

**Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ**

**КАФЕДРА БОТАНИКИ И ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

Направление: 06.03.01 – биология

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Дипломная работа

**ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СТЕВИОЗИДА НА  
ПОЛИПЕПТИДНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ В  
РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Работа завершена:**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_ (Д.С.Петрова)

**Работа допущена к защите:**

Научный руководитель

к.б.н, доцент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_ (Ю.Ю. Невмержицкая)

Заведующий кафедрой

д.б.н, профессор

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_ (О.А. Тимофеева)

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ</b>	3
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	6
1.1 Стевиозид и его свойства	7
1.2 Общие сведения о лектинах	11
1.3 Функции лектинов	16
1.4 Тяжёлые металлы и их влияние на растений	22
1.4.1 Общие представления о тяжелых металлах	22
1.4.2 Механизмы защиты растений от тяжелых металлов	24
1.4.3 Характеристика и биологическая активность Cd, Zn, Cu	28
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b>	33
<b>2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ</b>	<b>33</b>
2.1 Объекты исследований	33
2.2 Схема опытов	33
2.3 Методы исследования	34
2.3.1. Выделение фракций растворимых и связанных с клеточной стенкой лектинов	34
2.3.2. Извлечение лектинов, очистка, фракционирование	35
2.3.3. Приготовление эритроцитов	37
2.3.4. Определение агглютинирующей активности лектинов	38
2.3.5. Статистическая обработка	38
<b>3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ</b>	39
3.1 Влияние тяжелых металлов на полипептидный состав белков клеточной стенки	39
3.2 Стевиозид-опосредованные изменения полипептидного состава лектинов клеточной стенки	45
<b>ВЫВОДЫ</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	54

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЗП - агглютинин зародыша пшеницы

ССК – светособирающий комплекс

ТМ – тяжелый металлы

ФБС – фосфатно – буферная смесь

ФМСФ – фенилметилсульфонилфторид

ЭДТА- Этилендиаминтетрауксусная кислота

RIPs – рибосоминактивирующие белки

## ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных загрязнителей окружающей среды особое место занимают тяжелые металлы (ТМ). Считается, что именно тяжелые металлы являются наиболее токсичными для живых организмов, в том числе для растений [Foy *et al.*, 1978]. В последние десятилетия в связи с быстрым развитием промышленности во всем мире усиливается загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в масштабах, которые не свойственны природе. В силу этого возрастание их содержания в окружающей среде становится серьезной экологической проблемой современности.

Все тяжелые металлы обладают высокой токсичностью, миграционной способностью, а также канцерогенными и мутагенными свойствами. Эффект ТМ проявляется в виде комплекса негативных изменений на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях, что в итоге приводит к ингибированию роста и накопления биомассы растений, снижению фотосинтетической активности и продуктивности. В связи с этим изучение реакции растений на действие тяжелых металлов вызывает не только большой научный, но и практический интерес. Круг вопросов, посвященных этой проблеме, весьма широк. В частности, активно исследуются поглощение, транспорт и аккумуляция тяжелых металлов в тканях и органах растений, их влияние на основные физиологические процессы (рост, развитие, фотосинтез, водный обмен, минеральное питание), а также механизмы металлоустойчивости растений [Титов с соавт., 2011].

Выделяется наиболее экологичный способ среди различных способов снижения концентрации таких веществ в органах растений – применение регуляторов роста, имеющих природное происхождение. Особый интерес у исследователей вызывают дитерпеновые гликозиды растения *Stevia rebaudiana* Bertoni, агликоном которых является стевиол (13-гидрокси-энт-каур-16-ен-19-овая кислота) [Невмержицкая с соавт., 2013]. Раньше стевиол относили к предшественникам гибберелловой кислоты благодаря характерному для

гиббереллинов цис-сочленению В и С колец тетрациклической углеводородной системы. Однако было установлено, что грибок *Gibberelle Fujikuroi* не превращает стевиол в гибберелловую кислоту, а метаболизирует его в гиббереллиноподобное соединение [Ruddat, 1965]. В тоже время в литературе есть сведения о том, что производные стевиол-гликозидов проявляют гиббереллиноподобную активность [Тимофеева с соавт., 2010].

