

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631.416.9

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ СВИНЦА В РАСТЕНИЯ РИСА И ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ РИСОВОГО АГРОЦЕНОЗА

М.М. Мамышов¹, А. Отаров¹, А. Устемирова²

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
им. У.У. Успанова, г. Алматы, azimbay@bk.ru, ²Жетысуская гидрогеолого-
мелиоративная экспедиция, г. Алматы, ул. Галилея, 138

В статье приводятся итоги работ по исследованию закономерностей поступления свинца в растения риса и пшеницы в зависимости от степени загрязнения почв в условиях рисового агроценоза. Определены типы поглощения свинца данными культурами и их зависимость от степени загрязнения почв, установлены барьеры на пути перехода свинца от почв к зерну.

ВВЕДЕНИЕ

Культурные ландшафты созданные в результате глубокого антропогенного воздействия на естественную природную среду обладают рядом специфических особенностей, познание которых необходимо для разработки мер по управлению его развитием. Коренная мелиорация почв, которая используется при создании орошаемого рисового ландшафта, приводит к резкому изменению сложившихся процессов почвообразования, водно-солевого, пищевого, воздушного и в особенности окислительно-восстановительных режимов и нарушению естественного механизма саморегуляции почв [1]. В результате почвы рисовых полей становятся очень чувствительными к различного рода воздействиям естественных и антропогенных экологических факторов. Подобного рода мелиорированные почвы при малейшем ухудшении почвенно-мелиоративных и экологических условий быстро деградируют, постепенно преобразуясь в естественный биогенноценоз, причем с гораздо низкой продуктивностью, чем исходный. Более того, они, так же как и другие агроландшафты значительно более просты по структуре, чем естественные. Господствующее положение в рисовых агроценозах занимают всего несколько видов культурных растений - рис, люцерна, пшеница или

ячмень как покровные культуры.

Отличительной особенностью культуры риса является то, что для его возделывания требуется длительное, на весь период вегетации, затопление почв оросительной водой, в результате чего оросительная норма доходит до 25-30 тыс. м³. Применение высоких оросительных норм, в случае даже незначительного загрязнения оросительных вод, создает предпосылки к интенсивному поступлению тяжелых металлов и других загрязнителей в почву рисовых полей. К сожалению, до сих пор бытует мнение, особенно среди сельскохозяйственных производителей, о том, что защитные возможности почвы настолько велики, что нет оснований для беспокойства. Действительно негативное действие тяжелых металлов может не проявляться в течение длительного времени в силу высокой буферности почв, но на самом деле при достижении тяжелыми металлами определенных критических концентраций они уже не могут быть нейтрализованы благодаря самоочищающей способности почвы.

Поэтому пристального внимания заслуживает степень загрязнения почв, начального звена пищевой цепи и изучение закономерностей поступления поллютантов в основные культуры орошаемого ландшафта.

В условиях загрязненных почв качество получаемой продукции становится

более важным показателем, чем их урожайность. От экологического состояния почв агроценозов напрямую зависит качество сельскохозяйственной продукции. Известно, что 70-80 % общего количества тяжелых металлов поступающих в организм человека приходится на растительную продукцию [2]. Загрязнение почв сельскохозяйственных угодий приводит к тому, что получаемая продукция с таких полей становится с одной стороны непригодной в качестве источника пищи или кормов, с другой загрязнение почвы тяжелыми металлами может на долгие годы сделать ее непригодной для производства доброкачественной продукции [3,4].

Вне техногенных аномалий поступление тяжелых металлов в растения происходит в основном через корневую систему. При этом основными факторами, которые лимитируют этот процесс, являются свойства почв и количественный и качественный состав содержащихся в них тяжелых металлов. Различные элементы поглощаются растениями с разной интенсивностью, которая обусловлена их неодинаковыми химическими свойствами и физиологическими значениями для растений.

Относительная токсичность Pb из-за малой растворимости его соединений не высока [5]. В естественных условиях Pb присутствует практически во всех растениях, а уровень его содержания в растениях зависит от их систематической принадлежности и геохимических условий произрастания. Известно, что даже низкие концентрации этого элемента могут замедлять некоторые жизненные процессы в растениях, однако отравления в естественных условиях наблюдаются редко. Возможно, это связано с низкой биологической доступностью Pb даже в условиях загрязненных почв. Содержание Pb в растениях из незагрязненных территорий варьирует в пределах 0,1-10 мг/кг сухой массы [6] токсичной концентрацией считается 10 мг/кг [7]. Повышенное содержание Pb вызывает функ-

циональные нарушения в пигментных комплексах и уменьшает содержание хлорофилла в тканях [8].

