

# 中国的来克丁研究\*

## Lectin Research in China

陈皓文

孙丕喜

Chen Haowen

Sun Pixi

(国家海洋局第一海洋研究所 山东青岛 266003)

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, Shandong, 266003)

**摘要** 认为凝集素、选择素或外源凝集素等中文名称不能概括“Lectin”这一名称的原有含意,且可能混淆“凝集素”(agglutinin)与来克丁(Lectin)之间的差别,可能妨碍中国来克丁学(Lectinology)的研究和发展。建议直接从英文名词,即Lectin(或拉丁文名词Legere)译成中文名称《来克丁》。文章评论了70年代末以来中国来克丁研究的状况,中国学者分离、纯化来克丁的方法,所研究的来克丁的生物学和化学性质,来克丁在中国的应用,也包括国内市场上国产来克丁的一些情况。着重描述了一些研究得较透的来克丁特性、功能和用途。对我国来克丁,包括海洋生物来克丁将来的研究提出了一些建议。

**关键词** 来克丁 Lectin译称 凝集素 性状 分离纯化技术 应用 研究方向

**Abstract** It is considered that the Chinese terms, Ningjisu(凝集素), Xuanzesu(选择素) or Waiyuanningjisu(外源凝集素), etc., can not generalize the original implication of the term “Lectin”, and may mix up the difference in meaning between the two terms, agglutinin and lectin, which will probably hinder from the development and reaserch on lectinology in China. It is suggested that the English term Lectin (or a Latin term, Legere) be translated directly into the Chinese term (Laikeding). The paper also reviews the status of Lectin research in the period from the end of the 1970s to now in China, discusses Chinese scholars' methods of isolation and purification for lectins, the biological, chemical properties and application of lectins in China, with emphasis on a description of some more thorough researches on the characteristics, action and uses of lectins. Also included in the paper is a catalogue of Chinese lectin products in domestic markets. Some suggestions are put forward for lectins (including ones from marine organisms) research in the future in China.

**Key words** Lectin, Chinese term for lection, agglutinin, character, technique of isolation and purification, application, direction of research

中图法分类号 Q26; Q939.91

### 1 提出以“来克丁”一词译称“Lectin”供商榷

凝集素(agglutinin)主要指一些能与体内或体外同种抗原结合后,就与颗粒抗原(如细菌等)凝集的抗体<sup>[1]</sup>,此外,以前也有将除抗体外的其他能凝集颗粒的物质如Lectin归入凝集素中的。这可能是由于凝集素这类抗体广泛活动于血清、免疫反应的凝集作用中,且被发现得较早的缘故。“Lectin”一词只是到本世纪50年代才被用于血凝素上。至那时,Lectin发现

于少数植物中,并被认识到其主要起凝集作用。制成试剂或药品则是后来的事。因此人们沿用凝集素这一名称于Lectin上。随着Lectin研究和应用的扩展,尽管凝集素研究也在发展,但Lectin在种类、数量和用途上大有超越凝集素之势。国际间有关的权威性医学、生物学检索刊物多年来一直把Lectin单独列成一个重要门类。最新资料表明,凝集素不可能将所有Lectin包括在其名下。一般最多将植物来源的Lectin看作与它有关,或者说凝集素与Lectin有交汇之处。而且在Lectin条目之下,常常聚集有凝集素的信息。迄今Lectin系列中的试剂或药品已达51种以上,各种品牌约276种。而单独列出的凝集素却不多,也没

1997-04-29收稿

\* 国家自然科学基金项目(项目编号 39370539)

对凝集素再作新的解释<sup>[2]</sup>。综合散见于中外不同资料对这两者的释义,可以看到它们间有些许共通、交汇,但又确实存在许多相异之处,这主要在于以下几点:

凝集素	Lectin
由凝集原刺激而生(英汉辞海)*	非免疫起源
与细胞表面特殊抗原结合产生凝集反应。(英汉生物化学词典、英汉生命科学辞典)	凝集细胞和/或沉淀复杂糖类,有些具糖专一性,或血型特异性;凝集作用常被合适单糖或寡糖抑制;接合作用不改变其专一性 <sup>[2]</sup> The Merck Index
抗体(英汉生物化学词典)	非抗体,但有的具类似抗体的活性(英汉生物化学词典、英汉辞海)
来自正常或免疫血清(英汉生命科学词典)	广泛分布于各级各类各种生物体 <sup>[2]</sup>
主要用于血清学、免疫学 <sup>[4]</sup>	用途广泛,如正常和病理条件的组织化学研究、淋巴细胞亚群研究、细胞和其他颗粒的分级分离、血球分型、红细胞多重凝集反应、刺激淋巴细胞有丝分裂、医疗、卫生诊断等 <sup>[2,4]</sup>

\* 小括号、中括号中的内容系所引用文献名称或文后所附文献号,下同。

由上可见,大部分 Lectin 不但已独立于原先意义中的凝集素,而且已发展成崭新的分支学科,即 Lectinology 或者 Palaimmunology(副免疫学),在这个学科之下,已分出 17 项专题研究栏目,比起现代凝集素研究,有了大大的拓展。

国内目前除上述将 Lectin 称作为凝集素外<sup>[3,98]</sup>,还有称之为“选择素”或“外源凝集素”的<sup>[4,5]</sup>。“选择”两字虽保留了它的拉丁文 Legere 含意,也有别于仅仅“凝集”之意,但未能清楚表达出 Lectin 的特性和功能。近几年来文献中已出现了与汉语巧合的选择素(selectin,或叫选凝素的物质名称<sup>[6,7]</sup>,恕在此不论及 selectin 这一名称的起源和含意),一些文章将它归入 Lectins 之中。因而仅将 Lectin 称作选择素将越来越限制 Lectinology 的发展。Lectins 在功能上除了可分作外源的和相对于它们的内源的(endogenous)外,更有庞大的 Lectins 家族。鉴于此,可否像将 chitin 译成“几丁质”那样,将“Lectin”译成“来克丁”?这样的好处有以下几点:(1)与英语同音,保持了它的原始发音,国际通用;(2)避免并廓清了它的不同汉语译意而得以统一称呼;(3)有别于一般意义的凝集素,减免了为在“凝集素”之名外添加任何修饰性字眼的烦恼。凝集素、来克丁均可自由发展;(4)为 Lectinology 在中国的发展留下更广阔天地。

暂时困难之处在于不习惯,似有添乱之嫌。因为多年来, Lectins 的中文资料中有许多是借用“凝集素”之名的,而且存在相当多的含混不清,不易改去。不必强求过去的东西。“来克丁”之称一旦为大家认可,读起来也就会朗朗上口,逐步推广。当否,请商榷。