Способность контролировать процессы роста и развития растений через использование различных физиологически активных веществ является одной из актуальных задач физиологии растений, причем как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Понимание механизмов влияния таких соединений на растения открывает большие перспективы в осуществлении направленного регулирования жизнедеятельности растения на определенных этапах онтогенеза с целью повышения продуктивности и улучшения качества урожая сельскохозяйственных культур. Как правило, механизм действия биологически активных веществ гормональной природы обусловлен их влиянием на белок-синтезирующий аппарат клетки, что приводит к появлению новых белков или исчезновению существующих ранее.

Лектины относятся к самостоятельной группе белков (гликопротеинов), характерной особенностью которых является способность специфически и обратимо связывать углеводные лиганды. Они присущи всем живым организмам, поэтому изучение функций лектинов, которые для большинства из них остаются дискуссионными, имеет общебиологическое значение и привлекает пристальное внимание исследователей [Шакирова, Безрукова, 2007]. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о важной роли связанных с клеточной стенкой лектинов в восприятии и передаче внешнего сигнала в различные компартменты клетки.

В связи с этим цель нашей работы состояла в выявлении влияния дитерпенового гликозида стевиозида на полипептидный состав лектинов клеточной стенки проростков озимой пшеницы в условиях стресса, вызванного тяжелыми металлами.

Исходя из указанной цели, были поставлены следующие задачи:

- сравнить полипептидный состав лектинов клеточной стенки проростков озимой пшеницы сорта - Казанская 560, выращенных на среде с добавлением тяжелых металлов;
- исследовать изменения молекулярной гетерогенности лектинов клеточной стенки в проростках озимой пшеницы после предварительной обработки стевиозидом;
- охарактеризовать состав лектинов клеточной стенки при действии стевиозида и тяжелых металлов.

## ВЫВОДЫ

1. Выращивание растений озимой пшеницы сорта Казанская 560 на среде с тяжелыми металлами и стевиозидом приводило к качественному и количественному изменениям состава лектинов клеточных стенок.
2. Стевиозид индуцировал появление белков 45кД и 53кД в клеточной стенке растений выросших на среде с  $\text{CdSO}_4$  и  $\text{ZnSO}_4$ , и полипептида 53кД у растений, обработанных  $\text{CuSO}_4$ .
3. Под влиянием тяжелых металлов в профиле элюции белков клеточной стенки выявлен лектиновый белок с молекулярной массой 88кД, появление которого может быть связано с формированием механизмов детоксикации тяжелых металлов в клеточной стенке растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абуталыбов, М.Т.** Значение микроэлементов в растениеводстве [Текст] / М.Т. Абуталыбов. — Баку: Кн. изд-во, 1961. — 252 с. - ISBN отсутствует.
2. **Адамовская, В.Г.** Лектины и защитные реакции растений [Текст] / В. Г. Адамовская, О. О. Молодченкова // Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и сортоизучения Национальной академии аграрных наук Украины. - Одесса, 2014. – 30-46с.
3. **Алексеева-Попова, Н.В.** Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов [Текст] / Н.В. Алексеева-Попова – Л.: Ботанический институт им. Комарова, 1991. – 214 с. - ISBN отсутствует.
4. **Антонюк, Л.П.** О роли агглютинина зародыша пшеницы в растительно- бактериальном взаимодействии: гипотеза и экспериментальные данные в ее поддержку [Текст] / Л.П. Антонюк, В.В. Игнатов // Физиология растений. — 2001. — Т. 48, № 3. — С. 427—433.
5. **Башмаков, Д.И.** Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений [Текст] / Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин. – Н. Новгород: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 236 с. – ISBN 978-5-7103-2172-0.
6. **Варбанец, Л.Д.** Взаимодействие лектина из картофеля с гликополимерами *Corynebacterium sepedonicum* и *Pseudomonas solanacearum* [Текст] / Л. Д. Варбанец. - Уч. зап. Тартус. ун-та, 1989. – 73-76с.
7. **Голубев, В.Н.** Ресурсосберегающая технология природного подсластителя пищевых продуктов – стевиозида [Текст] / В.Н. Голубев, М.Г. Гедрих, И.А. Русакова. - Пищевая промышленность, 1997. - №5. - 10-11с.
8. **Евтушенко, А.И.** Антивирусные свойства лектинов каланхое: Изучение и применение лектинов [Текст] / А.И. Евтушенко. - Уч. зап. Тартус. ун-та. — 1989. — Т. 2, вып. 870. — С. 189—192.
9. **Игнатов, В. В.** Углеводузнающие белки – лектины [Текст] / В.В. Игнатов. – Соросовский образовательный журнал, 1997. – Т.2 – 14-20с.

