

УДК 57.017.35:633.31/.37

<sup>1</sup>Э.Д. Джангалина\*, <sup>1</sup>Б.А. Жумабаева,  
<sup>1</sup>З.Г. Айташева, <sup>2</sup>Н.Е. Павловская, <sup>2</sup>И.Н. Гагарина,  
<sup>1</sup>А.Б. Джаксыбаева

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Орловский государственный аграрный университет, Россия, г. Орел  
\*E-mail: Erika.Dzhangalina@kaznu.kz

### **Изучение белковых компонентов зернобобовых культур и их использование в биотехнологии**

Представлен краткий обзор литературных данных по изучению белковых компонентов зерно-бобовых культур, в частности лектинов. Проведенный анализ отечественных и зарубежных литературных источников показал, что лектины выполняют такие важные функции в растительном организме, как участие в защитных реакциях, регулирующих устойчивость к насекомым, вредителям и фитопатогенным грибам, являются одним из главных компонентов при межклеточных и симбиотических взаимодействиях, обладают иммуностимулирующими свойствами, оказывают инсулиноподобное и радиотерапевтическое действие. Одним из современных направлений сельскохозяйственной биотехнологии является использование белковых компонентов растений для создания экологически безопасных комплексных биопрепаратов на основе биологически активных веществ, полученных с помощью методов культуры клеток и тканей растений.

**Ключевые слова:** зернобобовые культуры, фасоль, лектины, защита растений, биопрепараты.

E.D. Dzhangalina, B.A. Zhumabayeva, Z.G. Aytasheva, N.E. Pavlovskaya,  
I.N. Gagarina, A.B. Dzhaksybaeva

### **The study of protein components of legumes and their employment in biotechnology**

There is a brief description of literature about studying the protein components of grain legumes such as lectins. The analysis of local and foreign literature have showed that lectins perform important functions in the plant as participation in defense reactions, regulation resistance to insects, pests, plant pathogenic fungi. Lectins are one of the main components in cell-cell and symbiotic interactions, have immunostimulation properties and radiotherapy effect. The modern direction of agricultural biotechnology is the use of plant protein components to obtain environment friendly complex biological products based on biologically active substances obtained by the cell culture methods and plant tissues.

**Key words:** grain legumes, bean, lectins, plant protection, biopreparation.

Э.Д. Джангалина, Б.Ә. Жұмабаева, З.Ғ. Айташева, Н.Е. Павловская,  
И.Н. Гагарина, А.Б. Жақсыбаева

### **Бұршақ дақылдарының белоктық құрамын зерттеу және оларды биотехнологияда қолдану**

Әдеби деректердің қысқа шолуында бұршақ дақылының лектин белогын зерттеу жұмыстарына арналған. Отандық және шетел әдебиеттері бойынша лектиндер жәндіктерден, зиянкестер мен фитопатогендік саңырауқұлақтардан қорғаныстық реакцияларында қатынасатындығы көрсетілген. Үрмебұршақ лектиндері инсулин тәрізді және радиотерапевтік әсерлерге ие. Заманауи экологиялық қауіпсіз биопрепараттар кешенін жасау бағыттарына лайық биологиялық белсенді заттарды алуға, оқшауланған жасушалар және ұлпалар әдістерін қолдану негізінде алу жатады.

**Түйін сөздер:** дәнді бұршақты дақылдар, үрмебұршақ, өсімдікті қорғау, биопрепараттар.

Зернобобовые занимают исключительное место среди продовольственных культур благодаря уникальному биологическому составу, обусловленному, главным образом, высоким содержанием белка. Интерес к возделыванию зернобобовых в Казахстане обусловлен неустойчивостью цен на зерно и спросом на них на внешних рынках.

Современные сорта этих культур хорошо растут как на плодородных, так и на бедных почвах. Зернобобовые культуры улучшают почву азотом, являются отличными предшественниками для многих культур, надежным и выгодным компонентом в смешанных посевах, что обусловлено их способностью активной фиксации азота и большой засухоустойчивостью.

