法进一步纯化，得到了含量为 16.7%的 DNJ 产品。

反相液相色谱法具有柱效高、分离能力强等特点，周惠燕等[33]采用该法对粗提的 DNJ 进行纯化，得到了含量为 10.7%的 DNJ 纯化物，证实反相色谱技术分离纯化 DNJ 简单易行，能够得到理想的分离效果。膜分离技术富集 DNJ 的优势明显，工艺流程操作简单、快速，不使用任何有机溶剂，环保安全，可作为 DNJ 生产过程中一项有效的分离富集方法。颜

继忠等[34]用氧化铝陶瓷膜微滤和聚醚砜膜超滤纯化桑叶水提物后，DNJ 的质量分数从1.32%提高到 7.84%。但在分离过程中，膜孔易被堵塞，膜面污染常造成膜通量下降，从而影响 DNJ 的富集效果，故膜本身的稳定性改进和膜前处理技术是完善该方法的研究方向。

3.3 DNJ 的检测

分光光度法常用来进行不同植物成分的含量测定，但 DNJ 分子结构中不含苯环、双键和羰基等发色基团，因此较少用常规的分光光度法检测 DNJ [35]。而高效液相色谱法（HPLC）则广泛应用于 DNJ 的含量检测研究中，包括需要柱前衍生化反应和不需要衍生化的 HPLC 法两种类型。不需要衍生化的 HPLC 法直接借助特殊检测器进行 DNJ 的含量测定。宋婕等[36]采用 HPLC-ELSD 法对桑植株各部位的 DNJ 含量进行了准确测定，其色谱条件为 TSKgel Am-ide-80 色谱柱，以乙腈－水为流动相，柱温 30℃。颜继忠等[34]根据 DNJ 极性较强的特点，选用 Aglient ZORBAX NH_2 色谱柱，乙腈－水（70∶30）为流动相，建立了用于 DNJ 定量分析的高效液相色谱－示差折光检测法。姜佳等[37]采用高效液相色谱－串联四级杆质谱法（HPLC-MS/MS）准确分析 DNJ 的含量，质谱检测器选用 ESI 电离源，离子为 164.1/110.2，MRM 模式，样品分析时间仅为 4min。但这类设备价格昂贵，在应用方面有一定局限性。

柱前衍生－高效液相色谱－荧光检测法具有灵敏性极高、选择性强、结果更可靠等优点。李继文[18]以芴甲氧羰酰氯为柱前衍生化试剂进行了衍生条件优化：色谱柱为 Kromasil C18 柱，流动相为乙腈 -0.1% 醋酸(50∶50)，流速 1.0mL/min，柱温 30℃，荧光检测器激发波长 254nm，发射波长 322nm，测得 DNJ 的结果在 10~35mg/L 范围内。紫外检测器与荧光检测器相比虽然灵敏度有所降低，但仪器的获得相对容易，准确性也可通过调节实验条件来完成，是测定 DNJ 含量采用较频繁的一种定量分析方法[16]。陈岩等[38]建立了 DNJ 的高效液相色谱－紫外检测法，色谱柱为 Hypersil C18，流动相为乙腈 -0.1% 冰醋酸水溶液（50∶50），流速为 1.0ml/min，检测波长为 265nm，柱温为 35℃，DNJ 的检测浓度在 5.0×10^{-4}~1.0×10^{-3}mg/mL 范围内。

由于 DNJ 的沸点较高，运用气相色谱法测定时，必须先将样品乙酰化或硅烷化生成沸点较低的衍生物，在定性时要联用质谱法或光谱法对衍生物目标峰进行确认。王济强等[39]先将 DNJ 硅烷衍生化处理，经过色谱分离、火焰离子化检测器定量、GC-MS 确定目标峰，建立了一种简单、快速、准确的测定桑叶中 DNJ 含量的气相色谱法。

4 药理作用

4.1 降血糖、血脂

DNJ 能高效抑制 α－葡糖苷酶的活性，降低人体空腹血糖和餐后血糖峰值作用显著。李有贵[40]从桑叶中获得的 DNJ 能与 α－葡糖苷酶结合，通过抑制活性的比较，发现 DNJ 对 α－葡糖苷酶的亲和性远大于麦芽糖和蔗糖等二糖，能有效阻滞二糖的分解，延缓单糖在肠道内的吸收。宫原知江子[41]选用自然发病的糖尿病大鼠分 3 组进行研究，对照组到 46 周龄时空腹血糖值为 18.72mmol/L，而喂给含 2.5%、5%桑叶粉的饲料后，其血糖分别为 8.53mmol/L、6.33% mmol/L。Kong Won-Ho 等[42]通过建立糖尿病大鼠模型，发现经 DNJ 治疗后的大鼠的空腹血糖水平、糖耐受量和胰岛素敏感性都得到显著改善。Bondada Andallu[43]的临床研究发现，日服 3g 桑叶粉胶囊比服用规定剂量的降糖药物格列本脲更能有效降低Ⅱ型糖尿病患者的空腹血糖值，且性质稳定，无毒副作用。DNJ 因能影响与脂代谢相关的酶活性而具有降血脂的作用。仝义超等[44]通过饲喂高脂饲料建立 SD 高血脂模型，选用桑叶提取液中不同成分进行灌胃，4 周后检测 TC、

TG、HDL-C 水平，结果表明：甾醇组的 TG 下降 69.22%，HDL-C 上升 60.27%；总多糖组的 TG 下降 24.52%，HDL-C 上升 10.57%，总黄酮组的 TC 下降 28.87%，HDL-C 上升了 49.7%；总生物碱组的 TC 下降了 35.30%，HDL-C 上升了 27.53%。可判定甾醇组、总黄酮组、总生物碱组降血脂动物实验结果呈阳性。

4.2 抗肿瘤、病毒

王然君等[45]发现 DNJ 作为天然糖苷酶抑制剂，对小鼠黑色素瘤细胞 B16F10 的入侵、迁移、粘附有明显的抑制作用，细胞的基质金属蛋白酶 -9（MMP-9）活性被抑制 20%，其 mRNA 表达也下调 28%；同时 MMP-2mRNA 表达下调 60%，TIMP-2mRNA 表达增加 31%；DNJ 增加细胞表面 α - 甘露糖的水平 49%，降低 β -N- 乙酰半乳糖胺水平 21%和甲基化水平 30%。揭示 DNJ 可通过抑制 MMP-2 和 MMP-9 的活性和表达、上调 TIMP-2mRNA 表达以及改变细胞表面糖蛋白水平来降低肿瘤的转移活性，还可通过调节肿瘤细胞表面糖蛋白的修饰、加工过程，抑制其侵袭能力。但其抗肿瘤的分子机制有待进一步研究。

DNJ 通过阻碍糖蛋白加工，扰乱 gp120 的糖基化，可以阻断或减少 HIV 诱导的合体细胞形成，中断 HIV 的穿透和扩散[46]。证明 DNJ 具有很强的抑制艾滋病病毒 HIV 活性的作用。此外，谢琼[47]通过 DNJ 及其衍生物对体外抗乙型肝炎病毒（HBV）的活性研究表明，DNJ 具有较明显体外抗 HBV 的作用。

5 展望

基于 DNJ 广泛的生理活性，目前国内外已研制出多种预防或治疗糖尿病的新药和相关营养保健食品，具有很好的应用前景，但受限于天然 DNJ 资源的不足，暂不能开展规模应用。未来应基于桑叶食药用途产业化开发，在优势桑树品种筛选、示范，实用提取和高效纯化工艺优化等方面探索成熟路径。在提高产出手段方面，积极探索桑树基因组中调控 DNJ 合成的基因，通过基因工程的方法使其高效表达；进一步深入研究芽孢杆菌、链霉菌菌株调控 DNJ 合成基因，利用微生物工程规模化合成 DNJ 的高效工艺措施。在活性机理研究方面，应利用代谢组学的特征性评价在分子水平上加深降糖机制研究，特别是桑叶 DNJ 与其他活性物质的协同作用研究，以及在临床诊断和治疗中的安全性和有效性评价研究。

参考文献

[1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京：中国医药科技出版社,2010:279-280.

[2] 胡金寿.桑 1- 脱氧野尻霉素降血糖作用的研究进展[J].蚕桑通报,2014,45(2):6-9.

[3] 严金柱.桑叶中 1- 脱氧野尻霉素生物活性及检测方法的研究进展[J].药物研究,2013(3):57-60.

[4] 滕美春,张如,马健雄.桑叶活性成分及临床应用研究进展[J].北方药学,2013,10(2):66-68.

[5] Yagi M, Kouno T, Aoyagi Y,et al. The structure of Morao-line, a piperidine alkaloid from Morus species [J]. Nip-pon Nougei Kagaku Kaishi ,1976,50:571-572.

[6] 李有贵，储一宁，钟石，等.59 份野生桑桑叶中的 DNJ 含量及粗提物对 α - 糖苷酶的抑制活性[J].蚕业科学,2010,36(5):729-737.

[7] 李志,候印宝,叶青雷.“龙桑 1 号”不同部位中 1- 脱氧野尻霉素含量测定研究[J].北方蚕业,2011,32(1)23-24.

[8] HangSubKim, YongHoKim, Young Hong,et al. α -Glueosidase inhibitors from commelina commu-nis[J].Planta Medica , 1999,65:437-439.

[9] NaokiAsano, AtsushiKato, MiwaMiyauehi,et al. Ni-tro-gen-containing furanose and pyranose analogues from hyacinthos oricntalis [J].Nat.Prod , 1998,62: 625-628.

[10] Asano N. Homonojirimycin isomers and glycosides from Aglaonema treabii. [J].Nat Prod,1997,60: 98-101.

[11] Asano N.Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (Morus alba L.) and silkworms (*Bombyx mori L*) J Agric Food Chem,2001,49: 4208-4313.