10. **Ильин, В.Б.** Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. — 150 с. — ISBN 5-02-029422-5.
11. **Кабата-Пендиас, А.** Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] : [перевод с англ]. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 292с. - ISBN 5-03-000922-1.
12. **Кириченко, Е.В.** Взаимодействие растительных лектинов с почвенными азотфиксирующими микроорганизмами [Текст] / Е.В. Кириченко // Физиология и биохимия культ. растений. — 2005. — Т. 37, № 5. — С. 402—405.
13. **Кириченко, О.В.** Вплив передпосівного оброблення насіння ярої пшениці аглютиніном пшеничних зародків на вміст хлорофілу і лектинову активність у листках та азотфіксувальну здатність ризосферних мікроорганізмів [Текст] / О.В. Кириченко. - Укр. біохім. журн. — 2008. — Т.80, № 1. — С. 107—113.
14. **Комарова, Э.Н.** Активность лектиноподобных белков клеточных стенок и внешних мембран органелл и их связь с эндогенными лигандами в проростках озимой пшеницы при холодной адаптации [Текст] / Э.Н. Комарова, Э.И. Выскребенцева, Т.И. Трунова // Физиология растений. — 2003. — Т.50, № 4. — С. 511—516.
15. **Королев, Н.П.** Функции лектинов в клетках [Текст] / Н.П. Королев // Итоги науки и техники. Общие проблемы физико-химической биологии. — 1984. — Т. 1. — С. 351—355.
16. **Костина, В.В.** Натуральный подсластитель стевиозид [Текст] / В.В. Костина // Молочная промышленность, 2004. - №1. - 44-45с.
17. **Коць, С.Я.** Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов [Текст] / С. Я. Коць, С. К. Береговенко, Е. В. Кириченко, Н. Н. Мельникова.– Киев: Наук. думка, 2007. – 316 с. – ISBN 978-966-00-0659-1.

18. **Коць, С.Я.** Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом [Текст] / С. Я. Коць, С. М. Маліченко, О. Д. Круглова. – Київ : Логос, 2001. – 271с.
19. **Лахтин, В.М.** Связывание лектина из зародышей пшеницы с поверхностью мицелия и спор *Helminthosporium sativum* [Текст] / В.М. Лахтин, З.М. Яковлева // Изв. АН СССР.: Сер. Биология, 1987. – 792-795с.
20. **Лепехин, Е.А.** Распределение и активность лектинов в субклеточных фракциях корней проростков кукурузы [Текст] / Е.А. Лепехин, Т.А. Палладина, В.К. Педченко, В.И. Рыбак // Физиология растений. — 1987. — Т.34, № 1. — С. 160—164.
21. **Лисицын, В.Н.** Лекарственное растение стевия [Текст] / В. Н. Лисицын, В. М. Апрелько // Московские аптеки. – 1999. – Т. 9. – С. 21.
22. **Луцик, М. Д.** Лектины [Текст] / М. Д. Луцик, Е. Н. Панасюк, А. Д. Луцик. – Львов : Выш. шк. Изд-во при Львов.ун-те, 1981. – 156 с. – ISBN 978-5-7992-0733-5.
23. **Любимова, Н.В.** Лектин-углеводное взаимодействие во взаимоотношениях растение-патоген / Н. В. Любимова, Е. Г. Салькова. Прикл. биохимия и микробиология, 1988. – 110-117с.
24. **Марков, Е.Ю.** Лектины растений: предполагаемые функции [Текст] / Е.Ю. Марков, Э.Е. Хавкин // Физиология растений. — 1983. — Т.30, № 5. — С. 852—867. зима
25. **Невмержицкая, Ю.Ю.** Стевиозид повышает устойчивость озимой пшеницы к действию низких температур и тяжелых металлов [Текст] / Ю.Ю. Невмержицкая, О.А. Тимофеева, А.Л. Михайлов, А.С. Стробыкина, И.Ю. Стробыкина, В.Ф. Миронов // Доклады академии наук. – 2013. – Т. 452. – С. 346–349.
26. **Погорелая, Н.Ф.** Лектиноподобная активность белоксодержащих экстрактов почек яблони в зимний период [Текст] / Н.Ф. Погорелая, А.В. Капля, А.В. Брайон, Н.Л. Киндрок // Физиология и биохимия культ. растений. — 1991. —Т.23, № 6. — С. 594—597.

