

УДК 615.322 : 615.07

В. О. Антонюк^{1,2}¹ Інститут біології клітини НАН України² Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

ЛЕКТИНИ: ПОШИРЕННЯ І ФУНКЦІЯ В ЖИВИХ ОРГАНІЗМАХ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАГОТІВЛІ СИРОВИНИ

Зроблений короткий огляд власних робіт та наукових даних щодо поширення лектинів у вищих рослинах, у справжніх грибах і тваринних організмах. Розглянуті особливості розподілу лектинів за органами у рослин, зміни у їх активності в процесі вегетації, кількісний вміст лектинів у різних органах та родин, їх фізіологічна роль та особливості заготівлі сировини. Також акцентується увага на відмінностях при заготівлі сировини для очистки лектинів із справжніх грибів та органів тварин і на можливому взаємозв'язку вуглеводної специфічності лектинів та їх біологічної функції.

Ключові слова: лектини; поширення; функція; рослини; гриби; тваринна сировина

ВСТУП

Лектини – це група речовин білкової природи неіммунного походження, які володіють властивостями зворотньо і вибірково зв'язувати вуглеводи і вуглеводні детермінанти біополімерів без змін їх ковалентної структури [16]. Інтерес до лектинів з боку фармацевтичної науки проявлявся з моменту їх відкриття, так як вони мають ряд унікальних властивостей, які дозволяють вважати перспективним їх застосування у фармацевтичній та медичній практиці. Однак застосувати лектини у традиційних лікарських формах здебільшого неможливо. У настоях, відварах, настоянках з рослин, які найчастіше використовуються як лікарські форми, лектини не зберігаються. Тому на сьогодні вони знайшли практичне застосування лише у ряді вузькоспеціалізованих медичних галузей, таких як гістологія (виявлення вуглеводних структур на поверхні клітин і тканин) [16, 33], діагностика імунодефіцитних станів і виявлення хромосомних порушень [40], трансплантологія (розділення клітин крові та лімфоїдних клітин, відмінних за антигенними властивостями) [32]. Велика перспектива застосування лектинів у очищенні крові від вірусів [44], патологічно змінених глікопротеїнів [39], у цілеспрямованій доставці ліків до нормальних або патологічно змінених клітин і тканин організму або до інфекційних агентів [37].

ЛЕКТИНИ РОСЛИН

Рослини є найдоступнішим джерелом одержання лектинів, хоча вони знайдені у тварин, мікроорганізмів і вірусів. Теоретично лектини можуть місти-

тись у всіх рослинах і у всіх родин рослинного світу. Однак є родини, де лектини знайдені у великих кількостях, і родини, де вони не знайдені.

Сьогодні виділяють декілька груп еволюційно споріднених лектинів рослин, відокремлених за структурою і функціями. Це лектини бобових [41], хітинозв'язуючі лектини, які вміщують «гевеїнові» домени [38], рибосоминоактивуючі білки типу 2 [34] та манозоспецифічні лектини однодольних [23]. Лектини бобових обмежені родиною *Fabaceae*, в той час як хітинозв'язуючі лектини та рибосоминоактивуючі білки типу 2 знайдені в декількох таксономічно незв'язаних родин рослин.

Лектини можуть міститись в усіх органах рослинного організму, проте найчастіше лектини одержують із насіння. В дозрілому насінні вміст лектинів знаходиться на постійному рівні, воно добре зберігається, а методи очистки лектинів з насіння сьогодні добре розроблені. Перші дослідники лектинів вважали, що лектини знаходяться майже виключно в насіннях і відсутні (або містяться в незначній кількості) в інших органах рослин. Дійсно, в насінні рицини, абруса, канавалії мечоподібної, квасолі, гороху активність лектинів у насінні є значно вищою, ніж в інших органах цих рослин. Насіння є рекордсменом по вмісту лектинів. З 1 кг муки канавалії мечоподібної можна одержати до 26 г конканаваліну А [20]. В інших рослинах вміст лектину є значно нижчим, але може сягати 1-2 г/кг сировини, як у насінні рицини звичайної [9]. Деяко нижчий, але теж значний (в межах 0,5-1 г/кг) вміст лектинів у насінні деяких бобових, зокрема, в насінні квасолі, арахісу, сої, де вони часто є основними запасними білками у насіннях [19].