Все возрастающий темп металлического прессинга, способствующий накоплению наиболее токсичных тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий вызывает необходимость регулярного регионального и локального мониторинга почв и получаемой продукции. Поэтому защита окружающей среды и пищевой цепи от загрязнения тяжелыми металлами является актуальной экологической проблемой. Важность данной проблемы для производства и переработки сельскохозяйственной продукции заключается в том, что накопление тяжелых металлов в возделываемых культурах может стать причиной контаминации продуктов питания. Во всем мире уделяется большое внимание защите внешней среды обитания и внутренней среды человека от возрастающего действия химических веществ (в частности тяжелых металлов и их растворимых форм) антропогенного и природного характера.

В связи с этим, изучение биогенной миграции тяжелых металлов в агроландшафтах, их вовлечение в малый биологический круговорот веществ, является актуальным вопросом биогеохимии тяжелых металлов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Полевые вегетационные опыты проводили в условиях Акдалинского массива орошения на полях хозяйства ТОО «Байменей». Объектом исследования служили рисово-болотные почвы и ведущая культура массива рис, сорт «Солнечный» и сопутствующая культура пшеница, сорт «Казахстанская-10». Для закладки опыта использовали пластмассовые сосуды емкостью 7 л. Для максимального приближения к естественным условиям, в основном для создания принятого для условий массива гидромодуля дренажного стока дно сосудов было вырезано. Для набивки сосудов использовали иску-

ственно загрязненную азотнокислым свинцом и хлористым кадмием почву. Схемы опытов будут показаны в разделе «Результаты и их обсуждение». Сосуды были вкопаны в пахотный горизонт вровень с поверхностью земли непосредственно в чеке среди производственных посевов риса и пшеницы. Режим орошения, система применения удобрений и другие технологические процессы, принятые в производстве. Таким образом, условия проведения опыта были максимально приближены к производственным. В конце вегетационного сезона сосуды выкапывали, проводили отмывку корней, определение урожая зерна, массы соломы и корней.

Содержание Pb и Cd определяли атомно-абсорбционным методом на анализаторе AA-6200 фирмы «Shimadzu» (Япония). Минерализацию проб растений проводили методом мокрого озоления в смеси азотной и хлорной кислоты в соотношении 2:1.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами математической статистики, описанными [9-12] с использованием программы пакета анализов «Stat Ex 2.6» и «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разные химические элементы, в т.ч. и тяжелые металлы накапливаются растениями по-разному. В определенных органах и тканях одних растений их концентрация может возрасти очень сильно, без каких-либо определенных пределов. При этом накопление элемента вначале стимулирует жизнедеятельность растения и его продуктивность, затем угнетает и вызывает гибель. В других растениях при достижении определенного уровня концентрации элементов начинают действовать механизмы, препятствующие дальнейшему его поглощению, а иногда приводящие к уменьшению его концентрации. Ковалевский А.Л. назвал эти предельные уровни физиологическими барьерами поглощения и выделил

«барьерный» и «безбарьерный» типы поглощения [13]. Барьерное накопление ряда химических элементов в одних органах и частях растений может сопровождаться безбарьерным накоплением в других частях тех же особей. Ограниченное поглощение характерно преимущественно для зеленых опадающих частей и репродуктивных органов растений, а неограниченное – для корней. Количественные характеристики барьерного накопления химических элементов растениями зависят также от фазы вегетации растений. В одни фазы развития растений их накопление может быть безбарьерным а в другие фазы барьерным.

При анализе полученных данных видно, что между содержанием свинца в почве и его поступлением в корни риса существует тесная связь, закономерным является увеличение поглощения свинца корнями риса с увеличением степени загрязнения почв. Даже при минимальной дозе свинца равной 50 мг/кг почвы поглощение свинца увеличивается по сравнению с контролем на 504,4 %, а при максимальной дозе (800 мг/кг), эта величина достигает уже внушительной цифры равной 5311,8 %. То есть, можно сказать, что для корней риса характерным является явно безбарьерный тип поглощения свинца (рисунок 1, А). И эта зависимость в пределах изученных доз свинца хорошо описывается полиномиальным уравнением $y=35539x^2+116,39x+125,39$ при достаточно высокой степени достоверности аппроксимации $R^2=0,9822$.

Поглощение свинца соломой риса имеет иную закономерность. При самой минимальной дозе свинца (50 мг/кг) по сравнению с контролем наблюдается незначительное, на 0,4 % увеличение поглощения свинца соломой (рисунок 1, Б). А при средних дозах, 100 и 200 мг/кг почвы наблюдается достаточно заметное, соответственно на 50 % и 17,1 % снижение поступления свинца.