[12] 周晓玲,孙凌云,张进,等.1- 脱氧野尻霉素的来源

及合成研究进展 [J]. 蚕业科学,2011,37(1):0105–0111.
[13] Frommer W,Muller L, Schmidt D D, et al.Inhibitors for glycoside hydrolases from bacilli German, 2658563[P]. 1976–12–23.
[14] 朱运平,李秀婷,李里特. Bacillus subtilis B2 产 1–脱氧野尻霉素(DNJ)发酵条件的优化[J].食品科学,2010,31(17):290–293.
[15] 刘凡,李平平,廖森泰,等.98 份不同桑树品种资源的桑叶总生物碱及 1– 脱氧野尻霉素含量测定[J].蚕业科学,2012,38(2):0185–0191.
[16] 丁俊男,郑桂英,张秀丽,等.北方桑树中 1– 脱氧野尻霉素含量的测定[J].实验室研究与探索,2012,31(1):12–15.
[17] 孟夏,欧阳臻,常钰,等.不同产地桑叶的 1– 脱氧野尻霉素含量比较[J].中药材,2008,31(1):8–10.
[18] 李继文,郭晓燕,王腾,等.荧光衍生化法测定不同季节桑叶中 1– 脱氧野尻霉素的含量[J].食品工业科技,2011(12):462–464.
[19] 杨兵,欧阳臻,赵明,等.不同生长季节桑叶中 1– 脱氧野尻霉素、芦丁及多糖含量动态研究[J].中药材,2012,35(6):876–879.
[20] 刘刚,殷浩,佟万红,等.氮、磷、钾对春季桑叶 1– 脱氧野尻霉素含量和产量的影响 [J]. 草业科学,2012,29(2):274–279.
[21] 叶晶晶,殷浩,孙波,等.桑树中 1– 脱氧野尻霉素含量变化规律的研究 [J]. 蚕业科学,2009,35(4):722–727.
[22] 殷浩,佟万红,叶晶晶,等.光照强度对桑叶中 1– 脱氧野尻霉素含量的影响[J].安徽农业科学,2010,38(28):15634–15635,15654.
[23] 丁俊男,迟德富.盐胁迫对桑叶中 1– 脱氧野尻霉素含量的影响 [J]. 安徽农业科学,2014,43(8):2315–2317,2431.
[24] 蒋小飞,赵忠启,张宪党.桑叶中生物碱脱氧野尻霉素(DNJ)的最佳提取工艺探讨[J].西昌学院学报,自然科学版,2010,24(4):50–52.
[25] 刘韦鋆,赵骏,高秀梅,等.1– 脱氧野尻霉素提取精制工艺的研究 [J]. 中华中医药学刊,2009,27(10):2079–2080.
[26] 胡瑞君,车振明.微波萃取桑叶 1– 脱氧野尻霉素工艺的研究[J].食品工程,2008(1):50–53.
[27] 郑晓静,伍金娥,何计国,等.响应面法优化超声波提取桑叶中 1– 脱氧野尻霉素的工艺研究[J].中国食品学报,2012,12(9):34–40.
[28] 孙长波,石磊岭,涂建飞,等.真空气流细胞破壁技术对桑叶中有效成分提取的影响 [J]. 食品科学,2013,34(10):327–330.
[291] 谷绪顶,季更生,李强,等.用微生物预处理提取桑叶 DNJ 及提取物对 β– 葡萄糖苷酶的抑制作用[J].蚕业科学,2013,39(4):0756–0762.
[30] 刘超,徐立,史正琴,等.植物源 1– 脱氧野尻霉素分离纯化技术综述 [J]. 蚕业科学,2014,40(3):0544–0550.
[31] 李宇亮,李剑敏,吴雅睿,等.1– 脱氧野尻霉素提取分离方法研究[J].应用化工,2006,35(9):559–561.
[32] 罗蕾蕾,吴俊.桑叶中 1– 脱氧野尻霉素分离纯化的工艺研究 [J]. 现代食品科技,2012,28(12):167–169.
[33] 周惠燕,胡晓渝,马英.桑叶中 1– 脱氧野尻霉素的纯化及含量测定 [J]. 中国现代应用药学杂志,2008,25(5):367–369.
[34] 颜继忠,雷伟,李行诺,等.桑叶中降血糖组分 1– 脱氧野尻霉素的富集与纯化研究[J].浙江工业大学学报,2013,41(3):241–243,249.
[35] 顾寅钰,施新琴,李峰,等.桑叶中黄酮及 1– 脱氧野尻霉素的含量影响因素与检测方法[J].山东农业科学,2014,46(4)140–45.
[36] 宋婕,邓洁丽,周光雄.HPLC–ELSD 法测定家桑野桑植株中 1– 脱氧野尻霉素的含量[J].天然产物研究与开发,2011(23):490–493,516.
[37] 姜佳,刘虹,李雪茹,等.HPLC–MS/MS 法测定三叶片中 1– 脱氧野尻霉素的含量[J].天津中医药大学学报,2013,32(3):161–163.
[38] 陈岩,王智勇,杨一坤.HPLC 法测定蚕桑资源中 1–脱氧野尻霉素的含量 [J]. 中国药房,2010,21(3):245–246.
[39] 王济强,张菁.硅烷衍生化气相色谱法测定桑叶中 1– 脱氧野尻霉素含量[J].理化检验 – 化学分册,2013,49:769–772.
[40] 李有贵,钟石,吕志强,等.桑叶 1– 脱氧野尻霉素(DNJ)对 α– 蔗糖酶的抑制动力学研究[J].蚕业科学,2010,36(6):885–888.
[41] 宫原知江子. 桑叶对自发性糖尿病大鼠血糖的调控作用[J].国外医学 – 中医中药分册,1999,21(4):53.
[42] Wo–ho Kong,Seung–hoon Oh,You–ran Ahn,et al. Antiobesity Effects and Improvement of Insulin Sensitivity by 1–Deoxynojirimycin in Animal Models[J].J. Agric.Food Chem,2008,56:2613–2619.

(下转第 32 页)

桑叶的功能作用

万　飞

（湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127）

桑叶是药食两用食物，已被卫生部列入“既是食品又是药品”名录。现代医学证明，桑叶是功能食品，它能降血压、降血脂、降血糖、降低胆固醇，增加耐力、延缓衰老，抑制脂肪积累、血栓生成及肠道内有害细菌繁殖，抑制有害的氧化物生成，具有一定的药用和保健作用。

干桑叶中含粗蛋白 25%~45%，碳水化合物 20%~25%，粗脂肪 5%，以及丰富的钾、钙和维生素 C、B1、B2、A 等，还有各种微量元素铜、锌、硼、锰等物质。桑叶是一种很好的中药材和保健食品，中国汉代的《神农本草经》中称桑叶为“神仙草”，具有补血、疏风、散热、益肝通气、降压利尿之功效。在《本草撮要》中记载：“以之代茶，常服止汗”；在《本草纲目》中更明确记载：“煎汁代茗，能止消渴”。在这些古书古方中不仅对桑叶的药效作了明确记载，还对其药理作用进行了详细的描述，说明很早以前人们就已掌握了桑叶入药的基本知识，并用于疾病治疗。

桑叶含有丰富的氨基酸、纤维素、维生素、矿物质及黄酮等多种生理活性物质，还有蜕皮固酮、羽扁豆酮以及靶香甙、桑甙、绦原酸、叶酸、延胡索酸、内消旋肌酸、植物雌激素等许多人体所需物质，具有抗应激、抗衰老、增强肌体耐力、调节肾上腺素功能等效果。在第四次全国人口普查发现，新疆自治区某县长寿者较多，其中主要原因之一就是这里普种桑树，当地群众习惯于用桑叶代茶泡喝，还常年食用桑椹。

桑叶含有较多的叶酸，每克桑叶含有叶酸 105 微克，这是一种医药原料，参与核酸的合成，有抗各种贫血和促进生长的作用，并能治疗胃癌、肠胃管道障碍、食欲不振、营养不良和疮疹性皮炎等，对人体健康意义重大。

桑叶对维持消化、排泄系统健康有重要作用。桑叶中小肠内未被吸收的糖类进入大肠后，借助大肠内菌丛的作用，引起发酵，产生二氧化碳和氢气，并生成丁酸、丙酸、乙酸等有机酸。由于有机酸的生成使肠内环境变成酸性，使肠道内容物酸度增大，能抑制有害细菌的增殖，起到调整肠道的作用。同时桑叶中的 DNJ、矿物质、食物纤维、粗脂肪和未被吸收而进入大肠的糖类，其综合作用可使肠道内含水量增大，致使粪便软化，促进肠道的蠕动，加速粪便排出。

桑叶具有美容作用。最近的研究显示桑叶具有良好的皮肤美容作用，尤其对痤疮、褐色斑有较好的疗效。例如捣碎鲜桑叶，敷在痤疮上，半小时后洗去，能有效的治疗痤疮；桑叶水煮，去除杂质干燥后，可用来泡茶，对于黄褐斑可以起到一定的治疗效果。

此外，桑叶还可食用。如凉拌桑叶，选择较幼嫩桑叶(去掉叶柄)，洗净，切丝，放入开水锅内焯一下，用凉开水过凉，沥干水分，加入精盐、味精、蒜泥、香油，拌匀即可食用，具有营养和保健作用。

桑叶全程消毒在原蚕区的推广应用

蓝必忠[1]　韦红群[1]　覃孟皓[2]　梁志富[2]　陆俣伽[1]

（1 广西蚕业技术推广总站，广西南宁 530007；2 广西环江县蚕业技术指导站，547100）

摘　要：探讨了原蚕区桑叶浸泡消毒与桑树上喷消相结合的桑叶全程消毒防控微粒子病的新模式。其核心技术：结合推行原蚕小蚕（1 ~3 龄）共育、大蚕（4 ~5 龄）分发到农户饲养等技术，从 1 ~5 龄期第 2 天前采用桑叶全程浸泡消毒，5 龄期第 2 天后桑园采叶前喷消。主要技术经验：一是结合桑园的管理、害虫防治和原蚕区环境净化以及日常的消毒防病措施构筑完善的防微技术体系；二是加强与蚕农的沟通，发挥积极主动性，保证桑园杀虫，群防群治，蚕沙无害化处理，净化养蚕环境等技术细节落实；三是讲究技巧，合理解决全程桑叶消毒配药、脱水、消毒及树上喷洒彻底等问题；四是根据合格种茧、工作配合情况、维护原蚕区环境有功等指标，给予蚕农奖励，调动蚕农搞好全程桑叶消毒的积极性。