© Антонюк В. О., 2013

Лектини можуть знаходитися у бульбах, цибулинах або кореневищах. Наприклад, кореневище кропиви (до 1 г/кг) [36] та купини (250-340 мг/кг) [2] є доволі багатим джерелом для одержання лектинів. Так само достатньо багатим джерелом для очистки лектинів (50-500 мг/кг) є цибулини однодольних: амарилісових (підсніжник, білоцвіт, нарцис), лілійних (тюльпан, пізноцвіт) та цибулевих (часник) [9]. У той же час з цілого ряду рослин близьких родин, наприклад, гіацинтових (*Hyacinthella acutiloba* K. Perss.) [12] або з ксантореевих (*Heimerocallis fulva* L.) [13], які містять дуже близькі за властивостями до інших однодольних лектини, з підземних органів можна одержати лише 6-10 мг/кг лектину.

У деяких рослин лектини є головним білком підземних органів, наприклад, у рослин родини ароїдних [47] або у бульбах важливої сільськогосподарської культури тропіків – таро (*Colocasia esculenta*) [42]. Однак іноді лектини одержують з сировини, в якій їх незначна кількість. Наприклад, з бульб картоплі або з плодів помідора. Це пояснюється доступністю і дешевизною самих рослин (сировини), які є важливими сільськогосподарськими культурами. Лектин зародків пшениці є доступним і одним з найдешевших лектинів, хоча самі зародки становлять лише 1/20 зернівки пшениці і вміст у зародках зaledве сягає 1%. Це пояснюється головним чином добре розробленою в мукомольному виробництві технологією відокремлення зародків пшениці в промислових масштабах.

У деяких рослин спостерігається значно вища активність лектинів в інших органах. Наприклад, співвідношення активності екстрактів різних органів *Laburnum anagyroides* таке: кора – насіння – листки – зелені оплодні – 1024:8:1:2 [5]. У *Sarothamnus scoparius* маємо таке співвідношення активності екстрактів кора – насіння – листки – квіти – 512:64:1:1. Гемаглютинуюча активність в екстрактах кори, листків і плодів бузини співвідноситься як 128:1:1 [6]. Зрозуміло, що у цих рослин кора рослин є значно вигіднішим джерелом одержання лектинів.

Однак у органах рослин активність лектинів і відповідно їх вміст сильно залежать від фази вегетації. Особливо це помітно у корі та листі.

Нами виявлені наступні загальні закономірності у змінах активності лектинів у річному циклі розвитку рослин [9]:

- у насінні активність лектинів зростає в міру їх дозрівання;
- у корі деревних і кущових видів рослин активність лектинів не постійна і зростає під час весняного сокоруху, досягаючи максимуму в момент розпускання бруньок листків або в деяких рослин в моменти максимального росту суцвіть. У літній період активність лектинів у корі є найнижчою, а далі зростає до моменту дозрівання насіння, залишаючись на високому, відносно постійному рівні в зимовий період;

- з ростом листків активність лектинів у них знижується, а з початком їхнього повноцінного функціонування вона зростає, залишаючись на відносно постійному рівні протягом літа і знижується восени;
- різні вегетативні органи рослин можуть містити лектини або ізолектини неоднакової вуглеводної специфічності. Окрім того, один і той же орган рослини може містити декілька лектинів або ізолектинів різної вуглеводної специфічності;
- у деяких рослин у різні періоди вегетації екстракти одного і того ж органу можуть проявляти різну вуглеводну специфічність.

Подібний характер змін лектинів рослин відмічали також і інші автори. Наприклад, у тюльпана лектин знаходиться переважно в цибулинах. В момент їх садіння абсолютна концентрація лектину однакова в усіх лусках. У процесі росту і підготовки рослин до цвітіння концентрація лектину швидко зменшується у внутрішніх лусках, а згодом – і в зовнішніх. Зразу ж після цвітіння лектин швидко накопичується в нових дочірніх цибулинах. Вміст лектину в листках і стеблах незначний. У тканинах цих частин рослини протягом перших двох тижнів після висадки він синтезується в незначних кількостях, після чого спостерігається швидке зниження вмісту лектину перед цвітінням. Під час цвітіння весь лектин зникає з надземних частин тюльпану [46].

Виявлений характер змін активності та пов'язана з нею кількість лектинів у рослинах дозволяє висловити припущення, що такі лектини виконують транспортну функцію – транспортують вуглеводні речовини по флоемі, а також відіграють визначну роль у накопиченні вуглеводних речовин у насінні. І дійсно, в насінні *Canavalia ensiformis*, *Vicia faba*, *Vicia sativa*, *Ricinus communis* були знайдені глікопротеїни, асоційовані з лектином цих насінин [27]. У процесі проростання і росту рослин ці глікопротеїни з'являються в їх коренях.

Листки зрідка слугують основним джерелом для одержання лектинів. Зазвичай у листках знаходиться незначна їхня кількість. Однак у випадку цінності лектину листки можуть слугувати основним сировинним джерелом. Наприклад, листки горошку однопарного (*Vicia unijuga*) можуть бути використані для одержання цінного анти-N специфічного лектину [35], а з листків омели білої одержують цитотоксичний протипухлинний лектин [29]. Перспективними є лектини листків розхідника (*Glechoma hederacea*) [48] та листків алое [49].