Одним из основных, жизненно важных компонентов пищи человека и кормов животных является белок. Недостаток его в рационе или его плохое качество нарушают нормальную жизнедеятельность организма и приводят к серьезным отрицательным последствиям. Поэтому ликвидация имеющегося острого дефицита пищевого и кормового белка является насущной, стратегической задачей при организации здорового, научно обоснованного питания населения и кормления животных. Это делает необходимым изыскание новых высокобелковых растительных видов сырья с целью изучения их пищевых и кормовых достоинств.

Многие исследования проводятся на сое, продукты переработки которой широко используются в пищевой промышленности. Однако не меньшего внимания заслуживает и фасоль, которая относится к группе важнейших зернобобовых культур, имеющих большое продовольственное значение, особенно для населения развивающихся стран. Интерес к ним обусловлен неустойчивостью зерновых цен, а также хорошим спросом на бобовые на внешних рынках. В Казахстане фасоль возделывается на зерно и зеленую массу.

Белковые компоненты представляют собой важные составляющие многих сельскохозяйственных культур. Особенно богаты ими зернобобовые культуры. Использование белковых компонентов растений имеет большие перспективы для развития биотехнологии, поскольку диапазон их применения достаточно широк. В настоящее время важным направлением современной биотехнологии является разработка технологии получения биологически активных веществ, в частности, лектинов, которые находят широкое применение в медицине, фарма-

кологии и других отраслях промышленности. Лектины являются ценными биохимическими реагентами, использование которых получает свое развитие в экспериментальной цитохимии, диагностике некоторых заболеваний и в биотехнологических процессах сложных углеводсодержащих веществ. На трансгенных растениях продемонстрирована защитная роль лектинов от насекомых и вредителей [1, 2, 3]. Наряду с участием в защитных реакциях лектины вовлекаются в формирование ответных реакций к абиотическим стрессовым факторам среды. Имеются данные о повышении активности лектинов растений при температурном и солевом стрессе [4, 5], засухе [6]. Более того, некоторые виды бобовых (*Ulexeuropacus*, *Griffoniasimplicifolia*) известны как содержащие два и более лектинов с различными биохимическими свойствами и специфичностью. Например, из некоторых диких видов *Phaseolus vulgaris* выделены лектинподобные запасные белки арцелины, состоящие из двух главных и одного побочного полипептидов [7]. В семенах фасоли *Phaseolus vulgaris*, кроме лектинов, имеются четыре ингибитора протеаз: трипсин, химотрипсин, эластаза или панкреатопептидаз E и субтилпептидаза.

Среди растительных организмов особое внимание уделяется лектинам бобовых растений как объектам взаимодействия высших растений и микроорганизмов. Изучаются вопросы, связанные со структурой лектинов, их расположением в растении и органоидах растительных клеток [8]. Лектины бобовых принимают участие в различных процессах жизненного цикла растений, в частности могут быть медиаторами между азотофиксирующими бактериями и растением-хозяином при формировании симбиотических азотфиксирующих систем и функционировании симбиозов [9]. С помощью гемагглютининов происходит связывание клубеньковых бактерий, что способствует агрегации ризобий в ризосфере растений и в дальнейшем и образованию клубеньков, в которых восстанавливается атмосферный азот [10]. Экзогенные лектины бобовых способны увеличивать адсорбционную активность и вирулентность специфических клубеньковых бактерий [11]. Фасоль является культурой с высокой активностью лектинов. Содержание лектинов в семенах фасоли достаточно велико и составляет 2-10% от общего белка. Содержание ингибиторов в семенах бобовых растений достигает до 5-10% растворимых белков, в частности фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) – 2,0 мг/100 г [12]. Лектины фасоли оказывают

инсулиноподобное и радиотерапевтическое действие, стимулируют пролиферацию лимфоидных клеток, обладают иммуностимулирующими свойствами [13]. Лектины и ингибиторы гидролаз фасоли повышают пероксидазную активность, устойчивость растений к патогенам и фитофагам, повышают урожайность [14]. Российскими учеными на основе лектинов фасоли создан препарат «Лель» для предпосевной обработки семян, который увеличивает энергию прорастания, всхожесть семян, уменьшает зараженность болезнями и вредителями [9].

