УДК 631.4

КАДМИЙ В 20-ТИ ДНЕВНЫХ ПРОРОСТКАХ РИСА И ПШЕНИЦЫ

А.М. Устемирова, А. Отаров, М.М. Мамышов

Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы, Аль-Фараби 75 в. azimbay@bk.ru

В статье приводятся итоги работ по исследованию закономерностей поступления кадмия в растения риса и пшеницы на начальных этапах онтогенеза в зависимости от степени загрязнения почв в условиях рисового агроценоза. Установлено, что для проростков и их корней изученных культур характерным является безбарьерный тип накопления кадмия.

ВВЕДЕНИЕ

Как правило, орошаемые агроландшафты занимают геохимически подчинённые гидроморфные ландшафты, и вследствие этого, склонны к загрязнению. Почвенный покров является основным звеном в биологической цепи «почва-растение-животное-человек» и от содержания в нём того или иного металла будет зависеть концентрация в последующих звеньях. Поэтому в последнее время особое внимание уделяются экологическому состоянию орошаемых почв и возделываемых на них сельскохозяйственным культурам. Негативное воздействие агрогенных загрязнителей на орошаемые почвы, как правило, усиливается с дополнительным их привносом от промышленных, коммунально-бытовых, транспортных и других источников. Почва чувствительно реагирует на загрязнение различными токсичными веществами, в том числе и тяжелыми металлами [1].

Среди тяжелых металлов кадмий согласно ГОСТу 17.4.1.02-83 является одним из наиболее токсичных элементов, относится к элементам 1 класса опасности. Доза кадмия 10 мг/кг почвы приводит к 30 % снижению урожая, так как он обладает большой мобильностью, подвижен в почве, легко поглощается растениями, проникает во все их органы [2]. Наиболее существенной особенностью такыровидных почв является довольно высокое валовое содержание Cd по всему профилю по сравнению с его кларком в почвах и тем более кларком в литосфере. Если учесть, что эти такыровидные почвы, образовались в области конечного геохимического стока древней Акдалинской дельты, то повышение содержания Cd по исследованиям Корниенко и др. [3] объясняется его довольно высоким содержанием в речных аллювиальных отложениях, на которых формировались эти почвы. Большинство растений без каких-либо визуальных признаков могут содержать опасное для живого организма количество кадмия [4]. Предполагается, что это становится возможным из-за химического родства Cd и Zn, из-за чего растительные организмы, по-видимому, их не различают [5]. Как известно цинк, как элемент - биофил принимает участие во многих процессах метаболизма, а кадмий следует за ним. При таких обстоятельствах загрязнение кадмием большинства сельскохозяйственных культур становится почти неизбежным [6].

Изучение накоплений тяжелых металлов в почве, сельскохозяйственных культурах в настоящее время является одним из важных направлении в решении проблемы связанной с экологической безопасностью пищевых продуктов. Поэтому исследование содержания кадмия в почве и закономерности поступления в растения в условиях орошаемого агроценоза является одним из актуальных вопросов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты по исследованию закономерностей поступления Cd в культуры риса и яровой пшеницы проводили в условиях лаборатории. Объектом исследования служили искусственно загрязненные Cd в дозах от 5 до 100 мг/кг периодически затапливаемые рисово-болотные почвы Акдалинского массива орошения. Эти

почвы развиваются в специфических условиях, постоянного затопления во время вегетации риса и интенсивного просушивания после вегетации риса. В связи с этим для них характерным является постоянная недоокисленность. В них постоянно присутствуют закисные низковалентные формы переменновалентных элементов, что может быть одним из условий повышения способности тяжелых металлов к миграции и их доступности растениям. Для посева использовали районированные сорта риса «Солнечный» и пшеницы «Казахстанская-10». Семена риса и яровой пшеницы проращивали до 20-ти дневных проростков. Проростки и корни после высушивания и измельчения взвешивались и подвергались анализу на содержание кадмия. Повторность опытов 3-х кратная.

Содержание Cd в растительных образцах определяли атомно-абсорбционным методом на анализаторе АА-6200 фирмы «Shimadsu». 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 [7] с использованием программы пакета анализов «Stat Ex 2.6» и «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление тяжелых металлов в окружающей среде, в почвах сельскохозяйственных агроландшафтов создают высокую степень экологической опасности как для ландшафтов в целом, так и для трофической цепи «почва-растение-животное-человек». Около 70-80 % общего количества тяжелых металлов, поступающих в организм человека, приходится на растительную продукцию [8]. Тяжелые металлы накапливаются преимущественно в корневой части растений за счет защитных барьеров на границах корень-стебель и стебель-плод [9]. Защитные механизмы проявляются до определенного уровня концентрации. Превышение его также нарушает важнейшие свойства клеточных мембран корневой системы, как проницаемость, избирательность поглощения ионов и, в целом, нормальную поглотительно-метаболическую, а также распределительную работу корня, что является основной причиной чрезмерного поступления тяжелых металлов в надземные органы. Результаты наших экспериментов показывают, что на начальных этапах онтогенеза риса между содержанием кадмия в почве и его поступлением в проростки риса существует довольно тесная связь (рисунок 1).