У флоемному соку гарбузових (гарбуза, дині, огірка) міститься два основні білки, одним з яких є лектин. Інші білки містяться в незначній кількості. Однак для його очистки необхідно попередити швидку гелізацію флоемного соку, що неможливо без спеціальних реактивів [24].

У генеративних органах деяких рослин концентрується значна кількість лектинів. Ці роботи з ви-

вчення фізіологічної ролі лектинів у специфічній взаємодії пилку і маточки були започатковані проф. Є.Л.Голінською у Києві [15]. Зокрема, було виявлено, що у приймочках маточки примули зворотньоконоїчної (*Primula obconica*) міститься висока концентрація лектину, проте лектин не виявлено в інших частинах рослини. Цей лектин відіграє важливу роль у забезпеченні специфічності взаємодії між пилком і маточкою квітки рослин одного виду, тому пилок одного виду не здатний запилювати маточку іншого виду [15]. Ці дослідження були продовжені іншими авторами. Наприклад, у пилку *Nicotiana tabacum* L. були виявлені лектини, що беруть участь у взаємодії між пилком і маточкою [17].

Ми виявили лектин у спорах хвоща польового. Активність лектину у спорах була у 90-100 разів вищою, ніж у спороносних стеблах цієї рослини. У літніх, вегетуючих стеблах хвоща польового лектину взагалі не виявлено [10].

Корені вищих рослин можуть вміщувати лектини, хоча їх відносно рідко використовують як сировинне джерело для їх одержання. Найбільший інтерес представляють роботи з вивчення фізіологічної ролі лектинів коренів бобових рослин та їхньої участі у формуванні симбіозу з бульбочковими бактеріями. Така взаємодія необхідна для активного зв'язування атмосферного азоту і підвищення врожайності сільськогосподарських рослин. Встановлено, що штами бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* специфічно інфікують бобові рослини лише певних видів і ступінь їх взаємодії корелює з взаємодією лектину коренів рослин із ліпополісахаридами мікроорганізмів [21]. Симбіоз між бактеріями і рослиною можливий не тільки для рослин родини бобових. Як і для рослин родини бобових, симбіоз між азотофіксуючими бактеріями *Azospirillum brasilense* та коренями пшениці має важливе практичне значення – результатом його є значне підвищення врожайності [14].

Молекулярні, біохімічні, фізіологічні та еволюційні аргументи засвідчують, що лектини можуть відігравати певну роль у захисті рослин. Головний аргумент на користь цієї ролі – спостереження, що лектини рослин зв'язують глікокон'югати інших організмів. Хоча чимало рослинних лектинів здатні зв'язувати прості вуглеводи (типу глюкози, манози або галактози), вони мають значно вищу афінність до олігосахаридів, які нехарактерні або цілком відсутні у рослин. Наприклад, хітинозв'язуючі лектини рослин розпізнають вуглевод, що є типовим елементом стінки клітини грибів і зовнішнього скелету безхребетних. Так само сіалоспецифічні лектини видів бузини (*Sambucus* sp.) [43] *Maackia amurensis* [30] зв'язуються з набагато вищою афінністю з вуглеводом, який відсутній у рослин, але є головним компонентом вуглеводної частини тваринних глікопротеїнів.

Переважає асоціація лектинів з тими частинами рослин, які є найбільш чутливими до нападу чужо-

рідних організмів – також аргумент на користь цієї ролі. Органи, що накопичують запасні речовини, передусім насіння, особливо вразливі, тому що вони найбільш привабливі для потенційних паразитів і хижаків. Беручи до уваги еволюційну адаптацію рослин, можна припустити, що вони розвинули пасивні системи захисту запасних органів і насіння. З цього погляду переважне нагромадження лектинів у типових запасуючих органах є, звичайно, показовим. Чимало з цих лектинів присутні у значних кількостях і, можливо, крім захисної у насінні виконують і функцію накопичення резервного азоту. Однак найбільш обґрунтованим є висновок, що функція лектинів є різною у різних органах і тканинах рослинного організму.

При заготівлі рослинної сировини з метою одержання лектинів слід дотримуватись тих самих правил, що і при заготівлі і сушінні лікарських рослин. Відмінним є те, що у трав'янистих рослин максимальна кількість лектинів досягається у період їх інтенсивного росту, це, як правило, весною, а під час цвітіння спостерігається мінімальна кількість лектинів у сировині, крім того, сушку необхідно здійснювати при температурі не вище +60°C.