Известно, что к числу основных мест синтеза и локализации лектинов в растениях, например бобовых и злаков, относятся активно растущие ткани. Поэтому можно сделать предположение о выполнении лектинами важной роли в процессах деления, растяжения и дифференцировки клеток. Однако, несмотря на интенсивное изучение функций лектинов, совершенно отсутствуют данные о механизмах регуляции их активности. В литературе имеются отрывочные и противоречивые сведения, касающиеся возможности вовлечения лектинов вместе с фитогормонами в регуляцию ростовых процессов у интактных растений. В связи с этим представляется актуальным изучение синтеза и накопления лектинов в изолированных клетках и тканях. Это предположение основывается на данных о способности различных лектинов взаимодействовать с фитогормонами и участвовать в гормональной регуляции роста и развития растений [15]. На каллусных культурах пшеницы выяснена роль лектинов в формировании морфогенного типа каллуса и изучены особенности накопления лектинов в присутствии фитогормонов [16]. Исследована динамика лектиновой активности каллусов сахарной свеклы, инокулированных молликутом *Acholeplasma laidlawii* var. *Granulum*. Активность кислоторастворимых лектинов клеточных культур сахарной свеклы увеличивалась после инфицирования ахолеплазмой [17]. Буяновой А.С. и Ламберовой М.Э. показана эффективность биотехнологического метода улучшения сортов сои за счет ультразвуковой обработки. Показано, что в процессе экстракции из бобов и каллуса сои с помощью ультразвука можно регулировать общее содержание белка и аминокислот, активность ферментов, биосинтетическую активность и улучшать их качество [18].

Одним из современных направлений сельскохозяйственной биотехнологии является использование белковых компонентов растений

для создания экологически безопасных комплексных биопрепаратов на основе биологически активных веществ. Сегодня создан и успешно применяется целый спектр микробиологических препаратов для нужд промышленности, сельского хозяйства, животноводства и охраны окружающей среды [19]. В то же время разработок биопрепаратов растительного происхождения недостаточно. В настоящее время в России разрабатываются системы экологически чистых безотходных технологий получения белковых препаратов из отечественного растительного сырья, такого, как масличные и бобовые культуры, а также из вторичного сырья пищевой промышленности [20]. Эффективность растительных препаратов определяется совокупностью и биологической активностью многих лекарственных растений и свойств химических веществ, входящих в их состав. Биологическую активность растительных терапевтических средств можно повысить за счет разработки комплексных препаратов на основе специально подобранных растительных композиций. Белки семян фасоли, содержащие ингибиторы протеина, рассматриваются, например, как потенциальные антиканцерогенные протеины [21].

Современным направлением для создания экологически безопасных комплексных биопрепаратов с ростостимулирующей и фунгицидной активностью является разработка методов выделения ценных биологически активных веществ из изолированных клеток и тканей растений. Преимущество использования каллусных и суспензионных культур для выделения БАВ определяется высокой продуктивностью культивируемых клеток и тканей, возможностью осуществления технологии в течение всего года, а также использованием растений, не произрастающих в данных природных условиях. Существующие при этом проблемы связаны с целенаправленным выбором растительных объектов и оптимизацией всех стадий технологического процесса, направленных на получение биологически активных веществ, стабильно сохраняющих активность. В связи с этим актуальным представляется разработка биотехнологии получения препаратов из растительного сырья, с максимальным содержанием комплекса биологически активных веществ, обеспечивающих высокую эффективность при биологическом методе защиты растений. Экологизация сельского хозяйства за счет применения биологических средств защиты способствует увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур и

является одним из важных путей решения продовольственной проблемы. Основное назначение биопрепаратов – сокращение и отказ от использования химически вредных веществ в промышленности, сельском хозяйстве и переход на ресурсосберегающие, экологически чистые и безопасные технологии.