При повышенных дозах 400 и 800 мг/кг почвы увеличивается поглощение

свинца соломой, соответственно на 31,7 % и 108,5 %. Можно сказать тип поглощения свинца соломой риса зависит от степени загрязнения почв. Если при средних дозах преобладает барьерный тип поглощения, то с увеличением степени загрязнения почв защитные механизмы корней уже не могут блокировать поступление свинца в солому и наступает безбарьерный тип поглощения. Эта закономерность также с высокой степенью достоверности ($R^2=0,9008$) описывается полиномиальным уравнением $y=0,7536x^2+4,6117x+9,6867$. Поглощение свинца зерном риса имеет несколько иную закономерность. При

низких дозах свинца, 50 и 100 мг/кг наблюдается некоторое по сравнению с контролем увеличение, соответственно на 18,2 % и 9,1% поглощения свинца зерном риса. А с увеличением дозы свинца, наоборот идет снижение, до 54,5 % поступления свинца в зерно риса. То есть если при малых дозах характерным является безбарьерный тип поглощения, то при увеличенных дозах наступает наоборот барьерный тип поглощения. Закономерность поглощения свинца зерном риса описывается полиномиальным уравнением $y=-0,0131x^2-0,0874x+1,36$ при ($R^2=0,7199$) (рисунок 1В).

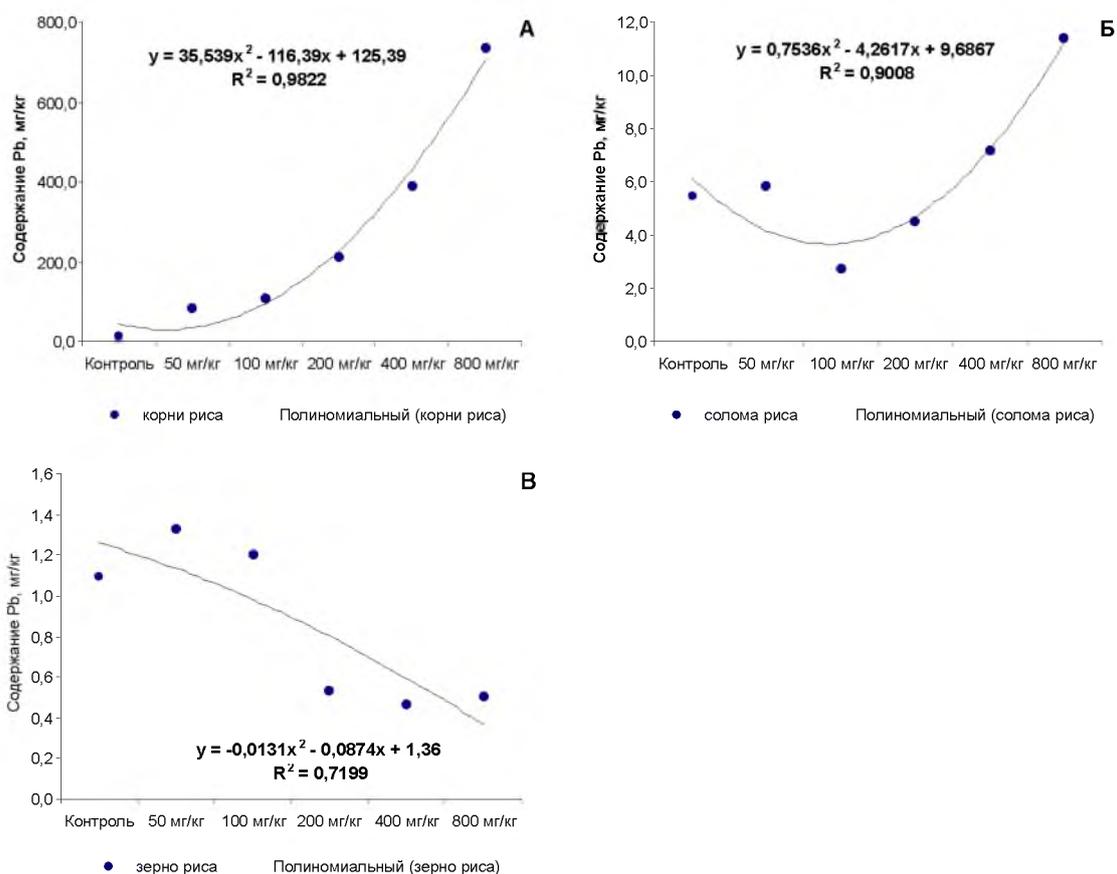


Рисунок 1 - Влияние различных уровней загрязнения почв на поступление свинца в корни (А), солому (Б) и зерно (В) риса

Снижение поступления свинца в зерно риса с увеличением степени загрязнения почв, в какой то мере можно объяснить достаточно сильным нарушением защитной функций как корней, так и соломы, их неспособностью полностью блокировать поступление тяжелых металлов в надземные органы и усиленным поступлением свинца в их важные метаболлические центры. В данном случае они за счет усиленного накопления свинца служат барьером на пути его поступления в зерно риса, т.е. они начинают выполнять барьерную функцию.