При визначенні практичної цінності лектинів дуже часто звертають увагу на деякі інші їхні характеристики, насамперед, на їхню вуглеводну специфічність, яка є важливою функціональною характеристикою лектинів, що найчастіше визначає перспективи їх подальшого застосування.

ЛЕКТИНИ СПРАВЖНІХ ГРИБІВ

Справжні гриби хоча часто і містять лектини у значній кількості, рідко служать джерелом їхнього одержання. Головною причиною є непостійність сировинної бази та складність їхньої переробки. Лише окремі з них, які легко піддаються промислому вирощуванню, служать джерелом одержання лектинів. Наприклад, лектини одержують з плодівих тіл печериці та алеврії – грибів, які можна легко вирощувати. Останній гриб, за нашими спостереженнями, легко сушити, причому активність лектинів після сушки не знижується [1]. Водночас гриби, які мають масивні плодіві тіла, при висушуванні можуть втрачати значну кількість лектинів. Наприклад, ми помітили, що при висушуванні гриба дубовика (*Boletus luridus*) втрачалось до 90% лектинової активності [4]. Деякі базидіомікотові гриби взагалі втрачають лектинову активність після висушування або навіть після заморожування плодівих тіл. До них відносяться лектини великої родини *Russulaceae*, яка вміщує лише два роди, але з високою лектиновою активністю – *Russula* і *Lactarius*. Як було нами встановлено, це пов'язано з особливостями молекулярної будови цих лектинів. Вони мають незвичну для білків гексамерну будову, зв'язок між окремими поліпептидними ланцюгами є дуже слабким [18]. Лектин з рідкісною специфічністю до N-гліколінейрамінової кисло-

ти був виявлений в плодових тілах гриба *Hericium erinaceum*, але його одержання і використання на штовхнулося на значні труднощі через крайню нестійкість його молекули до змін рН. Його молекула стійка лише у вузькому значенні рН 6-8 [28].

З деяких грибів лектини з екстрактів необхідно дуже швидко вилучати через швидке зниження у них активності. До них належить фукозоспецифічний лектин *Peziza badia* [3].

В той же час лектини грибів часто містять лектини рідкісної вуглеводної специфічності або з властивостями, які не зустрічаються у рослин. Наприклад, ми з базидіом *Amanita virosa* Secr. та *Muscena pura* /Fr./ Kumm одержали лектини з гемолітичними властивостями, які крім того виявляли сильну антимікробну дію проти ряду мікроорганізмів [11, 22]. Однак одержувати подібні лектини необхідно із свіжих грибів без їх висушування і тривалого зберігання через швидкий протеоліз грибного матеріалу, що є у багатьох випадках проблематичним. Крім того, у плодових тілах базидіомікозових грибів відбуваються дуже швидкі зміни кількості лектинів, тому їх потрібно заготовляти молодими у період їх росту. Ми спостерігали, що в межах навіть однієї грибниці у різних екземплярах грибів *Lactarius pergamenus* гемаглютинуюча активність їх екстрактів відрізнялась більше, ніж у 256 разів [18]. Тому заготовля старих плодових тіл грибів для одержання лектинів є недоцільною.

ЛЕКТИНИ ТВАРИННИХ ОРГАНІЗМІВ

Поряд з рослинами лектини знайдені і у тваринному матеріалі. Прикладами таких лектинів є лектини морських безхребетних, ікри риби, отрути змій. Деякі з них є доволі доступними, випускаються світовими фірмами і є добре дослідженими. Їхня концентрація у відповідних органах тіла тварин часто є доволі високою. Лектини також містяться у багатьох органах ссавців (в т.ч. і людини), як правило, у клітинах імунних органів або клітинах імунного генезу. Через необхідність сепарації таких клітин та їх незначну кількість одержання таких лектинів часто становить значні труднощі. У зв'язку з їх важливою фізіологічною роллю лектини ссавців представляють значний науковий інтерес і сьогодні інтенсивно вивчаються. Наприклад, «асіалоглікопротеїновий рецептор» – мембранний білковий комплекс клітин Купфера, що специфічно розпізнає термінальні β -галактозильні залишки або залишки GalNAc, відіграє дуже важливу роль у процесах специфічної елімінації патологічно змінених клітин (зокрема, пухлинних) та циркулюючих глікопротеїнів у ссавців [45].