## 2 我国来克丁学 (Lectinology) 研究现状

我国学者对来克丁的重视,始于 70 年代末和 80 年代初。早期的文章主要是传递国际间来克丁的一些研究信息,介绍来克丁学的研究动态和方法。1981 年开始有我国自己的研究报道<sup>[8,9]</sup>。对有关基础性研究等资料不完全统计显示,80 年代前后至今发表的文章(中文)至少有 110 多篇。文章按年代分布如下:1979 年,1 篇;1980 年至 1989 年,50 篇;1990 年至 1996 年约 60 篇,其中 1983 年、1991 年、1995 年和 1996 年发表的文章最多,各为 11 篇。其次为 1993 年和 1994 年,各为 9 篇。至截稿时,我国来克丁研究的主要成果表现在以下四个方面。

### 2.1 来克丁的分离、纯化技术研究

我国的来克丁分离纯化技术最早是引用外国的,继而则改进和发展出具有我国风格的一些方法,包括吸附剂、层析柱成分的改进等等。方法大体上有两种,即部分分离蛋白质法和亲和层析法。迄今,纯粹用部分分离蛋白质法的已不多见(如丁邦裕等(1991)用 pH 值为 2 的酸性水抽提江苏豌豆种子粉后,用  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  分级沉淀,得 PHA 的一种同功来克丁即  $\text{PHA-T}^{[10]}$ ),除以甲壳素(几丁质)为载体的亲和层析简便分离纯化出芝麻来克丁(SIL)<sup>[11]</sup>和用葡聚糖凝胶为载体分出兵豆来克丁(LCA)外<sup>[12]</sup>,不少人用 Sepharose 4B 为载体,如舍蝇来克丁(MDL)即是这样分出的<sup>[13]</sup>。受体或配体种类有所变化,如用鸡卵类粘蛋白(OM)—Sepharose 4B 亲和层析分离出番茄来克丁(LEL)<sup>[14]</sup>、Sepharose 4B 甘露糖等分离纯化出大蒜来克丁(*Allium sativum* Lectin,即 ASL)<sup>[15]</sup>。用 Sepharose 胎球蛋白从猪精子和精子浆中分纯出猪精子来克丁 BSL(*Boar sperm* Lectin),或经 DEAE-纤维素柱盐离子浓度梯度洗脱后再将猪胃粘蛋白配上而纯化出一种菜豆来克丁(PLA)<sup>[17]</sup>和桑寄生来克丁(LPL)<sup>[18]</sup>。还用 Sepharose 4B 与猪胃粘蛋白又纯化出野花生豆来克丁 CML(*Crotalaria mucronata* Lectin)<sup>[19]</sup>。此外, Sepharose 6B 鼠李糖柱还分离纯化了蓖麻蚕血淋巴来克丁(*Philosania cynthia* Lectin 即 PCL 和 PCL)<sup>[20,21,23]</sup>。有的以 Sephadex-G50 固相亲和吸附为基础作荧光标记来分纯一些来克丁。相当多的来克丁的分离纯化是用部分分离蛋白质法和层析术合用或联用而实现的,如大蒜来克丁(ASL)等<sup>[15]</sup>和半夏来克丁<sup>[9,24]</sup>即是。还可将载体 Sepharose 4B 和 Sephadex-G100 或 Sepharose 4B 和 Sephadex-G200 合用于来克丁提纯。前者如蓖麻来克丁(RCA)<sup>[25,26]</sup>,后者如 CML 和 PCL<sup>[19,20]</sup>。也

有以葡聚糖凝胶-对氨基苯砷乙基 (ABSE)-交联琼脂组成的亲和吸附剂分出三齿草藤来克丁 (VBL)<sup>[27]</sup>; 用猪甲状腺球蛋白代替葡聚糖凝胶制成上述亲和柱并以脲解吸而分出多种来克丁<sup>[28]</sup>。较传统的方法如分子筛层析和离子交换技术的应用为分离纯化来克丁提供了简便易行之路,如常山鲜叶中提取 DEL<sup>[29]</sup>。两种方法的混用或不同载体、配体联用分离纯化来克丁达到了取长补短的作用。

对要求并不十分严格的定性分析,谢继锋<sup>[30]</sup>发展出一种快速法,即玻璃表面固着法,此法可迅速定性测出来克丁。

表 1 我国一些陆生菌类、动植物来克丁来源、性状一览表

Table 1 A list of sources, characteristics of lectins produced from some terrestrial microbes, plants and animals in China

来克丁名 (缩写) Name of lectins (abbreviated)	来源生物类别 Classification of source organisms		性质、功能 Characteristics, functions	引证文献号 Number of reference cited
	科 Family	属或种名 Genera or species		
SLL	多孔菌科 Polyporaceae	白茯苓 <i>Smilax laucaefolia</i>	分子量 31000, 亚基分子量 8000, 凝兔红细胞, 甲状腺球蛋白、胃粘蛋白、粘蛋白抑凝, 促有丝分裂原	32
BPA	豆科 Leguminosae	羊蹄甲 <i>Baubinia purpurea</i>	具九肽、十肽结构, 有稳定空间构象的实体, 十肽立体结构不紧密, 与钙、乳糖结合	33
CML	豆科 Leguminosae	野花生豆 <i>Crotalaria mucronata</i>	亚基分子量 49000, 专凝人 A 型细胞, N-乙酰半乳糖胺抑凝, 促有丝分裂原	19
Con A	豆科 Leguminosae	刀豆 <i>Concanavalina ensiformis</i>	分子中钼 (III) 和钴 (II) 间能量转移, 与葡萄糖专一结合, 与一些细胞及其受体反应	22 34
DIA	豆科 Leguminosae	旋扭山绿豆 <i>Desmodium intortum</i>	分子量 32000, 强烈凝兔红细胞, 专性结合半乳糖, 抑凝最强	35
E-PHA	豆科 Leguminosae	红腰豆 <i>Phaseolus vulgaris</i>	可与其他来克丁组成固相凝集柱	36
LCA	豆科 Leguminosae	兵豆 <i>Lens culinaris</i>	凝人红细胞, 甲基 $\alpha$ -D-甘露糖最抑凝	12
LGA	豆科 Leguminosae	小扁豆	可与其他来克丁组成系列来克丁柱层析分析 N 连接型糖链结构	28
M DL	豆科 Leguminosae	岩豆 <i>Milletia dielsiana</i>	由寡糖链糖基组成	38
PCL	豆科 Leguminosae	红花菜豆 <i>Phaseolus coccineus</i> var. <i>rubromanus</i>	四聚体, 四个相同亚基组成, 与高甘露糖型寡糖结合	39
PHA-P	豆科 Leguminosae	江苏菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> P	分子量 128000, 亚基分子量 31000 33000, LA L <sub>3</sub> E <sub>1</sub> L <sub>2</sub> E <sub>3</sub> 和 E <sub>4</sub> 为同功来克丁	10
PL	豆科 Leguminosae	黑色菜豆 <i>Phaseolus</i> sp.	亚基分子量 35000 和 38000, 凝人 A 型红细胞	37
PLA	豆科 Leguminosae	一种菜豆 <i>Phaseolus limensis</i>	四个亚基组成 (17200) <sub>2+</sub> (14600) <sub>2</sub> , 专凝人 A 型红细胞, 葡萄糖、甘露糖专一结合	17
PVL	豆科 Leguminosae	沙克沙豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> sp.	分子量 3026000, 单亚基, 凝兔、小鼠、鸡及人 A B O 型红细胞, 猪甲状腺球蛋白抑	100
VBL	豆科 Leguminosae	三齿草藤 <i>Vicia bangei</i>	分子量 24600, 凝红细胞, Ma <sub>1</sub> N GkN Ac GLc 抑凝, 促有丝分裂原	27
VCL	豆科 Leguminosae	饭豇豆 <i>Vigna cylindrica</i>	测量了它的等电点	40
MSL	豆科 Leguminosae	常春油麻藤 <i>Mucana sarpervirens</i>	分子量 131800, 亚基分子量 66000 和 33000, 专凝人 A 型血	61
AHL	木樨科 Oleaceae	白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	亚基分子量 15000, 19000, 与 IgG 的某些亚类结合, 凝多种动物红细胞及人的 AB 型、ABO 型红细胞	41