При анализе поступления свинца в

различные органы пшеницы, за исключением корня наблюдается несколько иная закономерность, чем для органов риса. Поглощение корнями пшеницы аналогично поглощению корнями риса. Здесь наблюдается практически прямая закономерная зависимость поступления свинца от степени загрязнения почв. При минимальной дозе свинца, 50 мг/кг почвы содержание свинца в корнях пшеницы выше, чем на контроле на 228,1 %, а при максимальной дозе - на 898,8 %. Данная закономерность описывается достаточно простым достоверным ($R^2=0,9435$) уравнением прямой $y=145,51x-51,18$ (рисунок 2).

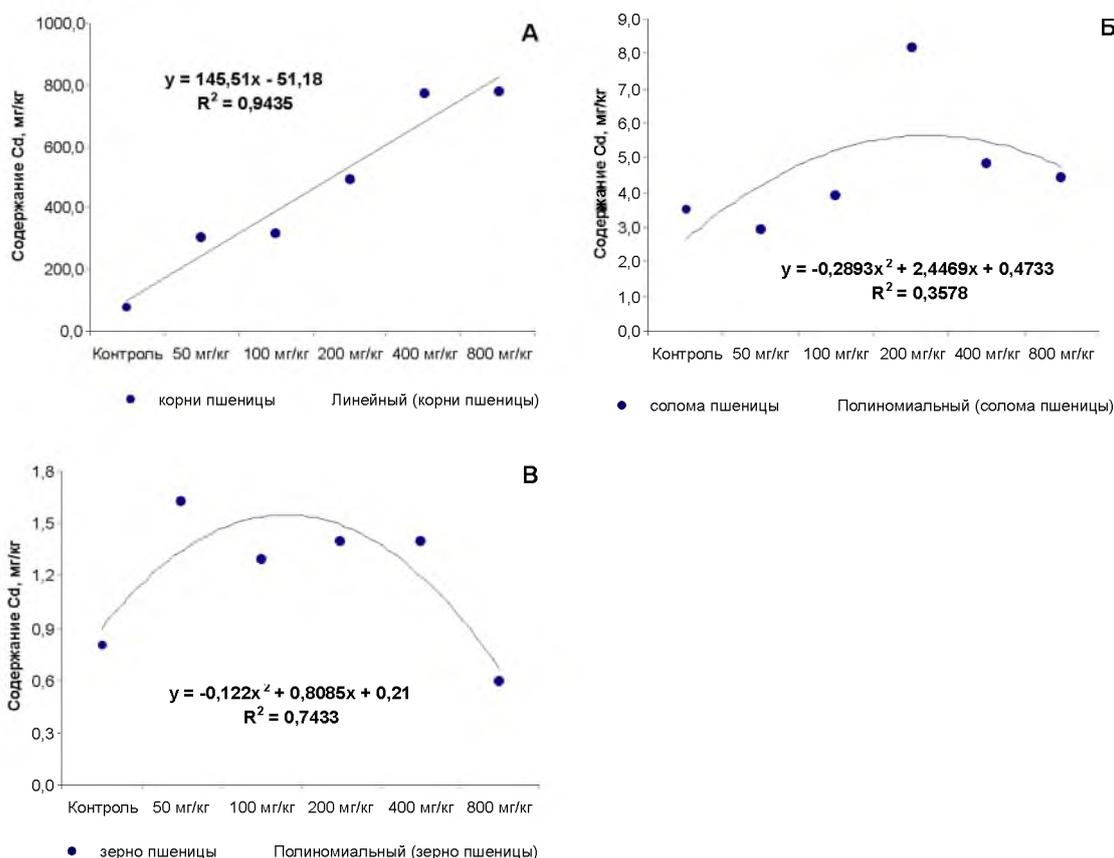


Рисунок 2 - Влияние различных уровней загрязнения почв на поступление свинца в корни (А), солому (Б) и зерно (В) пшеницы

В отличие от соломы риса у соломы пшеницы максимум накопления свинца 132,1% по сравнению с контролем, практически безбарьерный тип наблюдается при дозе свинца 200 мг/кг почвы. А при минимальной и максимальной дозах поглощение свинца по сравнению с контролем составляет незначительные величины, от -17% до 26 %. При этих дозах тип поглощения свинца соломой пшеницы примерно можно назвать барьерным. Данная зависимость приближенно ($R^2 = 0,3578$) описывается полиномиальным уравнением $y = -0,2893x^2 + 2,4469x + 0,4733$.