关键词：桑叶消毒；原蚕；防微

目前蚕种生产单位大多是在农村原蚕区饲养原蚕，再收购种茧回来制种。桑蚕一代杂交种的防微工作，重点也是在原蚕区。原蚕区防治家蚕微子病是蚕种生产工作的重中之重，蚕种检疫是否合格，事关蚕种生产单位的生命线。构筑有效的防微技术体系，是蚕种安全生产的必由之路。2008 年以来，环江县蚕种站开始实施桑叶浸泡消毒与桑树上喷消相结合的桑叶全程消毒模式，结合原蚕小蚕共育、桑叶全程消毒、原蚕区环境保护、蚕沙集中无害化处理全程消毒寻求出新的防微技术措施，构筑有效的防微体系，其中，桑叶全程消毒在原蚕区的推广，为防微工作构筑了一道重要防线。以下是笔者在农村原蚕区生产一线，推广应用桑叶全程消毒技术，落实家蚕微粒子病防治措施得出的一些经验体会。

作者简介：蓝必忠（1985–），男，广西都安，助理农艺师，从事栽桑养蚕及良种繁育与推广工作。
E–mail：longbishan1@163. com.

1 桑叶全程消毒防微措施显成效

前几年家蚕微粒子病的侵袭，许多蚕种生产单位都遭到了重创。环江县蚕种站于 2008 年开始进行桑叶全程消毒试验，采用桑叶浸泡消毒与桑树上喷消相结合的桑叶全程消毒模式，在原蚕区逐步推广应用，得到了明显的成效。该站推行原蚕小蚕（1 ~3 龄）共育、大蚕（4 ~5 龄）分发到农户饲养的方法，从 1 ~5 龄期第 2 天前采用桑叶全程浸泡消毒，5 龄期第 2 天后桑园喷消，通过桑叶叶面消毒杀死病原物，杜绝病从口入，达到预防和控制微粒子病的目的。经过几年的实践，在各原蚕区桑叶全程消毒技术得到了推广，原蚕饲养的成功率、微粒子孢子检验合格率都得到了提高，母蛾检验淘汰率显著降低，蚕种生产质量也得到了提升。2008 年生产合格蚕种 9.5 万张，2009 年产量提高到 13.6 万张，2010 年生产了 20.1 万张，2011 年、2012 年年生产量超过了 26 万张，目前年生产能力可达到 40 万张的规

模，足以确保全县及周边区域蚕种的安全生产供应。

2 桑叶全程消毒主要做法

2.1 药液的配制和浓度测定方法

选用中国农业科学院蚕业研究所生产的亚迪净(100 g／包),溶于干净的水中,搅拌均匀,用硫代硫酸钠简易测定法:用 10 mL 医用玻璃针筒将 10 mL 待测液移到锥形瓶中,加入 1.0 g 碘化钾,摇匀,再加入 1.0 mL~1.5 mL 冰醋酸,待测液呈棕红色。然后用另 1 只 1 mL 医用玻璃针筒吸取 1 mL 的 0.282 N 硫代硫酸钠标准溶液，边轻摇边将硫代硫酸钠标准溶液注入含有待测液的锥形瓶中，随硫代硫酸钠标准溶液的增加,待测液颜色随之变浅,到待测液颜色变淡黄色时,要缓慢滴入,直至变成无色为止。记住硫代硫酸钠标准液的用量,待测液中有效氯含量(%) = 0.282 N 硫代硫酸钠标准溶液／吸取的待测溶液量 10 mL × 100。

2.2 原蚕共育室桑叶消毒

原蚕共育室桑叶消毒，亚迪净溶于干净的水中，搅拌均匀，浸渍液含有效氯浓度为 0.3%,浸渍时间 8 min,捞出的桑叶在干净的清水中漂洗 10min 后,放入脱水机甩干,晾干后喂蚕。

2.3 原蚕区农户桑叶消毒

2.3.1 *桑叶浸泡消毒*　亚迪净溶于干净的水中，搅拌均匀，浸渍含有效氯浓度为 0.4%~0.5%,浸渍时间约 8min~10 min,漂洗 5min,捞出桑叶稍微滤液后放入家用脱水机中甩干,摊到贮叶室晾干后再给桑喂蚕。

2.3.2 *桑树上喷药消毒*　在原蚕区农户饲养大蚕到 5 龄第 2 天后,食桑量增多,人力物力紧张，只能采取桑园树上喷洒药物消毒的办法。选用广东省农科集团前沿动物保健有限公司生产的多菌灵粉(蚕用)(60 g／包)喷洒。用少量清水溶解后,每 15 L 水中加入 1 包(60 g),喷施于桑树树叶,每亩桑园约用 300 g。桑园喷消应避开中午进行，喷药时间一般选择阴天或下午 4 时以后进行，喷时必须喷湿喷匀叶面,对蚕安全隔离期 8 h 以上,喷洒 1 次药效可达 5 天左右。

3 推广过程中存在问题及解决方法

3.1 技术要求高,工作量较大

原蚕区推广桑叶全程消毒，一是要说服农户接受和遵守技术操作要求，二是驻点技术员和农户的工作量增加。要有效的推广桑叶全程消毒，驻点技术员除了做好日常负责区域的原蚕生产技术指导外，还要落实桑叶全程消毒措施,做好蚕农思想工作,明确技术操作流程,工作量增加,1 个原蚕区至少有 15 户,多则超过 50 户,即使农户已掌握较好的种养技能,也会有很多疏漏的地方,奔走于这几十户之间,难以忙得过来。农户工作量也增加,桑叶浸泡消毒,配药、浸泡、漂洗、甩干、晾叶等环节,花费较多人力物力。桑叶消毒技术要求规范技术操作,药液现配现用。针对各蚕户不同的水源、不同的天气情况和浸泡桑叶量,划定好水量、放药量,加母液量,定期或不定期测量相结合,确保浸泡浓度合适,如果浓度过低,则达不到消毒效果,如果浓度过高,容易破坏桑叶营养,对蚕儿生长造成影响。桑树上喷药消毒要求用水干净，均匀喷洒桑叶正背面,重点是叶背面,用叶前提前喷,喷药后 4 小时内下雨要补喷。五龄阶段蚕儿食桑量大,蚕户也最忙,如果象征性的喷洒,达不到效果,要用专用的喷雾器,也不能和其它农药混合喷洒,技术员要深入田头地尾监督指导。

3.2 加强排风除湿防病

大蚕期需要较干燥的环境，采取桑叶浸渍消毒,经过浸泡、脱水后,桑叶还有些潮湿,如果贮叶室空间较小、通风不好或者遇阴雨天气,桑叶很难晾干,蚕儿容易进食到水叶,体内水分过多,又人为的增加蚕座湿度,诱发蚕病发生。消毒桑叶后要摊薄,勤于翻动,最好

每户在贮叶室搭几层活动晾叶架,安装排风扇或电风扇等贮叶室和蚕室强排风设施,薄食多餐,减少残桑,勤撒新鲜石灰粉消毒干燥蚕座。

3.3　蚕农忽略综合防微措施

推广桑叶全程消毒，很多原蚕区农户以为把桑叶消毒搞好就可高枕无忧，而忽略了微粒子病的综合防治措施。其实微粒子病除了胚种传染，唯一的另一途径就是通过食下传染的，桑叶全程消毒就是针对防止食下传染途径而采取的措施，而这一措施还要与桑园虫害控制、养蚕环境净化等其它措施相结合。微粒子孢子不仅附着在桑叶上,它还存在于泥里、田间杂草和野外昆虫,所以务必动员农户从源头抓起,加强桑园管护,重点消灭虫害,并做好桑叶采收、运输、贮存和养蚕期间的消毒防病卫生制度。

3.4　投入物资和设备维护成本较高

原蚕区要推广桑叶全程消毒，需要的物资设备投入较大，基本的配套设备有小型脱水机、容量 150 L 左右的大水缸、活动晾叶架、通风排湿设备,还有桑叶消毒的药物亚迪净、多菌灵粉(蚕用)等,这些物资设备开支都不少。另外还有设备维护，特别是桑叶浸渍消毒，每次脱水机内放桑叶过多或不平衡导致排水口堵塞、消毒药液淋湿易生锈老化、脱水操作不当失衡损坏都需要及时维修更新,成本较高。

4　几点经验体会

4.1　提高认识,构筑完善的防微体系

桑叶全程消毒是防止微粒子孢子病从口入的有效技术措施,但不是唯一的技术措施,必须结合桑园的管理、害虫防治和原蚕区环境净化以及日常的消毒防治卫生制度。防微工作涉及到蚕种生产的各个环节，务必时刻保持防微意识,认真抓好各个细节。桑叶全程消毒的推广,要因时因地而异,充分考虑原蚕区的环境、生产条件、水源、劳力、场地等相关设施,以及群众的接受能力,努力探讨适用当地的防微技术措施，围绕防止病从口入的理念,构筑完善的防微技术体系。

4.2　加强沟通,促进蚕农落实技术细节

防微工作不只是蚕种生产单位的事,也关系到原蚕区农户收益与发展。平时下乡指导工作,应该加强与蚕农的沟通,提醒他们领会各个技术环节的重要性。增加桑叶消毒这套工序后,农户采摘桑叶、给桑喂蚕的时间更加紧缺,往往会顾此失彼。要加深交流,促使原蚕区农户做好桑园杀虫,群防群治,集中蚕沙无害化处理,净化养蚕环境,多从农户的角度思考,让他们主动维护原蚕环境,发挥积极主动性,以主人翁的意识来落实防微措施,将会是事半功倍。

4.3　讲究技巧,提高原蚕生产指导效率

农户采摘桑叶回来，大多集中于中午时段或晚上，驻点技术员要在短时内完成所管原蚕区农户消毒药液配制测定是不可能的,这就要讲究技巧,一是根据各户的情况,划定好水量、放药量,加母液量,形成相对固定的模式,减少工作的重复性;二是指导农户学会测定方法,避免凡事必亲躬;三是定期或不定期测量相结合,形成监督机制,以免农户为了省时省工而随意估测,导致浓度不准确。

4.4　强化管理,完善机制提质增效

对遵守桑叶全程消毒制度，严格落实防微措施的原蚕户,采取一定的奖励政策,以合格种茧、工作配合情况、维护原蚕区环境有功等指标,给予一定的物质奖励,营造原蚕区团结互助、互相监督、互相竞争的良好氛围,提高种茧质量,达到提质增效目标,促进蚕种站与蚕户的合作共赢。

参考文献

[1] 全诚. 防治家蚕微粒子病技术的探索 [J]. 广西蚕业,2011,48(2):20 – 24.