## 2.2 所研究的来克丁之一般性状

### 2.2.1 陆上生物来克丁

我国学者所研究的来克丁材料主要取自陆上生物。这一般取决于有关学者所处的工作地区。表 1 列举出我国学者所研究过的陆上动植物、真菌来克丁来源、名称及一般性状等。由表 1 可见, 所研究过的陆上来克丁已有 43 种以上。其来源主要在豆科植物, 约占 37.2%, 其他植物的来克丁分布于 11 个科中。还有 10 种来克丁取自动物及人。只有一种来克丁取自菌类。对淡水动物来克丁的提取已获得一定成果<sup>[13]</sup>。

续表 1 Continuation of table 1

来克丁名 (缩写) Name of lectins (abbreviated)	来源生物类别 Classification of source organisms		性质、功能 Characteristics, functions	引证文献号 Number of reference cited
	科 Family	属或种名 Genera or species		
D FL	虎耳草科 Saxifragaceae	常山 <i>Didroa fabrifuga</i>	亚基分子量 37000,凝动物精子、肿瘤细胞	29
Jacalin	桑科 Moraceae	木菠萝 <i>Artocarpus integrifolia</i>	强烈凝定含 DGalB <sub>1</sub> → 3DGalNAc 结构的无活性抗冻糖蛋白,最强抑制剂: DGalB <sub>1</sub> → 3DGalNAc <sub>6</sub> → Na	42
LEL	茄科 Solanaceae	蕃茄 <i>Lycopersicon esulentum</i>	凝人及多种动物红细胞及某些培养的细胞,专性结合 N-乙酰葡萄糖胺寡聚糖	14
LPL	桑寄生科 Loranthaceae	桑寄生 <i>Loranthus parasiticus</i>	分子量 67500,专凝兔红细胞, Gal GAlNAc 山梨糖、岩藻糖、松三糖抑凝,促有丝分裂原	18
PTL	天南星科 Araceae	半夏 <i>Pinellia ternata</i>	分子量 44000,凝兔红细胞,色氨酸一结合低聚糖、聚糖链,结合甘露糖即抑凝,每个亚基含一个酸残基,共四个亚基	24
RCA RCA <sub>5</sub> RCA <sub>120</sub>	大戟科 Euphorbiaceae	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	分子量 120000,有三个主要的寡糖部分, RCA <sub>5</sub> 不抑制 I <sup>25</sup> I胰岛素与其受体结合,有三种蛋白	25 26
SIL	脂麻科 Sesamumaceae	芝麻 <i>Sesamum indicum</i>	少数分子中两条肽链是拆开的, N-乙酰葡萄糖胺、单糖不抑制它与红细胞的凝集	11
TKL TKL <sub>1</sub>	葫芦科 Cucurbitaceae	瓜蒌 <i>Trichosanthes kirilowii</i>	分子量 60000,等电点 5.5,专一结合半乳糖、乳糖、葡萄糖, TKL <sub>1</sub> 与天花粉毒蛋白相似,无金属离子结合部位	43 44 45 46
W GA	禾本科 Gramineae	小麦 Wheat germ ( <i>Triticum vulgare</i> )	分子由两个相同原体组成, WGAII 的原体为 171个氨基酸残基的肽链,分四段, WGA高级结构有明显对称性,特异结合 N-乙酰葡萄糖胺和 N-乙酰神经氨酸及其衍生物和寡聚糖	47
ACL	百合科 Liliaceae	洋葱 <i>Allium cepa</i>	亚基分子量为 26500和 47500,凝兔、狗红细胞及人 ABO型红细胞最弱,甘露糖及含甘露糖的复合糖类抑凝	48
ACYL	百合科 Liliaceae	黄洋葱 <i>A. cepa yellow</i>	凝兔、狗红细胞及人的 ABO型红细胞,半乳糖、岩藻糖抑凝	48
AFL	百合科 Liliaceae	青葱 <i>A. fistulosum</i>	凝兔、狗红细胞及人的 ABO型红细胞,甘露糖及含甘露糖的复合糖类抑凝	48
ALL	百合科 Liliaceae	香葱 <i>A. ledebourianum</i>	凝兔、狗红细胞及人的 ABO型红细胞,含甘露糖的复合糖类抑凝	48
AOL	百合科 Liliaceae	韭菜 <i>A. odorum</i>	凝兔、狗红细胞及人的 ABO型红细胞,含甘露糖的复合糖类抑凝	48
ASL	百合科 Liliaceae	大蒜 <i>A. sativum</i>	凝兔、狗红细胞及人的 ABO型红细胞最强,含甘露糖的复合糖类抑凝	48
PCIII	百合科 Liliaceae	囊丝黄精 <i>Polygonatum cyrtoneura</i>	分子量 159000,只凝兔红细胞,可被 D甘露糖和猪甲状腺球蛋白抑,含 Mg <sup>2+</sup> 、Ca <sup>2+</sup>	49
AFL	人科 Hominidae	人羊水 Amniotic fluid	凝兔红细胞,含低聚糖甘露糖的糖蛋白与 AFL结合最强	101
AGL	螺科 Ampullariidae	大瓶螺蛋白腺 <i>Ampullaria gigas</i>	分子量 15000,无血型专一性,但凝人 A型血最强,被乳糖、半乳糖抑	31
APL	蚕蛾科 Bombycoidea	中国柞蚕蛹血淋巴 <i>Antheraea pernyi</i>	分子量 38000,凝兔红细胞,α-甲基-D-葡萄糖苷和 D-半乳糖抑凝,高凝度乳糖、N-乙酰-D-半乳糖胺也抑	50
MA PA	合鳃鳗科 Synphobranchidae	黄鳝血浆 <i>Monopterus albus</i>	分子量 46800,对半乳糖、乳糖专一,对人 B型血作用大,血凝活性和糖结合专一性不需金属离子	74
BSL	猪科 Suidae	猪精子 Boar sperm	分子量 56000,亚基分子量为 13600(β)和 16000(α),与 ZP <sub>3</sub> 透明带糖蛋白结合,亦与精子蛋白结合	16
M DL	家蝇科 Muscidae	舍蝇 <i>Musca domestica</i>	分子量 34000,凝人 B型血及小白鼠、兔红细胞,专一结合半乳糖、D和 L-岩藻糖	13
PCL	蚕蛾科 Bombycoidea	蓖麻蚕蛹 <i>Philosamia cynthia</i>	凝固定的人 A O型红细胞,不凝新鲜血球,一种 PCL专一结合鼠李糖、半乳糖,另一种 PCL专一结合岩藻糖	20 21 23
PCL <sub>1</sub>	蚕蛾科 Bombycoidea	蓖麻蚕血淋巴 <i>Philosamia cynthia</i>	鼠李糖专一	19
TSL	蝰科 Viperaceae	竹叶青蛇 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	分子量 6000,半乳糖专一,半乳糖系列的糖较强抑凝	53
PAL	猪科 Suidae	猪脂细胞膜 Porcine adipocyte	分子量 89000和 112000,促游离脂肪细胞凝集,麦芽糖、甘露糖、甘露聚糖抑凝最强	51, 52
HSL	人科 Hominidae	人胃 Human stomach	分子量 12000,单亚基,乳糖最有效抑制,结合半乳糖苷	97