Применение фитопрепаратов в комплексе с современной агротехникой позволит наиболее полно использовать не только потенциал земли, но и биологический потенциал самих растений. Химические и биотехнологические мировые фирмы, специализирующиеся в сфере выпуска биопрепаратов, предлагают большой перечень лектинов, меченых лектинов, ингибиторов и их производных, необходимых для производства средств защиты растений, а также лекарств и диагностикумов [22]. Во многих странах Европы, Японии, США, КНР, России, Украине, Беларуси проводятся как фундаментальные исследования свойств лектинов, так и их использования для получения биотехнологических продуктов нового поколения. Лектины используются в лабораторном деле для диагностики тех или иных наследственных заболеваний, идентификации некоторых микроорганизмов. Это уже само по себе делает на них высокий спрос. Кроме этого, лектины в биотехнологии применяются в качестве специфических реагентов, избирательно сорбирующих те или иные сложные вещества: гликопротеиды, гормоны, сиалопротеиды и т.д. Таким образом, при помощи препаратов лектинов можно получить ценные вещества, используемые при лечении многих тяжелых заболеваний. Перспективно создание нового поколения препаратов – своеобразных гибридов лектинов и антител для воздействия на органы и ткани.

В настоящее время для Казахстана представляют большой теоретический и практический интерес вопросы мобилизации и анализа отечественных растительных ресурсов, в частности перспективных казахстанских сортообразцов фасоли, с целью выявления новых источников получения белковых компонентов для исследования их действия на различных клеточных моделях и дальнейшей биотехнологической переработки.

Однако в настоящее время использование и применение биологического метода в нашей

республике развито недостаточно. Основными проблемами снижения урожайности и качества сельскохозяйственных культур являются низкий потенциал почвы, высокие цены и низкий КПД минеральных удобрений, негативное влияние пестицидных препаратов на растения и почвенные биоты [23].

В настоящее время в Казахстане около 9000 га земель сельскохозяйственных угодий заражено вредителями, более 2,5 млн га – сорными растениями, распространено около 70 видов болезней микробного происхождения. По средствам защиты растений в Казахстане сложилась следующая ситуация: зарегистрировано пестицидов – 370 видов, в т.ч. биопестицидов – 7 видов (1,9%); мировое производство биопрепаратов – около 100 видов, в Казахстане – 2 вида (2%); ежегодный завоз пестицидов в среднем – 11-18 тыс. т, использовано пестицидов в 2008 г. – 23,7 тыс. т, в т.ч. импорт – 21,2 тыс. т (89,5%), отечественных – 2,5 тыс. т (10,5%) [24].

Маркетинговые исследования показывают, что в настоящее время ежегодные потребности внутреннего рынка Республики Казахстан, например, в биопрепаратах для аграрно-промышленного комплекса составляют 8300 тыс. тонн; нефтегазового сектора – более 700 тонн, охраны окружающей среды – более 500 тонн. Однако на сегодняшний день в республике нет налаженного производства биопрепаратов, а существующие потребности решаются за счет импорта из-за рубежа.

Таким образом, анализ литературных данных указывает на перспективность проведения исследований в области изучения белковых компонентов зернобобовых культур, в частности фасоли, для выявления новых перспективных форм, которые могут служить источниками белковых компонентов и разработкой на их основе биотехнологических подходов их идентификации, выделения и использования в различных отраслях сельского хозяйства. Создание фитоиммуномодуляторов, средств защиты растений и лекарственных препаратов с использованием биотехнологических подходов является, безусловно, актуальным, поскольку препараты на основе природных компонентов экологически безопасны и могут заменить химические средства защиты.