Одним з найвідоміших і найдоступніших тваринних лектинів є лектин виноградного равлика (*Helix pomatia* L.). Цей високоспецифічний до A_1 -групспецифічної речовини крові людини та N-ацетил-D-галактозаміну лектин міститься у високій концентрації

у статевій залозі равлика, але його кількість змінюється в різні періоди його життя. За нашими спостереженнями кількість лектину є максимальною весною до відкладання яєць і мінімальною восени [9]. Очевидно, цей лектин відіграє якусь важливу роль у процесі розмноження або відкладання яєць равлика. Два лектини різної специфічності містяться у статевій залозі садового равлика (*Cepaea hortensis*) та близькоспорідненого виду деревного равлика (*C. nemoralis*), зміни у кількостях лектинів у статевій залозі яких, за нашими спостереженнями відбуваються аналогічним чином. У більш високоорганізованих тварин – слизнів лектини містяться як у внутрішніх органах (печінці), так і у шкірі [31]. Однак нічого невідомо про фізіологічну функцію лектинів шкіри та можливі зміни в активності лектину у різні періоди життя слизнів.

Багатим джерелом лектинів є ікра прісноводних і морських риби. Серед них зустрічаються лектини з рідкісною специфічністю. Наприклад, з ікри річкового окуня (*Perca fluviatilis* L.) [8] та судака (*Lucioperca lucioperca* /L./) [7] можна одержати лектини з рідкісною специфічністю до L-фукози. Дуже цікавим фактом є те, що у двох екологічних підвидів окуня – трав'яного і глибинного ікра відрізняється ізолектиновим складом. У трав'яного окуня у складі ікри є ізоформи лектину, які реагують з целобіозою та з целулозою з високою афінністю [8]. Лектини ікри риби за фізико-хімічними властивостями не відрізняються від більшості відомих лектинів. Як правило, вони достатньо стійкі до змін рН (4-10) і нагрівання до +60°C, а іноді і вище.

Лектини містяться в отруті змій часто у високій концентрації. Вони відносяться до так званих С-типу лектинів і чинять геморагічний ефект. Значна кількість С-типу лектинів з отрути змій відзначається впливом на фактори коагуляції або на тромбоцити. Діючи на тромбоцити, вони їх пригнічують або активізують, зв'язуючись із специфічними тромбоцитарними рецепторами GPIIb, $\alpha_2\beta_1$, і GPVI [25]. Були спроби використання лектинів С-типу з отрути змій в якості антитромботичних речовин, так як здатні блокувати взаємодію між фактором Віллебранда і тромбоцитами. Однак, коли есхідетин (С-типу лектин) з отрути піщаної ефи (*Echis carinatus*) чи інші подібні лектини отрути змій вводились лабораторним тваринам для вивчення їх ефекту in vivo, часто спостерігалась значна тромбоцитопенія. Це явище залишилось нез'ясованим [26]. Яка ж біологічна функція лектинів отрути змій? Зрозуміло, що вони є зброєю агресії, оскільки допомагають змії вполювати здобич. Лектини С-типу в зміях родини *Viperidae* і *Crotalidae* зумовлюють різноманітні геморагічні ефекти, що підсилює дію зміїної отрути. Зрозуміло, що незважаючи на високий вміст лектинів у отруті змій, їх одержання доступне лише високоспеціалізованим лабораторіям.