有关工作大都集中于有限的来克丁生化性质和糖结合专一性上。这些成果为研究来克丁的其他生理生态特性、作用及应用打下了一定的基础。

## 2.2.2 海洋生物来克丁

我国海洋生物来克丁的研究起步大大晚于陆上生物来克丁的研究。迄今其发展仍缓慢。仅有吴素兰等<sup>[54]</sup>、苏拔贤等<sup>[55]</sup>、丁伟及陆皓文等<sup>[5]</sup>发表过4篇文章。吴、苏等对百拾余种海洋动物的肌肉、腺体、外皮、肝、鳃、某些基部或淋巴等作来克丁类物质的筛选,发现其中47种有之。我们初步分离筛选过三疣梭子蟹、日本扇贝、毛蚶、泥蚶、蛤蜊、螺、蛭子、扇贝、中国对虾、虾蛄、尼罗罗非鱼等经济海产动物体液的来克丁含物,并初步测定其中一些来克丁含物的糖专一性,也进行了对人、兔红细胞及一些病原菌的凝集反应试验。结果表明所研究的水产动物有产生来克丁的活力,以此调理体内代谢、清除废物、抵御外来(非自我)入侵和攻击。这是水产动物机体本身御敌和痊愈机制的重要活动之一<sup>[5]</sup>。

## 2.2.3 我国研究较深的来克丁之主要性状

我国最早研究的来克丁还数刀豆球蛋白A(Con A)。1981年,朱正美等<sup>[22]</sup>就Con A作过荧光标记研究,发现它与葡萄糖专一结合;在对其有稳定作用的溶液中反应,结合物的质量和得率都可提高。就来克丁与细胞凝集研究而言,大多以Con A等作过试验。他们就此发表过4篇相关文章<sup>[34, 56-58]</sup>,主要涉及Con A-PHA对正常细胞、胚胎及肿瘤细胞的凝集反应及与细胞膜的作用,正常鼠肝及腹水型肝癌的Con A“受体”及对该“受体”的分析。就Con A中金属离子铯(III)和钛(II)间能量转移作过研究,认识到这可用作测定金属离子结合位置间距离的荧光探针。据此还了解到稀土金属离子钆(III)对PHA活性的影响;还可研究溶液状态中生物大分子的微区结构<sup>[59, 60]</sup>。周红等<sup>[61]</sup>用化学修饰、内源荧光和荧光淬灭研究油麻藤来克丁J-MSLC(*Mucana sempervirens*)溶液构象变化和微环境构象特征。

有关WGA分子结构的研究,董素才等<sup>[47]</sup>曾作过述评,指出它是由两个相同原体组成,其高效结构有明显对称性;它特异结合N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰神经氨酸及其衍生物和寡聚糖。

我国学者对下列来克丁的认识有所加深,即TKL、RCA、PCL和TSL等。就TKL言,除确认它糖专一性和/或糖结合性外,还研究了它对红细胞补体敏感溶血作用的影响。免疫学、同工来克丁双链的拆分和鉴定及与其相似蛋白质、荧光光谱<sup>[62-65]</sup>,证实了该来克丁分子有两条链,与TCSCL天花粉毒蛋白是

非常相似的蛋白质<sup>[65]</sup>。在分离出PTL后,深入研究了它的色氨酸残基修饰与活性的关系,并掌握了它在植体中的分布状况<sup>[9, 24, 66]</sup>。纯化出RCA,并对其理化性状作过描述,包括它的LD<sub>50</sub>值。继而进一步纯化出它的寡糖链,分析了它的组成及结构<sup>[23, 25, 26]</sup>。对蓖麻蚕来克丁(PCL),于1983年就开始了研究<sup>[21]</sup>。彭金荣等从该血淋巴中分离出分别对鼠李糖、岩藻糖、半乳糖专一的来克丁;后来进一步对蓖麻蚕的两种来克丁在其体内的分布与生长关系作过研究,指出它们在血淋巴中的活力随蚕的生长期不同而变,两者的变化也非同步进行<sup>[20, 21, 50, 67]</sup>。对TSL,曾描述过它的一般性状,还着重研究了它的糖结合性<sup>[68]</sup>。