При всех изученных дозах свинца, кроме максимальной 800 мг/кг, зерно пшеницы поглощает его по безбарьерному типу, но темп накопления (превышение над контролем) с увеличением дозы несколько снижается, от 100 % до 75 % при дозе 400 мг/кг. Можно сказать, что наблюдается снижение поступления свинца с увеличением степени загрязнения почв, хотя тип поглощения остается безбарьерным. Барьерное поглощение наступает только при дозе 800 мг/кг почвы, где содержание свинца в зерне по сравнению с контролем снижается на 25 %. Снижение поступления свинца в зерно пшеницы достаточно хорошо описывается полиномиальным уравнением

$$y = -0,122x^2 + 0,8085x + 0,21 \quad (R^2 = 0,7433).$$

По результатам вышеизложенного материала можно сделать заключение, что для корней обеих изученных культур в пределах испытанных доз свинца характерным является безбарьерный тип поглощения данного поллютанта. А солома и зерно этих культур в зависимости от степени загрязнения почв могут иметь как барьерный, так и безбарьерный тип поглощения свинца. С ослаблением защитного механизма корней ослабляется и степень блокирования поступления свинца в корневую систему обеих культур, а за счет интенсивного поглощения свинца корнями начинает соответственно увеличиваться их барьерная функция, приводящая к снижению поступления свинца в репродуктивные органы. В несколько меньшей степени аналогичную роль играет также и солома изученных культур.

Для выявления барьерной роли корней и соломы в процессе снижения поступления свинца в зерно риса и пшеницы мы рассчитали степень снижения количества свинца при переходе в системах корень-солома и солома-зерно. Как видно из рисунка 3 степень снижения свинца в системе «корень риса-солома риса» выше чем в системе «солома риса-зерно риса».

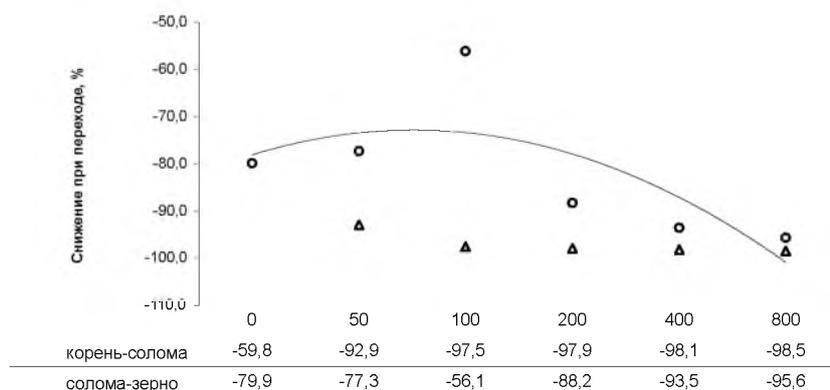


Рисунок 3 – Степень снижения количества Pb в системах «корень риса-солома риса» и «солома риса-зерно риса»

Кривая снижения свинца при переходе от корней к соломе в зависимости от степени загрязнения почв колеблется в пределах от 92,9 % при минимальной дозе 50 мг/кг почвы до 98,5 % при максимальной дозе 800 мг/кг. А на условно чистом контрольном варианте степень снижения составит 59,8 %. Отсюда видна защитная, барьерная функция растительного организма, в данном случае корней риса на загрязнение почв тяжелыми металлами, т.е. с началом загрязнения почв начинает проявляться ответная защитная реакция организма.

Степень снижения перехода свинца в системе «солома-зерно» несколько пониженная по сравнению с предыдущей системой. Здесь степень снижения колеблется в пределах от 77,3 % до 95,6 %. Это в какой то мере может быть связано уже пониженным абсолютным количеством свинца после системы «корень-солома», т.е. ответная реакция организма тем слабее? чем меньше поступает свинец в систему и наоборот.

Зависимость степени снижения перехода свинца от степени загрязнения почв в системах «корень-солома» и «солома-зерно» описываются соответственно следующими в достаточной степени статистически достоверными и полиномиальными уравнениями: $y=3,2362x^2-28,637x-39,625$ ($R^2=0,8679$) и $y=-2,3096x^2+11,609x-87,37$ ($R^2=0,5338$).