[2] 吕立芹,周凤霞.原蚕区实施桑叶消毒应注意的几个问题[J].广西蚕业,2011,48(1):16 – 18.

桑园套种前胡的技术要点

王啟苗

（安徽省宁国市种植业局，安徽宁国 242300）

摘　要：根据前胡的生长习性和生长规律，通过多年桑园间作前胡的探索，总结出桑园间种前胡的主要技术要点为选择立地条件合适的间作桑园，适时束枝与施肥整地，及时播种促早苗全苗，科学开展桑园和前胡的幼苗期、盛叶期、中后期两者兼顾的田间管理，提前增养中秋蚕与适养晚秋蚕，做好前胡的病虫害防治，及时采收与加工。

关键词：蚕桑生产；间种前胡；栽培技术

前胡为常用中药，性微寒，味苦、辛，有疏风清热、止咳祛痰之功效，多用于风热咳嗽，痰多气喘，胸膈满闷，咯痰黄稠。宁国市地处皖南山区天目山北麓，以盛产道地药材白花前胡而闻名。为稳定和发展宁国市的蚕桑生产，我们自 1999 年以来，利用宁国市种植前胡的技术与市场基础，对桑园间作前胡进行了一系列技术探讨，结合科学养蚕套种前胡取得了较好收益。每 667m² 桑园套种前胡鲜产量达到 300～500kg，可增加蚕农收入 2 800～5 400 元。现将桑园套种前胡的主要技术要点归纳如下。

1　生长习性与生长期

1.1　生长习性

野生前胡喜湿润凉爽，多生于海拔 200～1 500m 的山区向阳坡疏林缘、草丛、灌丛、路旁和山谷溪沟边，耐寒、耐旱、怕涝。前胡为深根植物，在土层深厚、疏松富含腐殖质的沙壤土或壤土生长迅速；平畈地、荫蔽过度、排水不良的地块生长不良，且易烂根；干燥瘠薄的沙土、质地粘重的粘土和低洼易涝地不宜种植。

1.2　生长期

前胡生长期从 4 月中旬（气温达 10℃以上）开始至 11 月底（气温降到 12℃以下）结束，约 220d，大致分为 4 个阶段。

幼苗期（4 月中旬至 5 月中旬）：从种子萌发嫩芽到幼苗具有 2 片真叶。

盛叶期（5 月中旬至 7 月上旬）：2 片真叶间抽出 1～2 片基生裂叶，真叶逐步退化，基生裂叶逐渐长大，转入叶片旺盛生长阶段，至 7 月上旬地下根长约 3cm，直径 0.5cm，植株高约 20cm。

根茎膨大期（7 月中旬至 10 月上旬）：种子繁殖地当年几乎不开花，但根茎随着叶片的生长和光合作用的不断增长并储藏营养，至 10 月上旬地下根能长到 20～30cm，根茎芦头处直径达 2～4cm；春天小苗移栽品和多年生前胡植株，6 月底就有部分抽苔孕蕾，随后便逐渐开花结籽，根部木质化，不能药用；至 10 月上旬没有开花结籽的植株根茎直径能长到 4～5cm。

成熟收获期（10 月中旬至 11 月下旬）：从植株主杆顶端先熟，依次到下枝、侧枝，果实由青色转为紫黑色并陆续谢落后植株生长停止，叶子从下部向上逐渐枯黄，即可收获。

2　桑园选择与播种

2.1　套种桑园选择

根据前胡的生长习性，选择地面平整、排水容易、土层深厚、疏松富含腐殖质的沙壤土或壤土桑园种植；以新植、幼龄、宽行密株和宽窄行的中高干桑园为好，既有利于前胡生长，也便于间种操作。在新植桑园中间作前胡要适当套种玉米等高杆作物，确保前胡生长在荫蔽度 30%～50%之间的环境中，以控制植株少开花，防止根部木质化，提高商品率。

2.2　适时束枝与施肥整地

桑树落叶后及时锯剪去除桑树的死拳、枯桩、病虫害枝和细小的无效枝，并用稻草把桑枝条集中束缚起来，以便于套种操作。种植前在桑树两旁空地每 667m² 桑园施土杂肥、猪栏粪等腐熟性有机肥 3 000kg 作基肥并进行翻耕。为不损伤桑树根系，在桑根周围 20cm 以内不宜种植前胡；桑根周围土壤采用人工翻耕，深度 10cm 左右。整地前再施过磷酸钙 25kg 加复合肥 25kg，根据桑园立地条件做成 1.2～1.5m 宽的畦面待播，并在行间开沟。

2.3　适时播种

选择净度 95%，出芽率 85%以上白花前胡种子，以撒播为主，也可采用条播。为模拟野生前胡种子自然脱落生根发芽的特性，宜抢在 12 月上旬至土壤封冻前早播种，以确保桑叶开叶前出苗。每 667m² 桑园用种量 0.8～1.0kg，播前将种子放入 50℃温水中浸泡 10min，捞出冷却晾干后，用种子重量 0.5%的多菌灵拌种后再行播种。前胡发芽对光照敏感，黑暗几乎不发芽，播种后切忌盖籽，可用扫帚轻扫畦面，以利种子与土壤充分结合，提高发芽率。

3　兼顾桑蚕前胡科学培管

有机结合桑叶生长、养蚕以及前胡的生物学特性，把握桑树和前胡的生长规律和物候期，科学开展田间管理，充分发挥桑园套种前胡的最佳效益。

3.1　调整养蚕布局

为有效调整桑园地的荫蔽度，适应前胡生长需要，提高前胡品质和套种效益，采用适当提前饲养春蚕，同时将夏秋蚕调整为少养夏蚕，提早增养中秋，适养晚秋的养蚕布局。

3.2　桑园春季和前胡幼苗期管理

春季桑树发芽和前胡出苗前，在搞好桑园施肥、剪梢等日常管理的基础上，及时解去束草并集中烧毁，以杀灭束草内的害虫。4、5 月间前胡幼苗出齐、长出 2 片真叶时，也是桑树长成新枝叶时，此时桑树新枝叶正好给下部前胡生长营造所需的荫蔽环境，防止了出土幼苗被灼伤。当前胡幼苗长到 5～6cm 高时进行第 1 次人工除草，并按 15cm×25cm 的株行距浅锄去除过密、过细的前胡苗。

3.3　桑园夏季和前胡盛叶期管理

春蚕提前至 5 月 1 日左右收蚁，小蚕期用叶在间作前胡的桑园里采摘，将桑园的荫蔽度调节在 50%以内；大蚕用叶也要先在间作前胡的桑园采摘，并确保套种园 5 月底夏伐结束，6 月上旬桑树发芽生长，以尽快营造一定的荫蔽条件。6 月下旬少养夏蚕，通过疏芽将每株桑树留条控制在 8～10 根的范围内，以维持桑园地 30%左右的荫蔽度。当前胡苗高 10cm 时要重点开展第 2 次人工除草，并尽量在阴雨天按 25cm×30cm 的株行距移栽或定苗，确保每 667m² 桑园中留前胡苗 6 000 株左右。

3.4　前胡中后期管理与秋蚕饲养

前胡株高 30 cm 左右时，地下根开始膨大增长，为防止杂草与前胡争水争肥，应于 7 月底至 8 月初进行第 3 次人工除草；结合除草每 667m² 桑园追施复合肥 15kg，以促进前胡根部的旺盛生长。遇天气干旱可适当浇水，阴雨天要注意清沟排水。8 月底 9 月初视前胡长势情况，每 667m² 桑园再追施复合肥 5～15kg，

施肥的总体原则要达到前控后促的目的。在 7 月底 8 月初提前增养中秋蚕，可占全年饲养量的 40%～43%，9 月初开始适养晚秋蚕，通过采叶养蚕将桑园地的荫蔽度调节在 20%～30%，以利前胡的叶片进行光合作用，促进根茎不断膨大并储藏养分。

3.5 折枝打顶

控制并减少前胡开花是提高前胡产量的重要措施，实践证明“折枝打顶”具有很好的作用。桑园间作前胡因具有一定的荫蔽度，一般都无需折枝打顶。但如果在桑园地连年间作前胡就会出现 2 年生前胡，2 年生前胡抽苔开花率高，一旦开花就应在花茎形成时，从基部折断花茎并保留基生叶，促进根部生长，以提高前胡的品质和产量。

3.6 病虫害防治

桑园间作前胡病虫害较少，只有少数地块发现根腐病、蚜虫危害。根腐病多在高温潮湿季节发生，表现为根部发黑、长白霉、腐烂；可喷洒波尔多液（1∶1∶200）或用 25%多菌灵 0.5kg 加水 50kg 间隔 7～10d 防治 2～3 次，多雨季节应注意清沟排水。蚜虫主要危害前胡的叶片、花，严重时可导致种子绝收；可用 40%乐果乳剂 1 000 倍液在非蚕期喷雾防治，若确需在蚕期用乐果防治蚜虫的，要注意乐果的残效期。