ВИСНОВКИ

Лектини – речовини білкової природи, які селективно зв'язують вуглеводи, є речовинами первинного синтезу і присутні у всіх царствах, типах і класах живих організмів. В окремих випадках вони здатні накопичуватись в органах і тканинах у високих концентраціях. Це пов'язано з їх біологічною функцією у цих органах і корелює з вуглеводною специфічністю. У рослин, грибів і тварин концентрація лектинів дуже змінюється в залежності від фази вегетації рослини, стадії розвитку організму або функціонального призначення органу. Окремі лектини відзначаються високою лабільністю і впливом до факторів зовнішнього середовища. Все це необхідно враховувати при заготівлі сировини з метою одержання лектинів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Антонюк В. А. Использование маннофукогалактана из *Phellinus igniarius* (L:Fr.) Quell для очистки лектина *Aleuria aurantia* (Fr.) Tekl. / В. А. Антонюк // Микол. и фитопатол. – 1990. – Т. 24, № 6. – С. 538-542.
2. Антонюк В. А. Лектины из купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.). Очистка, свойства и получение производных, меченных пероксидазой и коллоидным золотом / В. А. Антонюк // Биохимия (М.). – 1992. – Т. 57, № 12. – С. 1847-1854.
3. Антонюк В. А. Очистка и частичная характеристика фукозоспецифичного лектина из плодовых тел *Peziza badia* Merat. / В. А. Антонюк // Биохимия (М.). – 1997. – Т. 62, № 8. – С. 983-987.
4. Антонюк В. А. Очистка и частичная характеристика лектина из гриба дубовика оливково-бурого (*Boletus luridus* Fr.) / В. А. Антонюк // Микол. и фитопатол. – 1997. – Т. 31, №1. – С. 35-41.
5. Антонюк В. А. Сезонные изменения титра гемагглютинации и средства к углеводам экстрактов растений, содержащих фукозоспецифичные лектины / В. А. Антонюк, М. Д. Луцик, Л. Я. Ладная // Физиол. растений. – 1982. – Т. 29, вып. 6. – С. 1219-1224.
6. Антонюк В. А. Фитолектины во флоре УССР и специфичность связывания ими углеводов / В. А. Антонюк, М. Д. Луцик, Л. Я. Ладная // Растит. ресурсы. – 1983. – № 2. – С. 151-159.
7. Антонюк В. О. L-фукозоспецифичний лектин ікри судака (*Lucioperca lucioperca* L.): очистка та вивчення вуглеводної специфічності / В. О. Антонюк // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, № 2. – С. 60-64.
8. Антонюк В. О. Очищення лектину з ікри окуня (*Perca fluviatilis* L.), специфічного до целобіози та вивчення його властивостей / В. О. Антонюк // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, №1. – С. 72-77.
9. Антонюк В. О. Лектини та їх сировинні джерела. – Львів: Кварт, 2005. – 554 с.
10. Антонюк В. О. Вуглеводна специфічність лектинів рослин роду хвощ / В. О. Антонюк, О. Л. Дубицький // Укр. біохім. журн. – 2002. – Т. 74, № 3. – С. 93-96.
11. Антонюк В. О. Дослідження гемолітичної та антимікробної дії лектинів отруйних грибів *Amanita virosa* Secr. та *Muscena pura* /Fr./ Kumm. / [В. О. Антонюк, О. О. Немченко, І. В. Тимчук та ін.] // Біополімери і клітина. – 2010. – Т. 26, №1. – С. 29-35.
12. Антонюк В. О. Новий манозоспецифічний лектин з кореневищ лілійника рудуватого (*Heimerocallis fulva* L.): очистка та властивості / В. О. Антонюк, Л. В. Панчак, М. О. Старикович, Р. С. Стойка // Укр. біохім. журн. – 2013. – Т. 85, № 2. – С. 27-32.
13. Антонюк В. О. Очистка і характеристика нового манозоспецифічного лектину з цибулин гіацинтка гостролопатевого (*Hyacinthella acutiloba* K. Perss.) / [В. О. Антонюк, Л. В. Панчак, М. О. Старикович та ін.] // Biotechnol. Acta. – 2013. – Т. 6, №3. – С. 69-74.
14. Антонюк Л. П. Лектин пшеницы как фактор растительно-микробной коммуникации и белок стрессового ответа / Л. П. Антонюк, Н. В. Евсеева // Микробиол. – 2006. – Т. 75, № 4. – С. 544-549.
15. Гольнская Е. Л. Фитогемагглютинины генеративных органов и их возможное участие в реакции распознавания при взаимодействии пыльцы и пестика. В кн.: Молекулярная биология / Е. Л. Гольнская. – К.: Наукова думка, 1979. – С. 34-41.
16. Луцик А. Д., Детюк Е. С., Луцик М. Д. Лектины в гистохимии. – Львов: Вища шк., 1989. – 142 с.
17. Матвеева Н. П. Выявление лектинов оболочки пыльцевого зерна *Nicotiana tabacum* L, стимулирующих прорастание in vitro / [Н. П. Матвеева, Е. А. Лазарева, Т. П. Клюшник и др.] // Физиол. растений. – 2007. – Т. 54, № 5. – С. 699-706.
18. Панчак Л. В. Очистка лектина из плодовых тел *Lactarius pergamenus* (Fr.) Fr и изучение его свойств / Л. В. Панчак, В. А. Антонюк // Биохимия (М.). – 2011. – Т. 76, №4. – С. 537-550.
19. Хомутовский О. А., Луцик М. Д., Передерей О. Ф. Электронная гистохимия рецепторов клеточных мембран. – К.: Наукова думка, 1986. – 168 с.
20. Agrawal B. V. L. Specific binding of concanavalin A to cross-linked dextran gels / B. V. L. Agrawal, I. J. Goldstein // Biochem. J. – 1965. – Vol. 96. – P. 23-25.
21. Allan D. J. The roles of extracellular proteins, polysaccharides and signals in the interactions of rhizobia with legume roots / D. J. Allan // FEMS Microbiol. Rev. – 2010. – Vol. 34, № 2. – P. 150-170.
22. Antonyuk V. O. Cytotoxic proteins of *Amanita virosa* Secr. mushroom: purification, characteristics and action towards mammalian cells / V. O. Antonyuk, O. Yu. Klyuchivska, R. S. Stoika // Toxicol. – 2010. – Vol. 55. – P. 1297-1305.
23. Barre A. Structure-Function Relationship of Monocot Mannose-Binding Lectins / [A. Barre, E. J. M. Van