关于红花菜豆来克丁(PCL),也作了一些研究,这包括其一般性状的分析。用气相层析术和外切糖苷酶的专一性,测定其糖组成和寡糖链顺序,与其寡糖部分分子间的聚合现象及凝集细胞、促淋巴细胞转化、抑制细胞生长作用等<sup>[39, 69, 70]</sup>。黄精来克丁II(PCL II)(*Polygonatum cyrtoneuma* Lectin II)的研究,是由鲍锦库等专门进行的<sup>[49, 71]</sup>。他们用(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>沉淀其根茎物,猪甲状腺球蛋白-Sepharose 4B亲和层析,CM-Sepharose柱离子交换层析, Sephadex G-100凝胶过滤得PCL II。分析了它的部分性质,并且就其分子稳定性与生物学活性作过探讨,发现了一些修饰分子的巯基和色氨酸等基团对该来克丁分子的生物活性的关系。

此外,就来克丁的疏水性<sup>[72]</sup>、一些来克丁结合部位糖的特异性<sup>[39]</sup>、来克丁碎片的糖结合活性<sup>[73]</sup>、活性肽构象预测、结构功能关系作了探索<sup>[33]</sup>。对内源来克丁也作过一些研究,指出了它与发育分化有关。肿瘤细胞表面的来克丁关系着肿瘤的转移活动<sup>[75-77]</sup>。

## 2.2.4 来克丁的应用研究

对Con A的研究,除了认识它本身性状外,还将它运用到有关领域中,如荧光标记的Con A亲和吸附固相化,可用于其他来克丁的分离<sup>[22]</sup>。Con A与其他来克丁组成的系列固相亲和层析术,已用于分离多种来克丁或某些抗原<sup>[28, 78]</sup>。还可研究鼠肝碱性磷酸酶(ALP)的糖链结构及诱发肝癌ALP糖链中的平分型GlcNAc残基变化<sup>[36]</sup>。Con A-FITC用于细胞、组织切片的荧光染色及荧光显微照相记录,效果很好<sup>[22]</sup>。用Con A等来培养静止软骨细胞,发现它能完全抑制软骨细胞的DNA合成。不过,这一抑制过程是可逆的。Con A还能促进软骨细胞成熟化,且使之产生终末分化<sup>[78, 80]</sup>。研究过Con A和PHA对急性白血病细胞系细胞生长的影响。Con A双向免疫电泳可研究人体α-抗胰蛋白酶(糖蛋白)分子变异体,为临

床诊断提供依据<sup>[81]</sup>。

WGA用于降低红细胞膜阴离子通透性,发现WGA浓度越大,该通透性降得越快。N-乙酰葡萄糖胺对WGA的这一作用有恢复效应<sup>[82]</sup>。

刘黎等<sup>[83,84]</sup>在1984年、1987年分别用花生凝集素(PNA)研究了鸡胚视顶盖中视神经纤维发育的时空图象,描绘了视网膜发育过程中它结合糖蛋白的图谱;阐述了与PNA结合,即含D-半乳糖残基的糖蛋白在视网膜发育中的意义。用大豆来克丁(FITC-SBA)或WGA-SBA研究细胞表面的来克丁受体亲近程度及林蛙卵裂活动<sup>[85-87]</sup>。

用几种不同糖专一性的来克丁研究了绵羊精子的射出作用。指出绵羊射出精子的Con A受体主要分布在头部质膜,而且Con A与其受体的结合是专一的<sup>[88]</sup>。EL介导的7种MTX-拟糖蛋白(糖化的白蛋白)-氨甲喋呤可分析对肝癌细胞的靶间杀伤作用<sup>[77]</sup>。用来克丁分离纯化出含糖高分子或含糖基化碱基的不同tRNA,进而推断其所含糖基,也分离了带有不同表面糖分子的细胞,如淋巴细胞等。兵豆来克丁(LCA)可用于鉴别肝癌AFP糖基变异体<sup>[12]</sup>。1992年,许兵等<sup>[89]</sup>发现WGA有促进中国对虾抗病力的效果,这是我国来克丁应用于海产养殖的首次报道。

美商陆来克丁(PWM)的应用研究也有所报道。如将它用于观察对人单核细胞及白血病细胞的HLA-DR分子表达、对人胎儿胸腺细胞表型的影响等。发现PWM可用于肿瘤免疫治疗,可加强人LAK细胞的增殖活性和杀伤力,诱导人单核细胞表达IL-2受体 $\alpha$ 链,介导人单核细胞去诱导白血病细胞凋亡。还发现PWM是T细胞、B细胞的多克隆激活剂;可用来诱导单核细胞依赖的外周血单个核细胞(PBMC)活化;可明显诱导胎儿胸腺细胞增殖<sup>[90-92]</sup>。巨同忠等<sup>[93]</sup>1996年用包括有兵豆来克丁(LCA)的亲柱,即LCA-Sephrose CL-4B柱与非同位素标记底物来测定核心 $\alpha$ -66-岩藻糖转移酶。在对TKL性质有了广泛认识的基础上,用它与Sephrose 4B组成亲和柱分离一些相关的糖蛋白,并探讨了TKL可能参与所在植体中的御敌活动<sup>[94]</sup>。我国来克丁在临床医学、疾病防治中的应用取得了进展。这在肿瘤、癌症诊断治疗中较明显。所用的来克丁种类甚多,如PNA、uEA-1、DBA、LCA、Con A、CEA、PHA、IL、PTL、TAT等。有关在医学上的应用,因篇幅有限,恕不赘述。近几年来人们已注意到选凝素(Selectin)研究和应用的势头正在加强<sup>[6,7]</sup>。

由上可见,我国来克丁的应用研究已在一些领域

中迈出了可喜的一大步。

### 2.3 我国市场上的国产来克丁

如前所述,国际间商品化来克丁的品牌已有几百种,我国不同程度研究过的来克丁已达43种。我国研究过的来克丁有几种是国际间已上市的来克丁,如BPA、Con A、LCA、LEA、RCA及其同工来克丁、PHA等。豇豆来克丁,国内外虽都取自同一属的,但种不一样。国外的是取自*Vigna radiata*的VRL等,我们的是另一种,即*V. cylindrica*,得的是VCL。来自菜豆的来克丁,外国做出了3种,我国则研究了5种(如E-PHA、PL、PCL、PHA-p、PLA等)。两者相比,只一种,即*Phaseolus vulgaris*的来克丁是一致的。比较国内外植物来克丁,发现蕃茄、蓖麻、兵豆、羊蹄甲和江苏菜豆都已用来作过来克丁学的研究。此外也许是我们所拥有的特色了。在国内市场上所见的国产来克丁试剂却只有7~8种而已。如取自四川云豆的PHA。另外,鲎试剂,也可看作是比较接近来克丁的生物制剂。由此可见,国内外的差距是明显的。我们必须急起直追,提高来克丁市场的国产化比率。