27. **Потапов, М.И.** Лектины как один из показателей антигенно серологического единства и многообразия органической природы [Текст] / М.И. Потапов // АМН СССР.: Вестник, 1966. - №5. - 86-95с.
28. **Серегин, И.В.** Распределение цинка по тканям корня проростков кукурузы и его действие на рост [Текст] / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова, В.В. Грачёва, Е.И. Быстрова, В.Б. Иванов // Физиология растений. – 2011. – Т. 58, № 1. – С. 85–94.
29. **Серегин, И.В.** Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения [Текст] / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2006. –Т. 53, № 2. – С. 285–308.
30. **Сытников, Д.М.** Интенсивность фотосинтеза и лектиновая активность листьев сои при инокуляции ризобиями совместно с гомологичным лектином [Текст] / Д.М. Сытников, С.Я. Коць, С.М. Маличенко, Д.А. Киризий // Физиология растений. — 2006. — Т.53, № 2. — С. 189—195.
31. **Сытников, Д.М.** Участие лектинов в физиологических процессах растений [Текст] / Д.М. Сытников, С.Я. Коць. - Физиология и биохимия культур. растений, 2009. – Т.41, №4. – 279-296с.
32. **Тимофеева, О.А.** Активность и состав лектинов клеточной стенки пшеницы при действии низких температур и ингибиторов кальциевой сигнальной системы / О.А. Тимофеева, Ю.Ю. Невмержицкая, М.А. Московкина // Казань. : Физиология растений.- 2010. – Т.57, №2. – 209-216с.
33. **Титов, А.Ф.** Устойчивость растений к тяжелым металлам [Текст] / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина, Г.Ф. Лайдинен; под ред. Н.Н. Немова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с. – ISBN 978-5-9274-0268-7.
34. **Титов, А.Ф.** Тяжелые металлы и растения [Текст] / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина; под ред. Н.Н. Немова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 172 с. – ISBN 978-5-9274-0641-8.
35. **Трифенова, Т.В.** Изменение лектиновой активности проростков озимой пшеницы при инфицировании микоплазмами [Текст] / Т.В. Трифенова,

Н.Н. Максютова, О.А. Тимофеева, В.М. Чернов // Прикл.биохимия и микробиология. — 2004. — Т.40, № 6. — С. 675—679.

36. **Иванов, В.Б.** Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия / В.Б. Иванов, Е.И. Быстрова, И.В. Серегин // Физиология растений. — 2003. — Т. 50, № 3. — С. 445-454.

37. **Чиркова, Т.В.** Физиологические основы устойчивости растений [Текст] / Т.В. Чиркова. — СПб.: Изд-во СПбУ, 2002. — 244 с. — ISBN 5-288-02413-8.

38. **Шакирова, Ф.М.** Современные представления о предполагаемых функциях лектинов растений [Текст] / Ф.М. Шакирова, М.В. Безрукова // Журн. общей биологии. — 2007. — Т.68, № 2. — С. 98—114.

39. **Шаяхметов, И.Ф.** Исследование содержания лектина в связи с формированием морфогенного каллуса пшеницы [Текст] / И.Ф. Шаяхметов, Ф.М. Шакирова, Р.М. Хайрулин // Физиология и биохимия культ.растений. — 1994. — Т.26, № 1. — С. 68—71.