## Литература

- 1 Carlini C.R., Grossi-de-Sa M.F. Plant toxic proteins within septicidal properties. on their potentialities as bioinsecticides. A review // *Toxicon*. – 2002. – V. 40. – P. 1515–1539
- 2 Kanrar S., Venkateswari J., Kirti P.B., Chopra V.L. Transgenic Indian mustard (*Brassica juncea*) with resistance to the mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) // *Plant Cell Rep.* – 2002. – V. 20. – P. 976–98
- 3 Wakefield M.E., Bell H.A., Fitches E.C., Edwards J.P., Gatehouse A.M. Effect of Galanthus nivalis agglutinin (GNA) expressed in tomato leaves on larvae of the tomato moth *Lacanobiaoleracea* (Lepidoptera: Noctuidae) and the effect of GNA on the development of the endoparasitoid Meteorus gyrtator (Hymenoptera: Braconidae) // *Bull. Entomol. Res.* – 2006. – V. 96. – P. 43–52
- 4 Комарова Э.Н., Выскребенцева Э.И., Трунова Т.И. Активность лектиноподобных белков клеточных стенок и внешних мембран органелл и их связь с эндогенными лигандами в проростках озимой пшеницы при холодной адаптации // *Физиология растений*. – 2003. – Т. 50. – С. 511–516.
- 5 Тимофеева О.А. Лектины как активный компонент адаптивных реакций озимой пшеницы к неблагоприятным условиям среды [Текст]: автореф. дис. ... кандидата биол. наук: защищена 12.11.2009 / Тимофеева Ольга Александровна. – Казань, 2009. – 39 с. <http://www.dissertcat.com>.
- 6 Singh P.S., Braglal P., Bhullar S.S. Wheat germ agglutinin (WGA) gene expression and ABA accumulation in the developing embryos of wheat (*Triticum aestivum*) in response to drought // *Plant Growth Regul.* – 2000. – V. 30. – P. 145–15.
- 7 Косенко Л.В. Сравнительная характеристика углеводсвязывающих свойств лектинов из семян бобовых растений // *Физиология растений*. – 2002. – Т. 49. – С. 718–724.
- 8 Сытников Д.М., Коць С.Я. Участие лектинов в физиологических процессах растений // *Физиология и биохимия культ. растений*. – 2009. – Т. 47, № 4. – С. 279–296.
- 9 Гагарина И.Н., Павловская Н.Е. Инновационный подход к применению белковых компонентов в биотехнологии // *Вестник ОрелГАУ*. – 2008. – № 1. – С. 36–38
- 10 Мельникова Н.Н., Ковальчук Н.В., Коць С.Я., Мусатенко Л.И. Влияние лектинов семян сои на формирование и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза // *Физиология и биохимия культ. растений*. – 2009. – Т. 41, № 5. – С. 439–446.
- 11 Lodeiro A.R., Lopez-Garcia S.L., Vazquez T.E.E., Favelukes G. Stimulation of adhesiveness, infectivity, and competitiveness for modulation of Bradyrhizobium japonicum by its pretreatment with soybean seed lectin // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2000. – Т. 188. – P. 177–184.
- 12 Павловская Н.Е. Белковый комплекс зернобобовых культур и пути повышения его качества // Орел: ОГАУ, 2003. – 216 с.
- 13 Espinosa J.F., Asensio J.L., Garsia J.L., Laynez J., Bruix M., Wright C., Siebert H.C., Gabius H.J., Canada F.J., Jimenez-Barbero J. NMR investigation of protein–carbohydrate. Binding studies and refined three–dimensional solution structure of the complex between the B domain of wheat germ agglutinin and N,N',N''–triacyetyl–chitotriose // *Eur. J. Biochem.* – 2000. – V. 267. – P. 3965–3978.
- 14 Алексидзе Г.Я., Литвинов В.И., Выскребенцева А.И. Модель организации на мембране тилактоидов цикла Кальвина с участием лектина фотосистемы // *Физиология растений*. – 2002 – Т. 49, № 1. – С. 148–154.
- 15 Rudiger H., Gabius H.-J. Plant lectins: occurrence, biochemistry, functions and applications // *Glycoconi. J.* – 2001. – V. 18. – P. 589–613.
- 16 Шаяхметов И.Ф. Культура клеток и тканей пшеницы *in vitro* и соматический эмбриогенез // [Текст]: дис. ... доктора биол. наук: защищена 2001 / И.Ф. Шаяхметов. – СПб., 2001. – 219 с. <http://www.dissertcat.com>
- 17 Панченко Л.П., Коробкова Е.С., Диденко Г.В., Ястребова Е.В., Малиновская Л.П. Влияние *Acholeplasm alaidlawii* Var. *Granulum* на лектиновую активность каллусов сахарной свеклы // *Микробиол. журн.* – 2011. – Т. 73, № 1. – С. 15–19.
- 18 Буянова А.С., Ламберова М.Э. Исследование влияния ультразвука на отдельные стадии в технологии культуры растительных клеток и тканей *in vitro* III. Биосинтез белков сои // *Химия растительного сырья*. – 2012. – № 3. – С. 163–166.
- 19 Штерншиш М.В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2012. – № 2 (18). – С. 92–100.
- 20 Аникеева Н.В. Научные основы технологий белковых препаратов // *Нива Поволжья*. – 2010. – № 3(16). – С. 1–5.
- 21 Clemente A., Mackenzie D.A., Johnson I.T., Domoney C. Investigation of legume seed protease inhibitors as potential anti-carcinogenic proteins // *5th European Conf. on Grain Legumes*. – 2004. – Dijon–France. – P. 51–52.
- 22 Вершинина З.Р. Использование лектинов бобовых для повышения урожайности культурных растений // *Материалы XV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов-2008*. М., 2008. – Т. I. – Подсекция 1. – С. 12–13.
- 23 Ремеле В.В., Ошанова Д.С. Экологически чистые бактериальные препараты для защиты зерновых культур от грибных болезней // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. – 2012. – № 5. – С. 10–14.
- 24 Noble J.E., Bailey M.J. A. Quantitation of proteins // *Methods in enzymology*. – 2009. – V. 463. – P. 73–95.