### 2.4 我国来克丁研究展望

国际间来克丁研究十分活跃,伸展面日益扩大。用于研究来克丁的材料不断增多。加深了对来克丁本身的认识。这是建立在对来克丁性状、特征日益精细的分离、纯化和分析的基础上的,也离不开对来克丁的分类、生物合成和遗传学的理解。人们越来越认识到来克丁在新陈代谢、生理活动中的作用,包括免疫、受体、促细胞分裂作用等。由此推动了来克丁的广泛应用,如在临床诊断、血液学等方面。因而促使人们去了解来克丁的药物学、药效和药物代谢动力学及部分来克丁的毒理(性)学等。因此来克丁研究历经一个世纪至今仍是一个经久不衰的生长点。回头看看我国来克丁学发展过程,它虽仅有20多年历史,但取得了可喜进步。这体现在所研究的材料日益丰富,对一些来克丁性状有所认识,应用途径扩展。与国际上比,差距又十分触目。首先作为一个资源大国,来克丁材料十分丰富。我们不必完全走外国人走过的路子,对所有生物一一筛选,但毕竟我们迄今所用的材料太有限。对种类繁多动物,我们只作过几种来克丁的较详细研究。至于微生物,可说是无人问津。精细研究并制成试剂的国内来克丁太少,在很大程度上限制了来克丁在许多领域中的应用。我国是一个海洋国家。作为生命摇篮的海洋,以其特殊的生态环境养育许多陆地上没有的生物,是生物天然物质的资源库,是许多新化合物的世界。包括来克丁在内的海洋天然物质的开发是国际三大热点之一。我国还是个海产大国。完全

应该结合实际情况,从大量水生物中提取来克丁<sup>[31, 54, 95, 96]</sup>。来克丁普遍被认为是生命机体一类对外来物的识别因子,并在体内(外)起调理作用。它在认识和解决集约化、半集约化的养殖生物的防病治病中应发挥重要的、不可替代的作用。而这一点,即来克丁在养殖生物的御敌机制和活动,迄今还刚刚引起国人,包括水产界同仁的注目<sup>[5]</sup>。对来克丁认识的普及和研究的深入必将能为提高我国水产医学、养殖业总体水平作出贡献。对海洋来克丁等生化信号分子的开发、利用和生化工程技术的拓展,将会使传统的海洋产业,如水产养殖业及其病害防治转化为高技术类型。由此改变许多海洋产业结构和形态。

由于我国这些年来来克丁研究的重点在陆上和少数淡水生物,因而造就了此方面相当坚实的科研力量。至此就应该强化结合海洋、陆地和内陆水域的来克丁研究力量,使一部分陆地或淡水的来克丁科研基础向海洋转移和倾斜,以加速海洋来克丁研究的成长。这是培育海洋高技术所需,是建设海产强国、“海上中国”战略目标所需的。

来克丁的广泛应用,在很大程度上还受制于来克丁制品的纯度。这有赖于我国学者日臻的来克丁分离纯化技术的出现和运用。来克丁纯度的不断提高,花色品种的日益增多及在基因分子水平上认识和应用它们,我国来克丁学发展前景将是十分诱人的。

### 参考文献

- 1 王贤才. 英中医学辞海. 青岛: 青岛出版社, 1989.
- 2 Sigma Chemical Company. Biochemicals organic compounds for research and diagnostic reagents. 1991.
- 3 孙册. 凝集素(Lectin)研究进展. 生物化学与生物物理学进展. 1981, 3(1): 15.
- 4 唐传业. 选择素(二). 生物化学与生物物理学进展. 1981, 3(5): 14.
- 5 陈皓文, 孙丕喜, 宋庆云. 外源凝集素——水产动物御敌的有力兵器. 黄渤海海洋. 1995, 13(3): 61.
- 6 王克夷. 生命的化学, 1995, 15(6): 47.
- 7 李晓, 周同, 董德长. 选择素研究进展. 生命科学. 1996, 8(3)22
- 8 王祖武, 周佩琴, 胥彬. 植物血凝素诱导大鼠红细胞凝集作用的研究——ATP等生物活性物质对凝集的影响. 生物化学与生物物理学报, 1981, 13(1): 121.
- 9 喻梅辉, 吴小兵, 苑建青等. 蓖麻凝集素(毒蛋白)的纯化及测定.
- 10 丁邦裕, 戴美红, 余健等. 江苏菜豆凝集素的分离纯化及性质的研究. 生物化学与生物物理学进展, 1983, 4: 66
- 11 朱政, 孙册等. 芝麻凝集素的纯化及其性质. 生物化学与生物物理学报, 1982, 14(1): 91.

- 12 余健, 黄晓春, 何晓松. 国产兵豆凝集素的分离纯化与生化特性研究. 生物化学与生物物理学进展, 1989, 16(5): 389.
- 13 王霖, 李根君, 段吉群. 舍蝇(*Musca domestica vicina*)凝集素的分离、纯化和部分性质的研究. 生物化学杂志, 1991, 7(1): 47.
- 14 董素才, 李建新, 杨志铭. 蕃茄凝集素的分离、纯化及其某些性质的研究. 生物化学杂志, 1989, 5(1): 45.
- 15 孙册, 莫汉庆, 于丽萍等. 大蒜凝集素的分离、纯化及性质的研究. 生物化学与生物物理学报. 1987, 19(3): 188.
- 16 赵明, 费坚, 孙册. 猪精子凝集素在精卵结合中的作用机制. 生物化学与生物物理学报, 1995, 27(4): 347.
- 17 曾仲奎, 杨成勇, 洪瑛等. A型血专一性凝集素(*Phaseolus lunatus linn rel aff*)的纯化和性质研究. 生物化学杂志, 1990, 6(1): 91.
- 18 陈希宏, 曾仲奎, 刘荣华. 桑寄生凝集素的纯化及部分性质研究. 生物化学杂志, 1992, 8(2): 150.
- 19 曾仲奎, 杨静平, 曾光耀. 野花生豆凝集素的纯化和性质. 生物化学杂志, 1988, 4(6): 489.
- 20 彭金荣, 孙册. 鼠李糖专一的蓖麻蚕血淋巴凝集素的分离纯化及性质的研究. 生物化学与生物物理学报, 1991, 23(4): 311.
- 21 莫汉庆, 孙册. 蓖麻蚕血淋巴中的凝集素. 生物化学与生物物理学报, 1983, 15(4): 383.
- 22 朱正美, 顾天爵. 刀豆球蛋白A的荧光标记方法. 生物化学与生物物理学进展, 1981, 3(2): 58.
- 23 彭金荣, 孙册. 蓖麻蚕血淋巴中的一种新凝集素. 生物化学与生物物理学报, 1988, 20(4): 329.
- 24 郭猛, 王克夷, 许根俊. 半夏凝集素中的色氨酸残基的修饰与活性的关系. 生物化学与生物物理学报, 1992, 24(2): 146.
- 25 顾新, 孙册, 沈昭文. 蓖麻凝集素寡糖链的纯化及其组成分析. 生物化学与生物物理学报, 1990, 22(4): 349.
- 26 詹金彪, 周佩珩. 蓖麻毒素和凝集素LD<sub>50</sub>值的简易测定法. 生物化学与生物物理学进展, 1991, 18(3): 219.
- 27 曾仲奎, 邓俊林, 肖智雄等. 三齿草藤(*Vicia bungei Ohwi*)凝集素的亲和层析纯化及其部分性质的研究. 生物化学杂志, 1985, 1(3): 73.
- 28 李士云, 王克夷, 吴克佐. 猪甲状腺球蛋白-对氨基苯砒乙基-交联琼脂——一种可分离多种外源凝集素的亲和吸附剂. 生物化学与生物物理学报, 1983, 15(3): 271.
- 29 郑常文, 肖肃, 王永丽. 常山凝集素的分离、纯化及其性质的研究. 生物化学杂志, 1988, 4(1): 12.
- 30 谢继锋等. 植物血凝素的快速定性测定——玻璃表面固着法. 生物化学与生物物理学进展. 1989, 16(2): 164.
- 31 江红, 李洁漪. 大瓶螺凝集素的分离及部分性质研究. 生物化学杂志, 1996, 12(3): 352.
- 32 刘荣华, 曾仲奎, 周红. 白茯苓(*Smilax lauceae-folia Roxb var. opaca A. DC*)凝集素的研究. 生物化学杂志,