40. **Юан, К.Х.** Физиологический и протеомный анализ *Alternanthera philoxeroides* в условиях цинкового стресса [Текст] / К.Х. Юан, Ж.К. Ши, Ж. Жао, Х. Жань, К.С. Ху // Физиология растений. — 2009. — Т. 56, №4. — С. 546—554.

41. **Ямалеева, А.А.** Лектины растений и их биологическая роль [Текст] : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. А Ямалеева ; Башкир. гос. ун-т. — Уфа, 2001. — 44 с.

42. **Arduini, I.** Cadmium and cooper uptake and distribution in Mediterranean tree seedlings [Text] / I. Arduini, D.L. Godbold, A. Onnis // *Physiol. Plant.* - 1996. -V. 97, N 1.- P. 111–117.

43. **Barondes, S.H.** Lectins: Their multiple endogenous cellular functions [Text] / S.H. Barondes // *Annual Review of Biochemistry.* — 1981. — Vol. 50. — P. 207–231.

44. **Barre, A.** Structure-Function relationship of monocot mannose-binding lectins [Text] / A. Barre, J.M. Van Damme, W.J. Peumans, E. Roug // *Plant Physiol.* - 1996. - V.112. - P. 1531-1540.
45. **Barriocanal, L.** Apparent lack of pharmacological effect of stevio glycosides used as sweeteners in humans, a pilot study of repeated exposures in some normotensive and hypotensive individuals and in type 1 and type 2 diabetics. [Text] / L. Barriocanal, M. Palacios, G. Benitez // *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* - 2008. - V. 51. - P. 37-41.
46. **Boonkaewwana, C.** Anti-inflammatory and immunomodulatory activities of stevioside and steviol on colonic epithelial cells [Text] / C. Boonkaewwana, A.J. Burodom // *Sci. Food Agric.* - 2013. -V. 42. - P. 234-240.
47. **Boruah, H.P.D.** Response of *Java citronella* (*Cymbopogon winterians* Jowitt) to toxic heavy metal cadmium [Text] / H.P.D. Boruah, A.K. Handiquc, G.C. Borah // *Ind. J. Exp. Biol.* - 2000. - V. 38, № 12. - P. 1267-1269.
48. **Brandle, J.E.** Steviol glycoside biosynthesis [Text] / J.E. Brandle, P.G. Telmer // *Phytochem.* - 2007. - V.68. - P. 1855-1863.
49. **Brewin, N.J.** Legume lectins and nodulation by *Rhizobium* [Text] / N.J. Brewin, I.V. Kardailsky // *Trends Plant Sci.* - 1997. - V.2. - P. 92-98.
50. **Cammue, B.P.A.** Stress-induced accumulation of wheat germ agglutinin and abscisic acid in roots of wheat seedlings [Text] / B.P.A. Cammue, W.F. Broekaert, J.T.C. Kellens // *Plant Physiol.* - 1989. - V.91. - P. 1432-1435.
51. **Chatsudthipong, V.** Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. [Text] / V. Chatsudthipong, C. Muanprasat // *Pharmacology & Therapeutics.* - 2009. - V. 121. - P. 41-54.
52. **Diaz, C.L.** Root lectin as a determinant of host-plant specificity in the *Rhizobium* legume-symbiosis [Text] / C.L. Diaz, L.S. Melchers, P.J.J. Hooykaas // *Nature.* - 1989. - V.338. - P. 579-581.
53. **Doncheva, S.** Influence of succinate on zine toxicity of pea plants [Text] / S. Doncheva, Z. Stoyanova, V. Velikova // *J. Plant nutrition.* - 2001. - V. 24, № 6. - P. 789-804.