- Damme, W. J. Peumans, P. Rouge] // *Plant Physiol.* – 1996. – Vol. 112. – P. 1531-1540.
24. Bostwick D. E., Skaggs M. I., Thompson G. A. Organization and characterization of Cucurbita phloem lectin genes / D. E. Bostwick, M. I. Skaggs, G. A. Thompson // *Plant Mol. Biol.* – 1994. – Vol. 26, № 3. – P. 887-897.
 25. Clemetson K. J. Multifunctional snake C-type lectin affecting platelets / [K. J. Clemetson, A. Navdaev, D. Dormann et al.] // *Haemostasis.* – 2001. – Vol. 31, № 3-6. – P. 148-154.
 26. Fujimura Y. Snake venom proteins modulating the interaction between von Willebrand factor and platelet glycoprotein Ib. / Y. Fujimura, T. Kawasaki, K. Titani // *Thromb. Haemostasis.* – 1996. – Vol. 76. – P. 633-639.
 27. Gansera R. Lectin-associated proteins from seeds of leguminosae / R. Gansera, H. Shura, H. Rüdiger // *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.* – 1979. – Vol. 360, № 11. – P. 1579-1585.
 28. Gong M. Effects of Denaturation and Amino Acid Modification on Fluorescence Spectrum and Hemagglutinating Activity of *Herichium erinaceum* Lectin / [M. Gong, J. An, H.-Z. Lu et al.] // *Acta Biochimica et Biophysica Sinica.* – 2004. – Vol. 36, № 5. – P. 343-350.
 29. Kienle G. S. Review Article: Influence of *Viscum album L* (European Mistletoe) Extracts on Quality of Life in Cancer Patients: A Systematic Review of Controlled Clinical Studies / G. S. Kienle, H. Kiene // *Integr. Cancer Ther.* – 2010. – Vol. 9, № 2. – P. 142-157.
 30. Knibbs R. N. Characterization of the carbohydrate binding specificity of the leucoagglutinating lectin from *Maackia amurensis* / [R. N. Knibbs, I. J. Goldstein, R. M. Ratcliffe, N. Shibuya] // *J. Biol. Chem.* – 1991. – Vol. 266, № 1. – P. 83-88.
 31. Kurachi S., Song Z., Takagaki M. et al. Sialic-acid-binding lectin from the slug *Limax flavus* – cloning, expression of the polypeptide, and tissue localization / [S. Kurachi, Z. Song, M. Takagaki et al.] // *Eur. J. Biochem.* – 1998. – Vol. 254, № 2. – P. 217-222.
 32. Li L. Lectin-aided separation of circulating tumor cells and assay of their response to an anticancer drug in an integrated microfluidic device / [L. Li, W. Liu, J. Wang, Q. Tu et al.] // *Electrophoresis.* – 2010. – Vol. 31, № 18. – P. 3159-3166.
 33. Lutsyk A. D. Diabetic alteration versus postnatal maturation of rat kidney glycoconjugates: a comparative detection by lectin probes / A. D. Lutsyk, N. A. Ambarova, V. O. Antonyuk // *Folia histochemica et cytobiologica.* – 2013. – Vol. 51, № 1. – P. 10-20.
 34. Ng T. B. Recent Progress in Research on Ribosome Inactivating Proteins / T. B. Ng, J. H. Wong, H. Wang // *Current Protein and Peptide Sci.* – 2010. – Vol. 11, № 1. – P. 37-53.
 35. Ohyama K. Investigation of *Vicia graminea* lectin- and *Vicia unijuga* lectin-binding glycoproteins as novel oncofetal antigens in cyst and ascitic fluids of human ovarian tumors in benign, dysplastic, and malignant stages / [K. Ohyama, K. Yanag, S. Hayashi et al.] // *Cancer Detect/ Prev.* – 1997. – Vol. 21, № 4. – P. 304-311.
 36. Peumans W. I. An unusual lectin from stinging nettle (*Urtica dioica*) rhizomes / W. I. Peumans, Marc De Ley, W. F. Broekaert // *FEBS Lett.* – 1984. – Vol. 177, № 1. – P. 99-103.
 37. Rabia H. Lectin-Mediated Therapeutics / H. Rabia // *IOSR J. of Pharmacy.* – 2012. – Vol. 2, № 4. – P. 22-28.
 38. Raikhel N. V. Structure and function of chitin-binding proteins / N. V. Raikhel, W. F. Broekaert // *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1993. – Vol. 44. – P. 591-615.
 39. Rambaruth N. D. S. The lectin *Helix pomatia* agglutinin recognizes O-GlcNAc containing glycoproteins in human breast cancer / N. D. S. Rambaruth, P. M. Greenwell, M. V. Dwek // *Glycobiol.* – 2012. – Vol. 22, № 6. – P. 839-848.
 40. Sachdeva M. U. Philadelphia chromosome detection in chronic myeloid leukemia: Utility of phytohemagglutinin-stimulated peripheral blood culture / [M. U. Sachdeva, N. Varma, K. S. Rana, S. Varma] // *Ind. J. Pathol. Microbiol.* – 2012. – Vol. 55, № 2. – P. 196-201.
 41. Sharon N. Lectins: Carbohydrate-specific Reagents and Biological Recognition Molecules / N. Sharon // *J. Biol. Chem.* – 2007. – Vol. 282. – P. 2753-2764.
 42. Shewry P. R. Tuber Storage Proteins / P. R. Shewry // *Ann. Bot. (London).* – 2003. – Vol. 91, № 7. – P. 755-769.
 43. Shibuya N. The elderberry (*Sambucus nigra L.*) bark lectin recognizes the Neu5Ac(a2-6)Gal/GalNAc sequence / [N. Shibuya, W. F. Goldstein, W. F. Broekaert et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1987. – Vol. 262, № 4. – P. 1596-1601.
 44. Tullis R. H. Modeling Hepatitis C Virus Therapies Combining Drugs and Lectin Affinity Plasmapheresis / [R. H. Tullis, R. P. Duffin, T. E. Ichim et al.] // *Blood Purif.* – 2010. – Vol. 29. – P. 210-215.
 45. Ueno S. Asialoglycoprotein Receptor Promotes Cancer Metastasis by Activating the EGFR-ERK Pathway / [S. Ueno, M. Mojic, Y. Ohashi et al.] // *Cancer Res.* – 2011. – Vol. 71, № 20. – P. 6419-27.
 46. Van Damme E. I. M. Developmental changes and tissue distribution of lectin in tulipa / E. I. M. Van Damme, W. I. Peumans // *Planta.* – 1989. – Vol. 178, № 1. – P. 10-18.
 47. Van Damme E. J. The major tuber storage protein of araceae species is a lectin. Characterization and molecular cloning of the lectin from *Arum maculatum L.* / [E. J. Van Damme, K. Goossens, K. Smeets et al.] // *Plant Physiol.* – 1995. – Vol. 107, № 4. – P. 1147-1158.
 48. Wang W. The Tn antigen-specific lectin from ground ivy is an insecticidal protein with an unusual physiology / [W. Wang, B. Hause, W. J. Peumans et al.] // *Plant Physiol.* – 2003. – Vol. 132, № 3. – P. 1322-1334.
 49. Winters W. D. Immunoreactive lectins in leaf gel from *Aloe barbadensis* Miller // *Phytotherapy Res.* – 1993. – Vol. 7, № 7. – P. 23-25.