## References

- 1 Carlini C.R., Grossi-de-Sa M.F. Plant toxic proteins within secticidal properties. on their potentialities as bioinsecticides. A review // *Toxicon*. – 2002. – V. 40. – P. 1515–1539
- 2 Kanrar S., Venkateswari J., Kirti P.B., Chopra V.L. Transgenic Indian mustard (*Brassica juncea*) with resistance to the mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) // *Plant Cell Rep.* – 2002. – V. 20. – P. 976–98
- 3 Wakefield M.E., Bell H.A., Fitches E.C., Edwards J.P., Gatehouse A.M. Effect of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) expressed in tomato leaves on larvae of the tomato moth *Lacanobiaoleracea* (Lepidoptera: Noctuidae) and the effect of GNA on the development of the endoparasitoid *Meteorus gyator* (Hymenoptera: Braconidae) // *Bull. Entomol. Res.* – 2006. – V. 96. – P. 43–52
- 4 Komarova Je.N., Vyskrebenceva Je.I., Trunova T.I. Aktivnost' lektinopodobnyh belkov kletochnyh stenok i vneshnih membran organell i ih svyaz' s jendogennymi ligandami v prorostkah ozimoy pshenicy pri holodovoy adaptacii // *Fiziologija rastenij*. – 2003. – T. 50. – S. 511-516.
- 5 Timofeeva O.A. Lektiny kak aktivnyj komponent adaptivnyh reakcij ozimoy pshenicy k neblagoprijatnym uslovijam sredy [Tekst]: avtoref. dis....kandidata biol. nauk: zashhishhena 12.11.2009 / Timofeeva Ol'ga Aleksandrovna. – Kazan', 2009. – 39 s. <http://www.dissercat.com>.
- 6 Singh P.S., Braglal P., Bhullar S.S. Wheat germ agglutinin (WGA) gene expression and ABA accumulation in the developing embryos of wheat (*Triticum aestivum*) in response to drought // *Plant Growth Regul.* – 2000. – V. 30. – P. 145–15.
- 7 Kosenko L.V. Sravnitel'naja harakteristika uglevodsvyazyvajushhijh svojstv lektinov iz semjan bobovyh rastenij // *Fiziologija rastenij*. – 2002. – T. 49. – S. 718-724.
- 8 Sytnikov D.M., Koc' S.Ja. Uchastie lektinov v fiziologicheskijh processah rastenij // *Fiziologija i biohimija kul't. rastenij*. – 2009. – T. 47, № 4. – S. 279–296.
- 9 Gagarina I.N., Pavlovskaja N.E. Innovacionnyj podhod k primeneniju belkovykh komponentov v biotekhnologii // *Vestnik OrelGAU*. – 2008. – № 1. – S. 36-38
- 10 Mel'nikova N.N., Koval'chuk N.V., Koc' S.Ja., Musatenko L.I. Vlijanie lektinov semjan soi na formirovanie i funkcionirovanie bobovo-rizobial'nogo simbioza // *Fiziologija i biohimija kul't. rastenij*. – 2009. – T. 41, № 5. – S. 439-446.
- 11 Lodeiro A.R., Lopez-Garcia S.L., Vazquez T.E.E., Favelukes G. Stimulation of adhesiveness, infectivity, and competitiveness for modulation of *Bradyrhizobium japonicum* by its pretreatment with soybean seed lectin // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2000. – T. 188. – P. 177-184.