4 采收与加工

前胡的最佳采收期在冬至后至第 2 年萌芽前。此时桑树已进入休眠期，因此在做好桑园冬季管理的基础上，要及时进行束枝，以利于前胡采挖。实际生产中前胡采挖一般在 11 月底开始到清明前结束，此时采收的前胡产量、折干率最高，商品品质最佳。采收时要尽量注意防止伤及桑树根系，挖取的前胡除去茎叶和泥土，摊晒或低温烘干，搓去细须即可出售。去掉的茎叶留在桑园里可成为桑树和前胡生长良好的有机肥。前胡每年收获时，挖断的细根须留在地里，其根茎上的潜伏芽在第 2 年就会萌发新株，且生长快，较种子播种的苗粗壮，产量也高。

（上接第 14 页）

[9] 龚惠群，陈朝明，王凯荣，等.镉对桑蚕生长发育和蚕茧质量影响的研究 [J]. 应用与环境生物学报，1998,4(2):159-162.
[10] 廖森泰，肖更生，施英. 蚕桑资源高效综合利用的新内涵和新思路 [J]. 蚕业科学，2009,35(4):913-916.
[11] 廖森泰，向仲怀. 论蚕桑产业多元化[J].蚕业科学，2014,40(1):137-141.
[12] 王万华.因势利导，突出特色，推进蚕桑产业转型升级和蚕农增产增收 [J]. 蚕学通讯，2014,34(1):31-37.
[13] 吴水明，王林甫，姚建荣.现阶段蚕业生产模式与技术的探索[J]. 蚕桑通报，2012,01.
[14] 王兆胡，王鸣刚，骆焕涛.植物修复技术在重金属污染土壤治理中的应用[J].甘肃科技，2010,26(5):73-76.
[15] 王蕾，徐春秀.蚕桑高产优质高效配套技术的应用[J].中国蚕业，2005,01.
[16] 王汝学，田时铭. 蚕沙产沼气循环利用效益高[J]. 蚕学通讯，2010,30(1):45-46.
[17] 宋英杰，陈银春. 农业产业化经营概述[M].北京：中国社会出版社，2006.
[18] 朱宗才.论蚕业一体化经营.蚕业发展与蚕丝研究[C]// 浙江农业大学蚕学系建系 70 周年论文集.成都：成都科技大学出版社，217-220.
[19] 殷文红. 浅议农业产业化经营中的政府职能[J]. 中国农垦，2006,06:57-58.
[20] 黄红球.农业产业化发展中政府的政策定位研究[J].安徽农业科学，2011,08.
[21] 国务院关于支持农业产业化龙头企业发展的意见[S].国务院办公厅，国发〔2012〕10 号.
[22] 许明芬，李莉，李龙. 稳定江浙优质茧丝生产基地提升我国茧丝绸国际市场竞争能力[J].中国蚕业，2012,33(1):5-12.
[23] 王万华，胡文龙，郑琳，等.现阶段蚕桑生产组织模式的探讨[J].中国蚕业，2012,33(1):38-41.
[24] 胡文龙，王万华，郑琳，等.重庆市蚕业体制机制创新研究[J].中国蚕业，2012,33(3):41-45.
[25] 李飞鸣，肖建中，黄仁志.湖南蚕桑资源利用现状与未来 [C]//2013 云南－中南蚕区蚕桑科研协作会论文集.273-277.
[26] 祁广军，于永霞.广西蚕桑产业可持续发展对策研究[J].蚕业科学，2013,39(5):0984-0990.

家蚕白僵病的防治措施

徐　瑛

（湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127）

家蚕白僵病是一种最常见的真菌寄生病，该病由白僵菌经表皮感染，再穿透体壁进入蚕体内寄生导致家蚕死亡，而后尸体僵化并布满白色粉末状分生孢子，因而得名。

家蚕白僵病是一种强烈的急性传染病，其对蚕业生产所造成的危害仅次于病毒病。它主要是经空气进行传播，其最主要的传染途径是接触传染。传染源主要来自于病死蚕和野外病虫尸体僵化后的分生孢子。

1 发病症状和规律

发病初期，病蚕外观与健康蚕无异，表现为体色稍暗淡、反应迟钝、行动呆滞；发病后，蚕体表皮出现很多形状不规则病斑，多在节间部位，一般显现为褐色油渍状或细针状病斑。严重时病蚕会排出软粪，呈吐液症状。刚死的病蚕蚕体柔软，略带弹性，头胸部向前伸，有的从尾部显现淡红色或桃红色，甚至全身红色，以后逐渐干瘪硬化，布满不同颜色的分生孢子。

白僵病多发生在温暖潮湿的地区，分生孢子的发芽和菌丝生长的最适温度范围为 24℃～28℃，相对湿度为 75%以上，湿度越大，发芽率也越高。家蚕从感染僵病到死亡，一般在小蚕期为 2～3 天，大蚕期为 5～6 天。

2 防治措施

2.1 做好消毒工作

消毒工作对家蚕白僵病的防治具有重要意义。在养蚕过程中，应分阶段做好消毒工作。

养蚕前对蚕室、蚕具进行清洗消毒，对小型蚕具可用沸水消毒，在沸水中煮 30 分钟以上即可，然后放置强光下暴晒两天，晒干备用；蚕室消毒可以配用含有效氯 1%的漂白粉液，进行喷洒消毒，喷洒后保湿半小时。养蚕期间可使用“漂白粉防僵粉”或“优氯净”等消毒预防白僵病的发生，一般在收蚁和各龄起蚕饷食前各使用一次，均匀撒在蚕体上，薄雾状为度，发现病蚕后每天使用一次。若发现病蚕应及时捡出，并进行土坑深埋或集中烧灭，千万不能用病死蚕投喂家禽。养蚕结束后，及时用含有效氯 1%的漂白粉液对蚕室、蚕具和周边环境进行彻底消毒，打扫蚕室蚕具，再用清水清洗和晾晒。晾晒后应将所有蚕具集中放入蚕室储藏，封闭蚕室前用毒消散在温度 20℃以上，湿度在 75%左右的条件下进行烟熏消毒，之后封闭好蚕室。

2.2 加强饲养管理

组织养蚕技术水平高的蚕户，积极推广小蚕共育，提高蚕儿体质，减少小蚕期发病风险；保持良好的养蚕环境，修建专用蚕房，开设通风窗加强通风换气；蚕期控制好蚕室温、湿度，特别防止湿度过高，小蚕期要防止低温干燥，大蚕期要防止高温多湿；勤除沙可防止蚕座湿热，可撒谷壳灰等干燥材料保持蚕座干燥。

2.3 精心管理桑园

（下转第 32 页）

农 耕 桑 话

雷国新　雷　语

（湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127）

源远流长的农耕文明是中华民族生产、生活实践经验的总结，是华夏儿女以不同形式延续并传承至今的一种文化形态。农耕文明集儒家文化和各类宗教文化为一体，形成了自己独特的文化内涵，其“应时、取宜、守则、和谐”的理念，所体现的哲学精髓正是传统文化核心价值的重要精神资源[1]。考古证明，距今五六千年前，在我国黄河流域、长江流域等诸多地区就已形成了相当发达的农耕文明，先祖们用其勤劳和智慧创造了灿烂的农耕文化。“农桑者，衣食之根本来源，人类生存与发展的根本前提和基本的物资基础”，农耕也由此衍生出中华文明的文化源头和最为质朴的文化范畴——农桑文化。

1　植桑，中国农耕社会最具泥土芬芳的画卷

据记载[2]，约在五千年前先民们就在中原大地上开始栽植桑树。殷商时期的甲骨文中已有“桑”字，《山海经》《尚书》《淮南子》等众多典籍中都有对桑树的描述。我国最早的诗歌总集《诗经》中数处提到桑。《鄘风·桑中》《小雅·隰桑》《大雅·桑柔》等篇目自不必说，其余各篇中“桑”亦屡见不鲜，如写桑之所在的“阪有桑”（《秦风·车邻》）、“南山有桑”（《小雅·南山有台》）；写鸟雀止于桑及食桑椹的“交交黄鸟，止于桑”（《秦风·黄鸟》）、“鸣鸠在桑”（《曹风·鸤鸠》）、“翩彼飞鸮，集于泮林，食我桑椹”（《鲁颂·泮水》）；写住所周围有桑的“无逾我墙，无折我树桑”（《郑风·将仲子》）；写整理桑树的“蚕月条桑”（《豳风·七月》）；写采桑的“彼汾一方，言采其桑”（《魏风·汾沮洳》）；“桑者闲闲兮”“桑者泄泄兮”（《魏风·十亩之间》）；写伐桑枝条为燃料的“樵彼桑薪”（《小雅·白华》）。由此可知，当时桑树遍布，可谓随处可见。

中国古代以农立国，桑是古人赖以生存的物质基础，是不可或缺之物。这从孟子为梁惠王设计的治国目标中就可看出：“五亩之宅，树之以桑，五十者可以衣帛矣；鸡豚狗彘之畜，无失其时，七十者可以食肉矣；百亩之田，勿夺其时，数口之家，可以无饥矣；谨庠序之教，申之以孝悌之义，颁白者不负戴于道路矣。七十者衣帛食肉，黎民不饥不寒；然而不王者，未之有也。”孟子设想的“小康社会”，虽与《礼记》中描绘的那个“天下为公”的大同世界有着质的区别，但毕竟是有史以来最早的“小康”蓝本。孟子提出“民为贵，社稷次之，君为轻”，告诫帝王以民为本，顺应民意，不要过多的掠夺百姓。多少个世纪以来，那些有作为的君主们接纳了孟子“民为邦本”的思想，凭着无数代人的励精图治，以蚕桑为标志的农耕文明高度的发达，遥遥领先于同时代。