54. **Etzler, M.E.** Chemical taxonomy, molecular biology and function of plant lectins [Text] / M.E. Etzler // Progress in Clinical and Biological Research. – 1983. – Vol. 138. – P.1-5.
55. **Etzler, M.E.** From structure to activity: new insights into the functions of legume lectins [Text] / M.E. Etzler // Trends Glycosci. Glycotechnol. – 1998. – N53. - P. 247-255.
56. **Franco, E.** Modulation of DI protein turnover under cadmium and heat stresses monitored by [<sup>35</sup>S]metionine incorporation [Text] / E. Franco, S. Alessandrelli, J. Masojidek, A. Margonelli, M.T. Giardi // Plant Science. – 1999. – V. 144, № 2. – P. 53-61.
57. **Geurts, R.** Rhizobium Nod factor perception and signalling [Text] / R. Geurts, T. Bisseling // Plant Cell. — 2002. — V.14. — P. S239—S249.
58. **Gibson, D.M.** A comparison of soybean agglutinin in cultivars resistant and susceptible to *Phytophthora megasperma* var *sojae* [Text] / D.M. Gibson, S.L. Sharon, K.J. Hous // Plant Physiol. – 1982. – V.70. – P. 560-566.
59. **Hanson, J.R.** Nat. Prod. Report [Text] / J.R. Hanson, B.H. Oliveira. - 1992. – V.10. - №4. - P. 301
60. **Haynes, R.J.** Ion exchange properties of roots and ionic interactions within the root apoplasm: their role in ion accumulation by plants [Text] / R.J. Haynes // Biol. Rev. -1980. -V. 46, N 1. - P. 75–99.
61. **Holf, P.L.** Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense [Text] / L.P. Holf, L.M. Brill, A.M. Hirsch // Mol Genet Genomics. – 2009. - V. 282. - P. 1-15.
62. **Kaplan, D.** Cadmium toxicity and resistance in *Chlorella* sp. [Text] / D. Kaplan, Y.M. Heimer, A. Abeliovich, P.B. Goldbrought // Plant Sci. – 1995. – V. 109, № 2. – P. 129–137.
63. **Kneer, R.** Phytochelatins Protect Plant Enzymes from Heavy Metal Poisoning [Text] / R. Kneer, M.N. Zenk // Phytochemistry. – 2001. – V. 31. – P. 2663-2667.

64. **Kumar, R.** Effects of shade regimes and planting geometry on growth, yield and quality of the sweetener plant stevia (*Stevia Rebaudiana* Bertoni) in north-western Himalaya [Text] / R. Kumar, S. Sharma, K. Ramesh, B. Singh // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2012. – P. 1-17.
65. **Laus, M.C.** A novel polar surface polysaccharide from *Rhizobium leguminosarum* binds host plant lectin [Text] / M.C. Laus, T.J. Logman, J.E. Lamers // Mol. Microbiol. — 2006. — V.59, N 6. — P. 1704—1713.
66. **Lin, L.H.** Study on the stevioside analogues of steviolbioside, steviol, and isosteviol 19-alkyl amide dimers: synthesis and cytotoxic and antibacterial activity [Text] / L.H. Lin, L.W. Lee, Sh.Y. Sheu, P.Y. Lin // Chem. Pharm. Bull. – 2004. - V.52. - P. 1117-1122.
67. Liener I.E. Phytohemagglutinins // Ann. Rev. Plant. Physiol. – 1976. – № 27. – P. 291–319.
68. **Lis, L.H.** Sharon N. The biochemistry of plant lectins [Text] / L.H. Lis // Ann. Rev. Biochem. – 1973. - № 42. – P. 541 – 573.
69. **Loris, R.** Legume lectin structure [Text] / R. Loris, T. Hamelryck, J. Bouckaert, L. Wyns // BBA — Protein Str. and Mol. Enzymol. — 1998. — V.1383, N 1. — P. 9 —36.
70. **Lux, A.** Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review [Text] / A. Lux, M. Martinka, M. Vaculík, P.J. White // J. Exp. Bot. 2011. -V. 62, N 1. - P. 21–37.
71. **Militsina, O.I.** The transformation of isosteviol oxime to a lactone under the conditions of Beckmann reaction [Text] / O.I. Militsina, G.I. Kovyljaeva, G.A. Bakaleynik, // Mendeleev Comm. – 2005. –V.1. – P. 27-29.
72. **Mosetting, E.** Stevioside II. The structure of aglicon [Text] / E. Mosetting, W.R. Nes // J. Org. Chem. – 1955. – V. 20. – P. 884–899.
73. **Oliveira, B.H.** Biotransformation of steviol Derivatives by *Aspergillus niger* and *Fusarium moniliforme* [Text] / B.H. Oliveira, J.D.S. Filho, P.S. Leal // J. Braz. Chem. Soc. – 2005. – V.16, №2. – P. 210-213.