УДК 615.322 : 615.07

В. А. Антонюк

ЛЕКТИНЫ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФУНКЦИЯ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ И ОСОБЕННОСТИ ЗАГОТОВКИ СЫРЬЯ

Предложен краткий обзор собственных работ и научных данных о распространении лектинов в высших растениях, настоящих грибах и животных организмах. Рассмотрены особенности распределения лектинов по органам растений, изменение их активности в процессе вегетации, количественное содержание лектинов в различных органах и семействах, их физиологическая роль и особенности заготовки сырья. Также акцентируется внимание на отличиях при заготовке сырья для очистки лектинов из настоящих грибов и органов животных, на возможной взаимосвязи углеводной специфичности лектинов и их биологической функции.

Ключевые слова: лектины; распространение; функция; растения; грибы; животное сырьё

UDC 615.322 : 615.07

V. O. Antonyuk

LECTINS: DISTRIBUTION AND FUNCTION IN LIVING ORGANISMS AND PECULIARITIES OF THE PROCUREMENT OF RAW MATERIALS

It has been suggested brief overview of personal investigations and scientific data on the distribution of lectins in higher plants, true fungi and animals. Peculiarities of distribution of lectins in plant organs, changes of their activity during vegetation, quantitative content of lectins in various organs and families, their physiological role and peculiarities in harvesting raw materials are considered. Our attention was focused on differences in the harvesting of raw materials for purification lectins from true fungi and organs of animals, on the possible relationship of carbohydrate specificity of lectins and their biological function.

Key words: lectins; distribution; function; plants; fungi; animals; raw materials

Адреса для листування:
79005, м. Львів, вул. Драгоманова, 14/16.
Інститут біології клітини НАН України.
Тел. (032) 786-64-64.

Надійшла до редакції:
26.11.2013 р.