探索中国古代的桑树种植，北朝隋唐当是一个非常重要的时期[3]。北魏孝文帝太和九年（公元 485 年），颁布均田法令，规定农民受田划分为：露田和倍田二类，露田种粮，倍田种桑及枣树等。男丁受田含 40 亩露田和 40 亩倍田，40 亩倍田中 20 亩为桑田；妇女受田为露田 20 亩，倍田 20 亩，20 亩倍田中 10 亩

为桑田。农民到了规定的年龄要归还露田,而桑田则可为永业，可世袭。明确规定桑田种植:“种桑五十株.....”,并“限三年种毕,不毕,夺其不毕之地”。《齐民要术·柘桑篇》载:“种桑率十步一树,欲行小犄角,不用正当时”。据此标准,每亩可种桑 2～3 棵,20 亩种 40～60 棵桑树。这就是中国历史上实施 300 余年的均田制。与均田制并行的还有赋税制度即租调制度,其中“民调”清楚规定:“桑土交帛,麻土交布”,朝廷对桑树种植数量和税收制度实行了双重强制性规定，使得蚕桑业从久经战乱带来的低谷中恢复过来，至此桑树得到了大面积种植。从北魏至北齐,北周的均田制度和配套的相关制度为当时桑树的种植、蚕桑业的发展起到至关重要的推动作用。翻开南北朝的文学作品，反映从事蚕桑劳作的篇章俯拾皆是。任昉在《述异记》中描绘:“大河之东,有美女丽人,乃天帝之子,机杼女工,年年劳役，织成云雾绢缣之衣.....”。古诗十九首中:“迢迢牵中星,殷殷河汉女;纤纤携素手,札札弄机杼。”在这些劳动场面的描写中,常把美丽的妇女，甚至超凡脱俗的仙女与从事蚕桑业的劳动联系在一起，可见当时的植桑养蚕已渗透到人们精神世界里了。

唐代蚕桑业的发展其重要标志是蚕桑生产的专业化。桑树的种植主要是散植为主。到了唐代,江南出现了大面积的专业桑园,这种桑园采取密集种植的方式，并和其他如桑基鱼塘等副业生产有机联系在一起。《四时纂要》载,唐代桑树的人工剪伐养型技术已经出现并广为普及。据学者李伯重的研究和开元年间修订的均田令得出的结果，江南专业桑园的出现始于盛唐时期。从传统的副业经营到大规模专业化桑园的出现，使得唐朝蚕桑业的发展不仅呈现出专业桑园种植方式的延展和突破，同时也是在中国蚕桑文化历史上浓墨重彩的一笔。崔颢《赠轻车》将人们带入初唐从幽州到洛阳广泛种桑养蚕的历史画卷:“悠悠远行归,经春涉长道。幽冀桑始青,洛阳蚕欲老。”唐彦谦笔下的采桑女展现了劳动与美的结合。诗云:“种桑百余树，种黍三十亩。衣食既有余,时时会亲友。”可以看出,桑树作为当时主要的副业种植作物,在诗、词人的作品中常常与自给自足的田园生活联系在一起。“种桑百余树”已经是当时农人保障衣食平安的重要生产方式之一，所以不难发现唐代田园诗人中描绘的田园风光里总少不了桑、蚕元素的点缀。孟浩然《过故人庄》描写“开轩面场圃,把酒话桑麻”的农家宴客场景。王维也曾写诗:“雉雊麦苗秀,蚕眠桑叶稀。田夫荷锄至,相见语依依。”诗人眼中闲暇惬意的田园生活中,植桑养蚕是万万不可缺少的。

2　采桑,中国农耕社会最具文化张力的风景

先秦时代,绿桑遍野。古代淇河两岸盛产桑树,采桑成为最重要的农事之一[4]。春日里人们忙于采桑,桑林中阵阵欢声笑语。采桑不仅是人们艰辛的劳作,亦是男女情爱、集社、诗歌的母体。一部《诗经》,字里行间跳跃着数个“彼汾一方,言采其桑”采桑女的倩影。《豳风·七月》中,春光明媚的天气,黄莺飞鸣,桑女们挎着篮筐去桑林采撷喂蚕的嫩桑。“蚕月条桑,取彼斧斨,以伐远扬,猗彼女桑”,采桑女在桑地“理桑”,砍去过长的枝条,把翠绿鲜嫩的桑叶采摘下来。《魏风·十亩之间》展现了春日田野上桑女们三三两两、“桑者闲闲兮”的劳作画面。

“诗经”时代,桑林早已成为爱情的聚散地,“采桑淇洧间,还戏上宫阁”,凡桑林处,多有浪漫情事。《诗经》记叙了大量桑林情爱场面,《鄘风·桑中》:“爰采唐矣？沫之乡矣。云谁之思？美孟姜矣。期我乎桑中,要我乎上宫,送我乎淇之上矣……”。此乃一首炽热的情歌,以采唐、采麦、采葑起兴,“期我”“要我”“送我”,展示了桑林情爱的欣悦。《小雅·隰桑》表达了采桑女与君子幽约的幸福快乐和痴情:“既见君子,其乐如何。”,“既见君子,云何不乐。”“隰桑有阿,其叶有幽”,桑林郁郁葱葱,掩映了“中心藏之,何日忘之”的柔情蜜意。桑

林既是劳作之地，也是先民们情爱和原始放纵的乐园。

中国是世界上最早养蚕植桑的国家，上古先民即以农桑为本。《诗·鄘风·定之方中》有卫文公“降观于桑”“星言夙驾，说于桑田”的诗句；三国时诸葛亮劝课农桑，陈寿《三国志》载：诸葛亮在给后主刘禅的遗书中，说自己“有桑八百株”，子孙衣食可足用；陶渊明《归园田居》中有“鸡鸣桑树颠”的佳句；孟浩然《过故人庄》中有“把酒话桑麻”的美景……上述足以看出那个时代以蚕桑为本的民生之重。所以采桑是中国农耕社会最重要的劳作方式，更是中华民族久远深切的集体记忆。

历朝历代，采桑成为反复吟咏的文化意象。从《诗经·七月》到汉乐府《陌上桑》，再到唐诗宋词《采桑子》，一大批诗词歌赋及故事都以“采桑”为基本题材，并表现了相同或相近的主题。这里不妨略加梳理一下几个所谓“采桑”的故事[5-7]。

其一，辨女者，陈国采桑之女也。晋大夫解君甫使于宋，道过陈，遇采桑之女。止而戏之曰：“女为我歌，我将舍汝。”采桑之女乃为之歌曰：“墓门有棘，斧以斫之。夫也不良，国人知之。知而不已，谁昔然矣。”

其二，宿瘤女者，齐东郭采桑之女。初，闵王出游至于东郭，百姓尽观，宿瘤女采桑如故……王大悦之曰：“此贤女也……”使使者以金百镒，往聘迎之。

其三，洁妇者，鲁秋胡之妻也。既纳之五日，去而宦于陈，五年乃归。未至其家，见路旁妇人采桑而悦之。下车谓曰：“力田不如逢丰年，力桑不如见国卿，今吾有金，愿以与夫人。”妇曰：“……夫子已矣，不愿人之金。”秋胡归家，使人呼其妇，乃向之采桑者也。

其四，秦氏，邯郸人。有女名罗敷，为邑人千乘王仁妻。王仁后为赵王家令。罗敷出，采桑于陌上，赵王登台见而悦之，因置酒欲夺焉。罗敷巧弹筝，乃作《陌上桑》之歌以自明，赵王乃止。

上述四个采桑女的故事，前三个出自刘向整理的《列女传》，故事的流传当在春秋后期，后一个出自西晋人崔豹的《古今注》。将这几个故事稍加比较，发现有以下共同特点：一是故事的基本角色相同。故事中的主要人物均表现为一男一女的对应排列，女子的身份都为采桑女，姓名、时地等方面的不同并不影响这一基本事实。而男子的身份虽不尽相同，但在被采桑女所吸引并进而戏弄这一点上都是完全一致的。二是故事的基本情节相同。几个故事中的所谓“见而悦之，因置酒欲夺焉”“吾有金，愿以与夫人”“聘迎之”以及《陌上桑》中“使君谢罗敷，宁可共戴否？”虽有“夺”“诱”“聘”“谢”之差别，但除齐宿瘤女故事中的“聘”之外，其余都可与陈辨女故事中的“戏”互为说明。若从更高层次上来看，这几个故事的基本情节又可归结为一位男子对采桑女的追求。这样，聘与戏、诱等行为的差别只是追求方式的差别，不足以影响这几个故事情节的相同。三是故事发生的地点与时间的相同。通过采桑事件可以知道，故事无一例外都发生在春天。而采桑女与男子的遭遇又都是在采桑时发生的，而地点又都恰巧在桑林。不禁要问：为什么在春秋直至汉代会发生如此之多的男子对采桑女“见而悦之”“止而戏之”，甚至“欲与之淫佚”的故事？

前苏联文学理论家普洛普在《民间故事形态学》中指出：“一个民间故事常常把同样的行动分派给不同的人物。这样，按照故事中的人物功能来研究民间故事就是可行的了。”普洛普把“功能”界定为“人物的某种行动”，并认为它可与“母题”相比。用此来判断上述几个故事，其中女子采桑，男子追求采桑女的人物行动在故事中是恒定不变的，只不过在不同的故事中将这一行动分派给了不同的人物。由此认定这四个故事是属于同一类型，是同一母题即采桑母题的不同表现形式而已。

桑间濮上，风光旖旎。采桑，似潺潺溪流的采桑文化，成就了农耕文明原野上一抹亮丽的风景。

3 品桑,中国农耕社会最具文化内涵的篇章

森林是人类最初的家园，人类从森林走出来之后,很多树木就留在森林里了。能够长久进入人类生活视野,并成为人类物质、精神生活一部分的树木并不多。而桑,就是其中的一种。桑在远古时代先民的物质与精神世界中占有非常重要的位置，它与先民的物质生产、精神信仰、爱情婚姻及生殖繁衍纠结在一起,创造出极为丰富的文化意蕴。