Зависимость снижения свинца при переходе систем «корень пшеницы-солома пшеницы» и «солома пшеницы-зерно пшеницы» оказалась практически аналогичной таким же системам культуры риса (рисунок 4). Здесь также степень снижения свинца выше при переходе от корней к соломе, чем при переходе от соломы к зерну. Разница лишь в абсолютных цифрах, в случае культуры пшеницы степень снижения в первой системе колеблется от 99,0 % до 99,4 %, т.е. степень снижения здесь выше, чем в системе культуры риса. А во второй системе, наоборот степень снижения меньше чем в системе риса и колеблется в пределах от 44,3 % до 86,6 %.

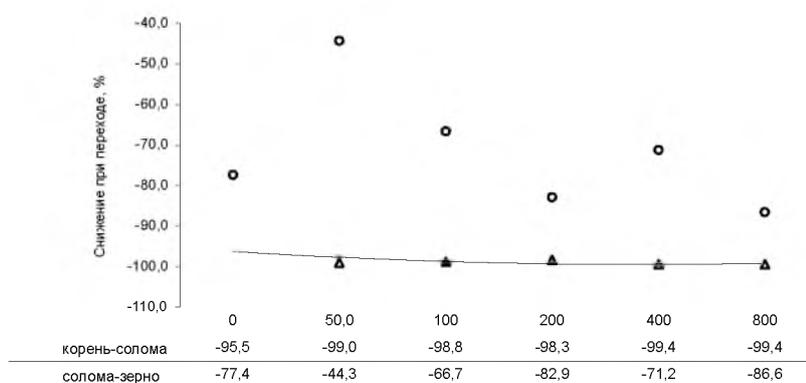


Рисунок 4 - Степень снижения количества Рb в системах «корень пшеницы-солома пшеницы» и «солома пшеницы-зерно пшеницы»

Зависимость степени снижения свинца при переходе систем «корень-солома» и «солома-зерно» описывается следующими соответствующими полиномиальными уравнениями: $y=0,2197x^2-2,1183x-94,322$ ($R^2=0,6938$) и $y=-1,8876x^2+9,1258x-74,824$ ($R^2=0,3685$).

На основе изложенных данных можно сделать заключение, что первым барьером на пути перехода свинца от загрязненной почвы к зерну риса и пшеницы, ради которой возделываются данные культуры, является их корневая система с довольно высокими защитными

функциями, а вторым барьером с менее выраженными защитными функциями их солома.

Как мы уже отмечали, различные культуры накапливают в своих органах различные количества поллютантов и это зависит от биологических особенностей культур, от особенностей водного режима, системы применения удобрений и др. не менее важных элементов их технологий возделывания. В связи с этим нами на основе полученных экспериментальных данных также был проведен сравнительный анализ абсолютного содержания свинца в различных органах изученных культур. Для удобства изложения материала для построения графика мы воспользовались относительной цифрой (проценты) показывающей во сколько раз содержание свинца в органах риса ниже, чем в органах пшеницы (пшеница минус рис).

Оказалось, что в целом культура пшеницы накапливает свинца больше, чем культура риса (рисунок 5). Корни пшеницы при всех изученных дозах накаплива-

ет свинца больше чем корни риса, на контрольном варианте накапливает свинца больше на 82,6 %, далее с увеличением степени загрязнения почв наблюдается постепенное снижение разницы между культурами. Максимум разницы, 73,2 % в накоплении свинца между корнями пшеницы и риса наблюдается при минимальной дозе свинца, 50 мг/кг, а минимум, 5,7 % при максимальной дозе 800 мг/кг.

Разница в накоплении свинца соломой изученных культур оказалась несколько иной, чем в корнях. Содержание свинца в соломе пшеницы больше такового в соломе риса только при средних степенях загрязнения почв (100 и 200 мг/кг почв). А в остальных вариантах, включая и контрольный, солома риса содержит больше свинца, чем солома пшеницы. Причем разница достигает значительных величин от 44,7 % до 155,2 %, т.е. этим еще раз подтверждается ранее сделанный вывод о том, что солома риса в зависимости от степени загрязнения почв может иметь как безбарьерный, так и барьерный тип накопления свинца.