- 1994, 10(2): 202.
- 33 王克夷,王三山,梁卫平.凝集素中活性肽段的构象预测和比较.生物化学与生物物理学报,1993,25(2): 201.
  - 34 朱正美,顾天爵.凝集素与细胞凝集: I.伴刀豆球蛋白 A 及植物血凝素对正常细胞胚胎及肿瘤细胞的凝集效应.细胞生物学杂志,1982,4(1): 35.
  - 35 彭建宗,程双奇,陈兆平等.旋扭山绿豆 (*Desmodium intortum*)凝集素的纯化和特性.生物化学与生物物理学报,1994,26(6): 671.
  - 36 赵毅,陈惠黎.序列固相凝集素和层析法研究大鼠诱发肝癌中碱性磷酸 ALP 的糖链变化.生物化学杂志,1990,6(3): 279.
  - 37 曾仲奎,柯红,曾光耀.黑色菜豆 (*Phaseolus sp.*)凝集素的纯化和性质.生物化学杂志,1988,4(3): 233.
  - 38 曾仲奎,郑建,刘荣华等.岩豆凝集素寡糖链的纯化及组成研究.生物化学杂志,1992,8(5): 635.
  - 39 施炜星,孙册.红花菜豆凝集素与其寡糖部分分子间的聚合.生物化学与生物物理学报,1994,26(5): 565.
  - 40 赵永芳,周济兰,叶明.饭豇豆凝集素等电点的快速测定.生物化学与生物物理进展.1988,15(6): 470.
  - 41 周德义,杨尔滨,邓勇等.白桂木凝集素的纯化与性质的研究.生物化学与生物物理学报.1995,27(1): 61.
  - 42 陈华堂, Liao J, Kabat E. A. 木菠萝 lectin 结合部位糖的特异性.生物化学杂志,1991,7(2): 164.
  - 43 王克夷,李士云,魏尧梅.天花粉凝集素和天花粉胰蛋白酶抑制剂的亲和层析分离和一些性质.生物化学与生物物理学报,1983,15(2): 133.
  - 44 李士云,王克夷.天花粉凝集素的糖结合专一性.生物化学与生物物理学报,1983,15(2): 139.
  - 45 王克夷,李士云.天花粉凝集素的糖结合专一性 II.生物化学与生物物理学报,1983,15(3): 265.
  - 46 潘华珍,李彩华,王克夷等.天花粉凝集素对红细胞补体敏感溶血作用的影响.生物化学与生物物理进展.1984,11(3): 36.
  - 47 董素才,李建新,杨志铭.麦胚凝集素的结构及与专一性糖的相互作用.生物化学与生物物理进展.1987,14(6): 14.
  - 48 孙册,于丽萍.葱属植物的凝集素.生物化学与生物物理学报.1986,18(2): 213.
  - 49 鲍锦库,曾仲奎,周红.黄精凝集素 II 的纯化及部分性质研究.生物化学杂志,1996,12(2): 165.
  - 50 Xian ming Qu, Chun-Fa Zhang, Hirato Komano. Purification of a lectin from the Hemolymph of Chinese Oak silk moth (*Antheraea pernyi*) Pupae. J Biochem. 1987, 101(3): 545.
  - 51 朱政,孙册,沈昭文.脂肪细胞膜凝集素的初步研究.中国科学(B辑),1984,(9): 811.
  - 52 莫汉庆.从猪大网脂肪细胞膜纯化出一个糖蛋白.科学通报,1982,(13): 817.
  - 53 梁雪莲,王克夷.竹叶青蛇凝集素的分离纯化及特性研究.生物化学与生物物理学报,1993,25(5): 575.
  - 54 吴兰如,徐元,黄金荣等.海洋生物中选择素的筛选.海洋药物,1983,(3): 145.
  - 55 苏拔贤,劳子谦,高翔等.广西沿海十三种常见贝类凝集素研究初报.热带海洋,1986,5(1): 81.
  - 56 朱正美,顾天爵.凝集素与细胞凝集: II.细胞膜在凝集反应中的应用.细胞生物学杂志,1982,4(2): 16.
  - 57 朱正美,顾天爵.凝集素与细胞凝集: III.放射受体法测定正常鼠肝及腹水型肝癌细胞的 ConA 受体.细胞生物学杂志,1982,4(3): 20.
  - 58 朱正美,顾天爵.凝集素与细胞凝集: IV.肝癌细胞 ConA “受体”的分析.生物化学与生物物理学报,1982,14(3): 295.
  - 59 马贵斌,杨频.伴刀豆球蛋白 A 中铋(III)和钴(II)之间的能量转移——一种新的金属离子之间距离的探针.生物化学与生物物理进展,1991,18(6): 470.
  - 60 马贵斌,杨频.植物血凝素(PHA)与稀土离子钆(III)作用的研究.生物化学与生物物理学报,1991,23(5): 367.
  - 61 周红,曾仲奎,鲍锦库等.油麻藤种子中凝集素的纯化及性质的研究.生物化学杂志,1996,12(3): 336.
  - 62 王克夷,仲金良,章菁.天花粉凝集素的免疫学研究.生物化学与生物物理学报,1990,22(3): 229.
  - 63 孙建忠,王克夷.天花粉凝集素糖结合性质的研究.生物化学与生物物理学报,1993,24(6): 517.
  - 64 孙建忠,王克夷.天花粉凝集素的荧光光谱研究.生物化学与生物物理学报,1994,26(6): 649.
  - 65 孙建忠,王克夷.天花粉同工凝集素-1 双链的折分和鉴定.生物化学与生物物理学报,1995,27(3): 233.
  - 66 王克夷,郭锰.半夏 (*Pinellia ternata*)凝集素的分离、纯化和在植物中的分布.生物化学杂志,1993,9(5): 544.
  - 67 彭金荣,孙册.蓖麻蚕两种凝集素在蚕体内的出现与分布.昆虫学报,1991,34(2): 135.
  - 68 梁雪莲,王克夷.竹叶青蛇毒凝集素的糖结构性质.生物化学与生物物理学报,1994,26(2): 137.
  - 69 施炜星,孙册.红花菜豆(矮生红花变种)凝集素的生物学作用.生物化学杂志,1995,11(5): 567.
  - 70 施炜星,孙册.红花菜豆凝集素的寡糖顺序分析.生物化学与生物物理学报,1996,28(6): 671.
  - 71 鲍锦库,曾仲奎,周红.黄精凝集素: II.分子稳定性与生物学活性的研究.生物化学杂志,1996,12(6): 747.
  - 72 徐继华,王克夷.凝集素的疏水性质的研究.生物化学与生物物理学报,1991,23(2): 169.
  - 73 王克夷,高尚德,林晓红等.凝集素碎片的糖结合活性.生物化学与生物物理学报,1996,28(2): 124.
  - 74 宋平,熊全沫.黄鳝血清中凝集素的分离纯化及其部分理化性质.水生生物学报,1988,12(3): 279.
  - 75 潘琼婧.内源凝集素与细胞分化和细胞恶化.生物化学与生物物理进展,1989,16(2): 116.