桑土有一种意义是“宜于植桑的土地”,出自《尚书·禹贡》:“桑土既蚕，是降丘宅土[8]”,唐孔颖达疏:“宜桑之土既得桑养蚕矣。”桑因土而得其宜,土为桑而有其成,自然因素与人文机制相结合，使桑土之间构成一种同体共质的关系,在先民的原始意识里,桑不仅是作为植物实体而存在，而且还更是代表着土地、国家乃至神灵的一种精神性存在。

桑,《搜神记》记叙太古之时,一女子因思念远方的父亲,曾许诺爱马,如果他能接回父亲,就与马结合为夫妻,马接回其父后,女子食言,其父还以箭射杀该马。后女戏马皮,马忽将该女卷入树间化为蚕,“邻妇取而养之,其收数倍。因名其树曰桑。桑者,丧也。”桑与丧谐音,把桑和死亡、丧葬联系在了一起。

桑主,《国语·周语上》:“及期,命于武宫,设桑主,布几筵。”桑主就是一种神主牌,唐以前虞祭的神主是用桑木制成,称之为桑主。神主是先人亡灵的象征,以桑木为神主,可见古人对桑的虔诚与崇拜，同时也向人们揭示了桑与生命终结之间的联系。

桑梓,《诗经·小雅·小弁》:“维桑与梓,必恭敬止”。桑与梓作为房前屋后常见的树木,栽桑是为了养蚕,植梓则为了做家具,都是父母留给子孙的财富。宋代学者认为桑、梓为父母亲手所植,子孙见桑梓如见父母,一定要毕恭毕敬。但明代以后学有者提出对桑、梓恭敬，并不是因为它们为父母所植。明朱谋㙔《诗故》卷七:“桑梓大叶多阴,行者多趋其不以自庇,若鞠躬然,喻幽王独不庇其子也。”认为桑梓有荫庇之意,故喻父母。顾镇则认为桑梓种在房前屋后,需要护恤,故以为喻。此外,《齐民要术·卷五》称“以作棺材,胜于松柏”,古代不仅棺木用梓,墓地也常植梓树。《史记·伍子胥传》记载:伍子胥告其舍人“必树吾墓上以梓,令可以为器”。由上可知,桑、梓在古代是与丧葬礼俗关联的重要林木。叶落归根,返本归宗，在故土家园那被桑梓环绕的祖先陵墓,是每个游子魂牵梦绕的灵魂归宿,久而久之,桑梓成为祖先崇拜的物资符号,这正是《诗经·小雅》“维桑与梓,必恭敬止”的本义。

商之牧野,难怪男女会期合于桑林之中。”从商代都邑来看,并无旧商之都有牧野的记载。高祺是为媒神,高祺之祭为求子之祭。桑林之会作为男女野合的早期习俗的孑遗,可用“交感巫术”理论的“相似律”来解释,除了可以让上天兴云作雨,还可以促进万物的生殖繁衍。因此,鲍昌《风诗名篇新解》谓:“人间的男女交合可以促进万物的繁殖，因此在许多祀奉农神的祭典中，都伴随有群婚性的男女欢合”,“郑·卫之地仍存上古遗俗，凡仲春、夏祭、秋祭之际男女合欢,正是原始民族生殖崇拜之仪式。”综上所述,《桑中》反映的文化意蕴是桑林之会,野合之风,也可算是高襟之祭。

参考文献

[1] 夏学禹.传承弘扬农耕文化,留住我们生活的根,国家农业部官方网站,2012.3.6.

[2] 钟年. 论中国古代的桑崇拜 [J]. 世界宗教研究,1997(1):115-122.

[3] 田阡,黄先智.北唐隋唐桑树种植与蚕桑文化的发展[J].丝绸,2010(8):51-54.

[4] 秦德君. 采桑：农耕文明的濮上风光与文化意象[J].学习时报,2013.10.7.

[5] 刘怀荣.“采桑”主题的文化渊源与历史演变[J].文史哲,1995(2):52-55.

[6] 解亚珠,孙姝.传统诗歌中采桑女与采莲女文字形象的比较 [J]. 湖北经济学院学报,2012(5):100-102.

[7] 杜劲. 邂逅采桑女故事的文化蕴意及其在汉代的转型[J].枣庄学院学报,2008(6):36-39.

[8] 李发,向仲怀.《诗经》中的意象“桑”及其文化意蕴[J].蚕业科学,2012(6):1093-1098.

[9] 顾海芳.桑的文化蕴涵[J].牡丹江大学学报,2010(6):3-7.

江西修水桑资源利用新进展

修水县地处赣西北部，属典型的亚热带湿润季风气候，种桑养蚕历史悠久。现有桑园面积 9.4 万亩，是江西省最大的蚕桑基地县，也是国家蚕桑标准化示范区。为加快桑树的综合利用，修水县蚕桑局致力于招商引资，于 2013 年成功引进修水县东州农业发展有限公司和江西英才科技食品有限公司，桑资源产业化实践取得新进展。

修水县东州农业发展有限公司规划建设标准无公害桑园 2 000 亩，深加工基地 30 亩，引进国内领先的技术设备，加工桑芽茶系列主导产品，项目总投资 5 224 万元。预期项目投产后可以提供 200 个就业岗位，年产值 5 270 万元，利税 550 万元。当前项目进展顺利，有效提高了修水桑资源利用水平，对促进项目属地经济增长将产生积极影响。

江西省英才食品科技有限公司已落户修水良塘开发区，占地面积 130 亩，总投资 1.5 亿元人民币，已引进国内最先进三条全自动 PET 热灌装饮料生产线。主导产品以修水桑蚕基地冬桑叶为主料，配伍菊花、金银花等中草药，为具有自主知识产权的冬桑凉茶。该产品执行 GMP 标准，不含任何防腐剂和添加剂，富含黄酮、多酚和多糖等有效成分，为桑资源药食利用展现了良好前景。该项目全部投产后产能将达每年 6 亿罐冬桑凉茶，产值约 18 亿元。（江西省修水县蚕桑局　卢卫芳　供稿）

（上接第 19 页）

[43] Bondada A. Effect of mulberry(Morus indi) therapy on plasma and erythrocyte membrane lipids in patients with 2 diabetes [J].Clinic Chimica Acta,2011,314:47–53.

[44] 仝义超.桑叶降血糖降血脂研究及其产品开发[D].杭州:浙江工商大学,2010.

[45] Wang Ran–juh,Yang Chun–Hung,Hu Miao–Lin. 1–Deoxynojirimycin Inhibits Metastasis of B16F10 Melanoma Cell by Attenuating the Activity and Expression of Matrix Metalloproteinases–2 and –9 and Altering Cell Surface Glycosylatio [J].Agric.Food Chem,2010,58,8988–8993.

[46] Fenouillet E,Papandr é ou M.J,Jones I.M.Recombinant HIV envelope expressed in an α–glucosidase I–deficient CHO cell line and its parental cell line in the presence of 1–deoxynojirimycin is functional[J].Virology,1997,231(1):89–95.

[47] 谢琼.脱氧野尻霉素抑制乙肝病毒作用的体外实验研究[D].长沙:中南大学,2005:1.

（上接第27 页）

精心管理好桑园，保证足量优质的桑叶养蚕，可增强蚕儿体质，提高蚕体抗病能力。加强桑园管理，一要认真做好桑园病虫害综合防治工作，随时观察虫害发展，适时防治，尽量降低虫口密度，减少病虫害的交叉感染；二要合理施肥，提高桑树抗病能力，增加桑叶的产量和质量；三要实行桑园中耕除草，施用农家肥等方法改良土壤，提高土壤抗旱保肥能力；四要对桑树合理剪伐，改善桑树营养分配，调整桑园的通风透光环境，促进桑树生长。

2.4 加强技术培训和指导

选有养蚕经验和一定组织能力的技术人员常年联系养蚕大户，利用农闲季节进行短期技术培训，让蚕农对家蚕僵病的症状、发生规律有一个比较清晰的认识，从而使蚕农在饲养过程中及时掌握蚕病的发生、发展过程，及早采取相应措施，争取把家蚕僵病控制在萌芽状态，避免病害大规模扩散，尽可能降低白僵病的发生。

蚕桑知识问答(四)

35.低产桑园的原因及改造方法有哪些?

答:造成低产桑园的原因归纳起来有:施肥水平低,管理粗放,只用不管,使树势衰败;桑地不平整,水、土、肥流失严重,土壤瘠薄;收获不合理,只用不养,影响桑树生理机能,造成桑树未老先衰;栽植密度过稀或树冠小,枝条少,不能充分利用空间;树龄过老,生理机能衰退,桑树趋向衰老死亡;品种不良;病虫的危害,造成桑树衰败和死亡;土壤酸碱度过高,桑树生长不良。

在查清低产桑园原因后,采取针对性措施进行低产桑园改造。主要改造方法有:加强管理,提高施肥水平,合理采用桑叶,及时防治病虫害;补植加密,幼龄桑园因苗木质量和栽种技术质量差造成桑园缺株的应及时补植新株,对行距较宽的稀植桑,可选粗壮大苗在行间补植一行或在株间补植 1 ~ 2 株,栽植时应深挖植沟或植穴,施足基肥,并连续春伐养树;增拳,在夏伐时选粗壮、位置适应的枝条提高 15cm 进行剪伐,作为新枝干,增加发条数,提高桑叶产量;老树春伐复壮和截干,对树龄不老,树干完好的可应用春伐恢复树势;对树型过高或紊乱,上部拳干衰老而下部支干、主干良好的可采用截干更新的办法;更换良种,可采用腹接、简易芽接等嫁接法更换优良品种,改变低产面貌。

(姚德球　供稿)

36.桑树有哪些部分可综合利用?

桑树的桑叶、桑枝、桑椹、桑皮、桑根等资源可综合利用,是拓展蚕桑产业,提高蚕桑产业经济效益、生态效益、社会效益的重要途径。

37.桑叶主要有哪些用途?