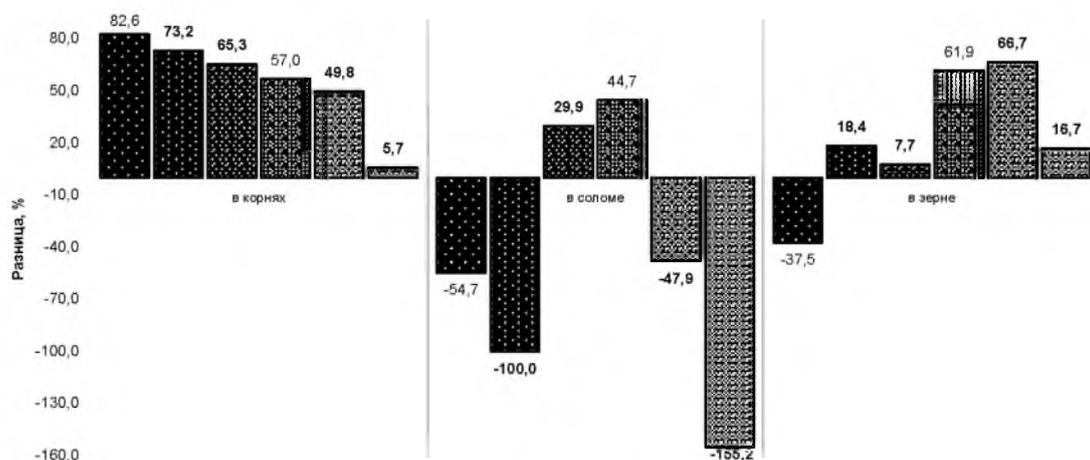


Рисунок 5 – Относительная величина разницы между содержанием свинца в органах культур пшеницы и риса (пояснения в тексте)

Разница содержания свинца между зернами исследуемых культур составляет минимальную величину при минимальных и максимальных дозах свинца, а при

средних дозах 200 и 400 мг/кг почвы, соответственно составляет 61,9 % и 66,7 %.

На основе вышеизложенного материала можно сделать вывод, что величина

накопления свинца зависит не только от степени загрязнения почв, но и от биологических особенностей культур. Причем различные органы изученных культур в зависимости от степени загрязнения почв могут иметь как барьерный, так и безбарьерный тип накопления свинца.

Хотя, как мы уже отмечали, в условиях загрязненных почв качество получаемой продукции становится более важным показателем, чем их урожайность, для выявления закономерностей влияния различных степеней загрязнения почв на общую продуктивность исследуемых культур нами также были проанализированы полученные результаты по урожайности зерна, массе соломы и корней изученных культур.

Вследствие загрязнения почвы ухудшается рост и развитие растений, снижается их продуктивность и качество получаемой продукции [14,15]. Токсическое действие тяжелых металлов содержащихся в почве на культурные растения прежде всего проявляется в аккумуляции в их тканях токсиантов и снижении поступления жизненно важных элементов-биофилов и это в свою очередь при-

водит к уменьшению всхожести, продуктивной кустистости, снижению урожайности и биологической массы растений в целом.

Полученные нами экспериментальные данные показывают, что практически все изученные дозы свинца привели к снижению биологической массы корневой системы риса. Ощутимое снижение биологической массы корней от 13,0 % до 43,5 % происходит в пределах минимальной и средней дозы, 50 и 200 мг/кг (рисунок 6).

А при повышенных дозах наблюдается лишь незначительное снижение, до 4,3 %. Снижение биологической массы соломы и зерна наблюдается лишь при средней дозе, 200 мг/кг. Остальные испытанные дозы отрицательного влияния не оказывают, наоборот оказывают некоторое положительное действие.

Аналогичные данные, усиление формирования корневой системы пшеницы в условиях загрязнения почв свинцом получены Ильиным В.Б. [16]. По мнению автора, этот процесс происходит, как вынужденная потребность организма усилить емкость корней.

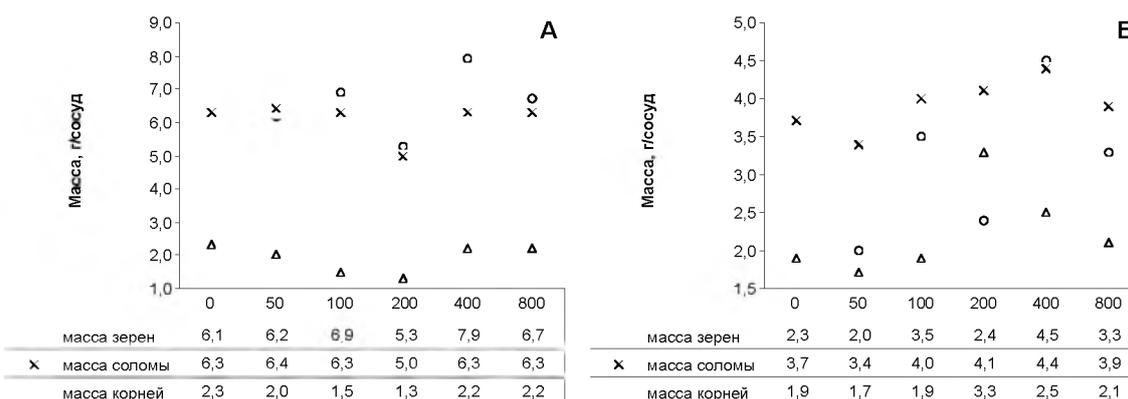


Рисунок 6 – Влияние степени загрязнения почв свинцом на массу различных органов риса (А) и пшеницы (Б)