- 76 张世民,吴臣超,陈汉.七种二糖拟糖蛋白的制备及其在肝内源性凝集素组织定位中的作用.生物化学与生物物理进展,1991,18(3):397.
- 77 张世民,崔贞福,吴孟超等.内源性凝集素介导的MTX-拟糖蛋白对肝癌细胞的靶间杀伤作用.生物化学与生物物理进展,1991,18(6):543.
- 78 陈振国,施涓康.植物凝集素固相亲和层析分离胚胎抗原.细胞生物学杂志,1982,4(4):20.
- 79 颜炜群,杨同书,侯立中等.伴刀豆蛋白A对培养静止软骨细胞形态和DNA合成的影响.实验生物学报,1994,27(3):299.
- 80 颜炜群等.促进培养的静止软骨细胞分化.实验生物学报,1994,27(4):429.
- 81 关赛芳,徐世康,陈复华.刀豆球蛋白A亲和双向免疫电泳对人体 $\alpha_1$ 抗胰蛋白酶分子变异体的研究.生物化学与生物物理进展,1984,6(5):39.
- 82 许红,徐颖,张志鸿.麦胚凝集素对红细胞膜阴离子通透性的影响.实验生物学报,1994,27(4):477.
- 83 刘黎,林慧文.荧光标记花生凝集素显示鸡胚视顶盖中视神经纤维发育的时空图象.实验生物学报,1984,17(4):459.
- 84 刘黎,宋秋宝.鸡胚视网膜发育中花生凝集素结合糖蛋白的图谱.实验生物学报,1987,20(1):61.
- 85 顾国彦,洪龙生,蒋傲.林蛙第一次卵裂时细胞表面麦胚和大豆凝集素受体的荧光显微镜观察.实验生物学报,1982,15(3):375.
- 86 顾国彦,张孙华,徐成汤.林蛙卵表面凝集素受体在卵割前和卵割时的运动.实验生物学报,1983,16(4):467.
- 87 顾国彦,洪龙生.凝集素抑制林蛙卵裂沟新膜外露的作用.实验生物学报,1984,17(3):329.
- 88 郭晓慧,刘云英,吕兆启等.糖专一性不同的几种凝集素与以假阴道采精法取绵羊射出精子的作用.生物化学与生物物理学报,1985,17(6):736.
- 89 许兵,纪伟尚,徐怀恕等.麦胚凝集素促进对虾免疫功能初步研究.青岛海洋大学学报,1992,22(4):29.
- 90 孙永莲,马树俊,温原津.美洲商陆对人胎儿胸腺细胞表型的影响.中华微生物学与免疫学杂志,1995,15(5):297.
- 91 黄海东,王晓,沈洁.凝集素美洲商陆对人单核细胞及白血病细胞的HLA-DR分子表达的影响.中国免疫学杂志,1996,12(4):218.
- 92 Dong H D, Kimoto Y, Qian Z C et al. Apoptotic cell death of tumor cells mediated by human peripheral blood monocytes activated by Pokeweed Mitogen Biotherapy. Biotherapy, 1993, 7(7): 1073.
- 93 巨同忠,陈惠黎.用凝集素和非同位素标记底物测定核心 $\alpha-1,6$ 岩藻糖转移酶及其应用.生物化学杂志,1996,12(1):47.
- 94 孙建忠,王克夷.天花粉凝集素的固定化及其应用.生物化学杂志,1995,11(5):574.
- 95 堀贯治著.海藻凝集素(二).刘长发译.中国海洋药物,1996,(1):52.
- 96 Rogen D J et al.海藻凝集素.黄方吕节译.中国海洋药物,1991,(2):54.
- 97 许凤浩,刘在贵.人溃疡型胃癌中结合 $\beta$ -半乳糖苷凝集素的分离纯化.生物化学与生物物理进展,1993,20(5):390.
- 98 孙册,朱政,莫汉庆.凝集素.北京:科学出版社,1986.20-51.
- 99 林玉满.小葱凝集素的纯化和部分性质研究.生物化学杂志,1995,11(6):743.
- 100 程昕,唐富良,刘守安等.沙克沙豆凝集素的分离纯化及其性质的研究.安徽医科大学学报,1992,(1):5.
- 101 徐继华,王克夷.羊水中凝集素的分离和初步鉴定.生物化学与生物物理学报,1993,25(1):27.

(责任编辑:蒋汉明)