桑叶是国家卫生部于[2002]51 号文件中被列入既是食品又是药品的物品名单。桑叶可采用现代科学技术加工成桑叶茶、风味饲料、动物饲料、叶绿素、功能食品添加剂、护肤剂、特色养生药等。

38.桑枝主要有哪些用途?

桑枝可用作栽培食用菌和药用真菌的培养基,还可加工成再生型纤维板。

39.桑果(椹)主要有哪些用途?

桑果可加工成桑果原汁、桑果汁饮料、桑果酒、桑果酱、医用桑椹膏、桑椹红色素食品添加剂。

40.桑皮主要有哪些用途?

桑皮可加工成人造棉、人造丝或用于书画装裱和文化工艺品的纸。

41.蚕有哪些附产物可综合利用?

蚕主要有蚕蛹、蚕蛾、蚕粪、下脚茧、蚕丝等附产物可综合利用。是拓展蚕桑产业链和提高蚕业经济效益的重要途径。

42.蚕蛹主要有哪些用途?

可从蚕蛹中提取蚕蛹多肽,做食品的营养强化剂;可提制复合氨基酸,加工成营养口服液;将蚕蛹烘干压粉状后,可加工成蚕蛹蛋白月饼、糕点、饼干、挂面等;可用蚕蛹加工成酱油的主要原料。

43.蚕蛾有哪些用途?

蚕蛾主要可制作蚕雄蛾酒,医用补肾壮阳的雄蛾胶囊,还可作为鱼类、鸡、鸭的营养

饲料。

44.蚕粪有哪些用途?

蚕粪(蚕沙)可提取叶绿素和胡萝卜素,作医用药材原料,可加工成生态蚕沙枕,可作鱼类饲料和农作物肥料。

45.蚕茧有哪些用途?

蚕茧除了传统的缫丝制丝用以外，还可制成丝绵片,加工成生态蚕丝被、生态蚕丝绵枕;丝素粉成为食品、饮料中的功能性营养原料,丝素粉还是高级化妆品的添加剂;在医用方面可作外科手术的缝合线，还是人造皮肤和人工角膜的材料之一。

(贾孟周　供稿)

46. 夏秋期间,每公斤新鲜桑叶一天内需蒸腾多少水份?

夏秋期间,每公斤新鲜桑叶一天内需蒸腾 8.46kg 水份，每 667m^2 桑园以 500kg 桑叶计算,一天需蒸腾 4 230kg 水,相当于 6.5mm 的降雨量。

47.什么时候抗旱最适时?

确定灌水的具体时间,方法很多。第一,测定土壤含水率，当桑园土壤含水率低于田间持水量 50%时应进行灌溉;第二,观察桑树生长情况,当出现新梢生长速度减慢、节间缩短、上下叶片开差悬殊或过早封顶时需灌溉;第三，在桑树行间挖 30cm ~ 40cm 深的穴,取出样土,当沙土捏紧后松开不能成团、粘土捏紧后容易发生裂缝时需要灌溉。

48.桑园灌水方法有几种?

目前,桑园灌水方法有沟灌、喷灌和穴灌三种。

49.桑树为什么要剪梢?

晚秋桑树停止生长以后，将枝条梢端剪去一部分称剪梢。桑树剪梢能使养分集中,提高来年春季发芽率,增多新梢,叶片增大,叶肉增厚,提高春叶产量。同时,有细菌病的枝条,经剪梢后可减少病害。据调查,剪梢的桑园春叶产量比不剪梢的增产 10%左右。

50.桑树怎样剪梢?

剪梢时间一般应在十二月份为宜。剪梢过早会引起冬芽秋发,树液流失消耗大,减少养分的积累;剪梢过迟作用不大,而且容易冻伤枝条梢端。桑树枝条长度在 1.7m 以上的可剪去梢端 1/4 ~ 1/3,1.3m ~ 1.7m 的剪去 1/5 ~ 1/4,1 米长的只剪去 15cm ~ 20cm 未木栓化的嫩梢。杂交桑品种和春季发芽率低的桑树品种,应进行重剪梢,可剪去枝条梢端的 1/2。

51.桑树为什么要整枝修拳?

入冬以后,用锯或桑剪修去桑树的死拳、枯桩、病虫枝和细小的无效枝,称为整枝。因为桑树的死拳枯桩、枯枝及细小弱枝剪掉,就能消灭许多的病虫害,并使树型整齐,有利增产桑叶。

52.桑树整枝修拳要注意什么?

桑树整枝修拳工作要在桑树落叶 (休眠期)至来年春季树液流动前进行。锯剪部位必须靠近分叉处,切口要平滑,以利愈合,切勿损伤其他枝干或健条。锯剪下来的死拳、枯枝、枯桩要随时收拾干净,在害虫未活动前当柴烧掉,消灭潜伏的病菌、害虫。

53.春蚕期桑树摘芯有什么作用?

春季桑树摘芯可抑制新梢继续向上生长,使养分集中,促使未成熟的叶片增大,叶肉增厚,整个新梢叶片成熟一致,提高叶质和增加产量。据调查，摘芯比不摘芯桑叶增产 4%左右。

(唐汇清 供稿)

《蚕丝科技》2014 年度总目录索引

研 究 报 告

新型复合桑叶茶饮料的研制…… 黄仁志等(1-2)
强健性细纤度三眠蚕品种粤蚕细纤 1 号的育成 …… 邱国祥等(1-5)
春伐对鄂桑 2 号光合特性的影响…… 李　勇等(2-1)

产 业 论 坛

多措并举　迎难而上　推进湖北蚕桑生产稳定发展 …… 柯利堂等(1-11)
泰州市姜堰区茧质波动调查与分析…… 孙晓明等(1-15)
阳城蚕桑业:奏响“三农”发展新乐章…… 张艳芳(1-18)
宜都皓光村蚕业模式的实践与思考…… 王运凤(2-12)
立足柞林资源发展柞蚕产业…… 周成新等(2-15)
从生态蚕业看阳城“一县一业”建设…… 崔有善(2-18)
2013 年全国蚕桑生产实现“四连增” …… 封槐松(3-2)
湖南蚕业技术推广面临的主要问题与应对措施 …… 廖模祥等(3-5)
鄂西北山区蚕桑发展现状与对策…… 王　印(3-9)
十年巨变　铸就辉煌 …… 卢卫芳(3-12)
对现行鲜茧流通制度的一点思考…… 熊　超等(4-6)
三斗坪镇万亩优质果桑综合开发思考…… 郭　云等(4-8)

综　　述

二溴海因消毒剂研究进展……孙　波等(2-8)
桑叶多糖研究进展 …… 邵元元等(4-2)

综 合 利 用

蚕业资源综合利用的经验与教训…… 黄自然(1-20)
变废为宝利用桑枝粉、蚕沙栽培金针菇效益可观 …… 罗林钟(2-27)

应 用 研 究

果桑品种介绍及果桑大棚种植技术…… 赫建超(1-22)
秋蚕减产的原因分析与对策…赵明东(1-25)
小蚕饲育的关键技术措施 …… 万　飞 (1-26)
桑椹菌核病的发病规律与防治方法…… 袁向红(2-21)
新植桑园的抚育技术要点……王啟苗(2-23)

鲜茧缫丝技术与效益分析… 彭志祥等(2-24)
平面茧生产技术 …… 曾　毅等(2-26)
果桑品种引种栽植的初步调查……
…… 叶楚华等(3-13)
家蚕新品种 E 苏·Z83×9902B·Z84 农村生
产试验 …… 李德臣等(3-17)
果桑园的夏秋季管理技术……吴桐银(3-20)
湘白卵油蚕的发现 …… 何行健等(3-22)
2014 年春蚕品种比较试验总结……
…… 彭志祥等(4-10)
湖南省桑园害虫综合防控技术措施与应用
成效 …… 王　明等(4-12)
桑蚕四眠后复杂气候环境条件下的应对
措施 …… 徐其尧等(4-16)
桑园套种马铃薯田间优化配置模式研究
…… 李　勇等(4-18)
果桑园的冬春季管理技术……吴桐银(4-25)
蚕丝的理化结构与常用鉴定方法……
…… 刘昌文(4-28)

蚕 业 历 史

湖南蚕业历史回顾 …… 谈顺友(3-23)
镇江蚕种场与严忠婉 …… 苏树鑫等(3-28)

蚕 桑 文 化

《诗经》之桑说 …… 雷国新等(1-27)
古籍中桑崇拜民俗的文化生态学意义……
…… 雷国新等(2-29)
浅谈湖南蚕文化 …… 万　飞(2-33)
“桑”之意象的符号意义——再读《诗经》
…… 雷　语等(3-31)
“桑”文化词语的采撷释义……雷　语等(4-32)

信　　息

阳城县多措并举提高茧质茧价……
…… 张艳芳(1-14)
《蚕丝科技》征稿启事 …… (1-17)
阳城县启动蚕桑信息化管理系统……
…… 张艳芳(1-19)
“复合桑叶茶的研究与开发”课题通过科技
成果鉴定 …… 龙唐忠(1-31)
农业部部长韩长赋视察湘潭农业产业结构
调整示范基地 …… (1-32)
国家蚕桑产业技术体系长沙综合试验站湖
南省蚕桑学会联合举办 2014 年春季全省
栽桑养蚕技术培训班……何小玲等(1-33)
中国蚕学会鄂豫皖蚕业经济研究会第十七
届学术年会纪要 …… 叶楚华(1-34)
《蚕丝科技》2013 年总目录索引 …… (1-35)
蚕桑知识问答(三) …… 姚德球(2-35)
湖北省蚕学会九届四次理事扩大会议纪要
…… 李　勇等(2-37)
湖南省重金属污染耕地生态修复和结构
调整蚕桑新技术培训班在湘乡市举行
…… 龙唐忠(3-36)
桑树对重金属污染土壤修复治理示范项目
临湘示范点 …… (4- 封二)
阳城县出台新政策扶持蚕桑产业……
…… 张艳芳(4-36)
湖南省蚕桑科学研究所成功举办四川省家
蚕选原种技术培训班……刘昌文(4-37)