74. **Peumans, W.J.** Lectins as plant defence proteins [Text] / W. J. Peumans, E.J.M. Van Damme // Plant Physiol. – 1995. – P. 347-352.
75. **Pezzuto, J.M.** Characterization of bacterial mutagenicity mediated by 13-hydroxy-ent-kaurenoic acid (steviol) and several structurally-related derivatives and evaluation of potential to induce glutathione S-transferase in mice [Text] / J.M. Pezzuto, N.P. Nanaykkara, C.M. Compadre, S.M. Swanson, A.D. Kinghorn, T.M. Guenther, V.L. Sparnins, L.K. Lam // Mutation. Res. - 1986. - V.169, №3. - P. 93-103.
76. **Prakash, I.** Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener [Text] / I. Prakash // Food and Chemical Toxicology. – 2008. – V.46. – P. 75-82.
77. **Roode, B.M.** Perspectives for the industrial enzymatic production of glycosides [Text] / B.M. Roode // Biotechnol. Prog. – 2003. – V. 19. – P. 1391-1402.
78. **Ruddat, M.** Conversion of steviol to a gibberellins like compound by *Fusarium moniforme* [Text] / M. Ruddat, E. Heftman, A. Lang // Arch. Biochem. Biophys. - 1965. - V.111. - P. 187-190.
79. **Shaifali, M.** Establishment and characterization of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) cell suspension culture: an in vitro approach for production of stevioside [Text] / M. Shaifali, G.S. Shekhawat // Acta Physiologiae Plantarum. – 2013. – V. 35. – P. 931–939.
80. **Sharon, N.** Legume lectins – a large family of homologous proteins [Text] / N. Sharon, H. Lis // FASEB J. – 1990. – 4(14). - P. 3198-3208.
81. **Sumner, J.B.** Identification of concanavalin A with the hemagglutinin of jack bean [Text] / J.B. Sumner, S.F. Howell // J. Bacteriol. – 1936. – V. 32. – P. 227–233.
82. **Toyoda, K.** Plant lectins induce the production of a phytoalexin in *Pisum sativum* [Text] / K. Toyoda, K. Miki, Y. Ychinose, T. Yamada, T. Shiraishi // Plant Cell Physiol. – 1995. – V. 35. – P. 799-807.
83. **Tu, S.** Effects of H<sup>+</sup> - ATPase activities on Cd<sup>2+</sup> movement induced by NADH – linked electron transfer in root plasma membrane vesicles [Text] / S. Tu, D. Patterson, D. Brauer, A. Shu // J. Plant Physiology. – 1998. – V. 153. – P. 347-353.

84. **Van Dame, J.M.** Handbook of plant lectins: properties and biomedical applications [Text] / J.M. Van Dame, W.J. Peumans, A. Pustai, S. Bardocz – Chichester etc.: John Willey and Sons, 1998. – P. 451. – ISBN 978-0-471-96445-2.

85. **Vázquez, S.** Assessing the relative contributions of phytochelatins and cell wall to cadmium resistance in white lupin [Text] / S. Vázquez, P. Goldsbrough, R.O. Carpena // *Physiol. Plant.*- 2006. – V.128. - P. 487–495.

86. **Wood, H.B.** Stevioside. The structure of the glucose moieties [Text] / H.B. Wood, Jr. Allerton, H.W. Diehl // *Jr. J. Org. Chem.* – 1955. – V.20. - P. 875-883.

87. **Zhu-Salzman, K.** Ethylene negatively regulates local expression of plant defence lectin genes [Text] / K. Zhu-Salzman, R.A. Salzman, H. Koiwa // *Physiol. Plant.* – 1998. – V. 104. – P. 365-372.