Фитотоксичность свинца по отношению к яровой пшенице проявилась лишь

на начальной дозе металла, остальные дозы по отношению к биологической

массе надземной и корневой части пшеницы имели более стимулирующий характер, чем угнетающий. Таким образом, можно сказать, что растения риса и пшеницы оказались более устойчивыми к повышенным концентрациям свинца в почве, чем пониженным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам вышеизложенного материала можно сделать заключение, что для корней риса и пшеницы в пределах испытанных доз свинца характерным является безбарьерный тип поглощения данного поллютанта. А солома и зерно этих культур в зависимости от степени загрязнения почв могут иметь как барьерный, так и безбарьерный тип поглощения свинца.

Первым барьером на пути перехода свинца от загрязненной почвы к зерну риса и пшеницы, ради которой возделываются данные культуры, является их корневая система с довольно высокими защитными функциями, а вторым барьером с менее выраженной защитной функцией их солома.

Величина накопления свинца зависит не только от степени загрязнения почв, но и от биологических особенностей культур. Причем различные органы изученных культур в зависимости от степени загрязнения почв могут иметь как барьерный, так и безбарьерный тип накопления свинца.

Растения риса и пшеницы оказались более устойчивыми к повышенным концентрациям свинца в почве, чем пониженным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отаров А., Ибраева М.А., Сапаров А. Деградиционные процессы и современное почвенно-экологическое состояние рисовых массивов республики // Экологические основы формирования почвенного покрова Казахстана в условиях антропогенеза и разработка теоретических основ воспроизводства плодородия. Алматы. 2007, С. 73-104.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях // М.: Изд-во «Мир». 198. С. 439.
3. Староверова А.В., Ващенко Л.Б. Влияние техногенных воздействий на природные экологические аспекты // Химия в сельском хозяйстве. 1998. № 5. С. 37-38.
4. Ладонин В.Ф. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Химия в сельском хозяйстве. 1998. № 4. С. 32-35.
5. Степанок В.В. Влияние сочетания соединений тяжелых металлов сельскохозяйственных культур и поступления тяжелых металлов в растения // Агрохимия. 2000. № 1. С. 74-80.
6. Тойкка М.А. Уровень токсичности тяжелых металлов // Микроэлементы в биосфере Карелии и сопредельных районов. Петрозаводск. 1981. С. 49-54.
7. Kabata-Pendias A. and Dudka S. J. Environ. Geochem Health. 1991. P. 108-112.
8. Tomasevic M., Bogdanovic M., Stojnovic D. Influence of lead on some physiological characteristics of Gean and barley // Period. Boil.-1991. Vol. 1993. № 2. P. 337-338.
9. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении // М.: Изд-во МГУ. 1995. С. 320.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // М.: Изд-во «Колос». 1979. С. 416.
11. Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении. Учебно-методическое пособие // М.: Изд-во ТСХА. 1972. С. 103.
12. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных // М.: Изд-во «Колос». 1966. С. 255.
13. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. // Новосибирск. Изд-во «Наука». 1991. С. 294.

14. Большаков В.А., Гальпер Н.Я., Клименко Г.А., Лычкина Т.И. Загрязнения почв и растительности тяжелыми металлами // М.: Изд-во «Гидрометеоздат». 1978. С. 49.
15. Важенин Н.Г. Диагностика плодородия почв подверженных техногенному загрязнению // Бюллетень почвенного ин-та. 1987. № 40. С. 40.
16. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск. Наука. 1991. С. 151.

Түйін

Мақалада күріш агроценозы жағдайына күріш және бидай дақылдарының қорғасынды бойына сіңіру заңдылықтарын зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Зерттелген дақылдардың қорғасынды бойына сіңіру типі және оның топырақтың ластану деңгейіне баланысты екендігі, қорғасынның топырақтан дәнге өту жолындағы тосқауылы анықталған.

Resume

The totals of the work happen to In article on study of the regularities of the arrival lead in plants of the rice and wheat's depending on degree of the contamination of ground in condition rice агроценоза. The Certain types of the absorption lead data culture and their dependency from degree of the contamination of ground, is installed barriers on way of the transition lead from ground to grain.