- 12 Pavlovskaja N.E. Belkovyj kompleks zernobobovyh kul'tur i puti povyshenija ego kachestva // Orel: OGAU, 2003. – 216 s.
- 13 Espinosa J.F., Asensio J.L., Garsia J.L., Laynez J., Bruix M., Wright C., Siebert H.C., Gabius H.J., Canada F.J., Jimenez-Barbero J. NMR investigation of protein-carbohydrate. Binding studies and refined three-dimensional solution structure of the complex between the B domain of wheat germ agglutinin and N,N',N''-triacetyl-chitotriose // *Eur. J. Biochem.* – 2000. – V. 267. – P. 3965–3978.
- 14 Aleksidze G.Ja., Litvinov V.I., Vyskrebenceva A.I. Model' organizacii na membrane tilaktoidov cikla Kal'vina s uchastiem lektina fotosistemy // *Fiziologija rastenij*. – 2002 – T. 49, № 1. – S. 148–1541.
- 15 Rudiger H., Gabius H.-J. Plant lectins: occurrence, biochemistry, functions and applications // *Glycoconi. J.* – 2001. – V. 18. – P. 589-613.
- 16 Shajahmetov I.F. Kul'tura kletok i tkanej pshenicy in vitro i somaticheskij jemбриогенез // [Tekst]: dis....doktora biol. nauk: zashhishhena 2001 / I.F. Shajahmetov. – SPb., 2001. – 219 s. <http://www.dissercat.com>
- 17 Panchenko L.P., Korobkova E.S., Didenko G.V., Jastrebova E.V., Malinovskaja L.P. Vlijanie *Acholeplasm alaidlawii* Var. Granulum na lektinovuju aktivnost' kallusov saharnoj svekly // *Mikrobiol. zhurn.* – 2011. – T. 73, № 1. – S. 15-19.
- 18 Bujanova A.S., Lamberova M.Je. Issledovanie vlijanija ul'trazvuka na otdel'nye stadii v tehnologii kul'tury rastitel'nyh kletok i tkanej in vitro III. Biosintez belkov soi // *Himija rastitel'nogo syr'ja*. – 2012. – № 3. – S. 163–166.
- 19 Shternshis M.V. Tendencii razvitija biotekhnologii mikrobnih sredstv zashhity rastenij v Rossii // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija*. – 2012. – № 2 (18). – S. 92–100.
- 20 Anikeeva N.V. Nauchnye osnovy tehnologii belkovykh preparatov // *Niva Povolzh'ja*. – 2010. – № 3(16). – S. 1–5.
- 21 Slemente A., Mackenzie D.A., Johnson I.T., Domoney C. Investigation of legume seed protease inhibitors as potential anti-carcinogenic proteins // 5th European Conf. on Grain Legumes. – 2004. – Dijon–France. – P. 51–52.
- 22 Vershinina Z.R. Ispol'zovanie lektinov bobovyh dlja povyshenija urozhajnosti kul'turnykh rastenij // *Materialy XV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenykh Lomonosov-2008*. M., 2008. – T. I. – Podsekcija 1. – S. 12–13.
- 23 Remele V.V., Oshanova D.S. Jekologicheskij chistye bakterial'nye preparaty dlja zashhity zernovykh kul'tur ot gribnyh boleznej // *Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana*. – 2012. – № 5. – S. 10 -14.
- 24 Noble J.E., Bailey M.J. A. Quantitation of proteins // *Methods in enzymology*. – 2009. – V. 463. – P. 73–95.