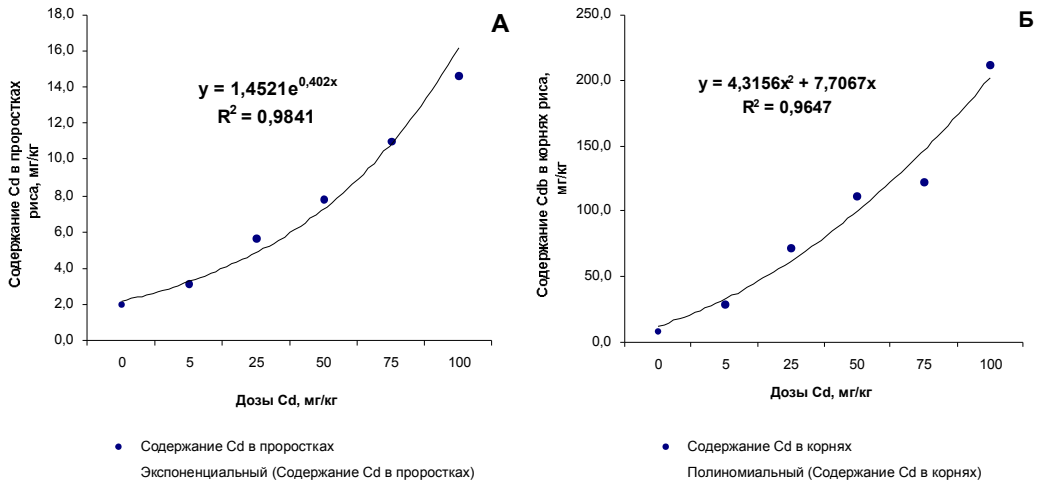

Рисунок 1 - Влияние различных уровней содержания Cd в почве на его накопление проростками (А) и корнями (Б) риса

При возрастании степени загрязнения почв кадмием наблюдается закономерное повышения его поступление, как в проростки, так и в их корни, т. е. можно сказать реакция риса на загрязнение почв кадмием подчиняется правилу «доза-эффект» Данная закономерность хорошо описываются следующими уравнениями: проростки, экспоненциальная зависимость – $y=1,4521e^{0,402x}$ ($R^2=0,9841$), корни, полиноминальная зависимость – $y=4,3156x^2+7,7067x$ ($R^2=0,9647$).

Оказалось, что накопление кадмия корнями идет интенсивнее, чем проростками. Причем данная разница увеличивается также в зависимости от степени загрязнения почв, если условно чистой почве контрольного варианта разница составляет 4,1 раза, то при максимальной дозе кадмия 100 мг/кг достигает уже до 14,5 раза.

Наблюдается практически такая же закономерность поступления кадмия в проростки и корни пшеницы, которая также хорошо описывается следующими полиноминальными уравнениями (рисунок 2): проростки – $y=1,79x^2-1,4217x$ при $R^2=0,9929$; корни – $y=8,3025x^2+10,312x$ при $R^2=0,974$.

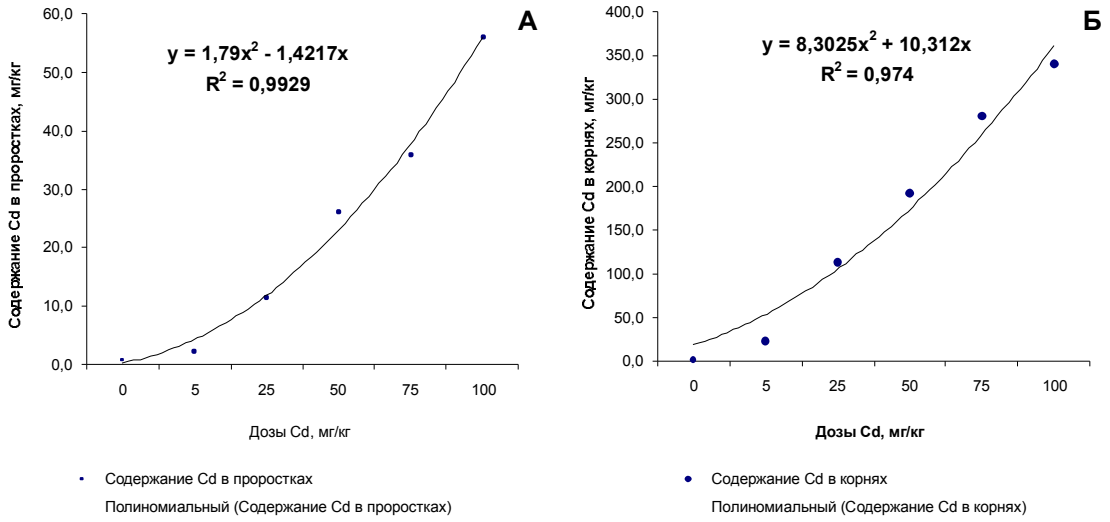

Рисунок 2 - Влияние различных уровней содержания Cd в почве на его накопление проростками (А) и корнями (Б) пшеницы

Корни пшеницы также отличаются высокой способностью накопления кадмия по сравнению с проростками. В то время зависимость разницы содержания кадмия между проростками и корнями от степени загрязнения почв кадмием несколько иная, чем у риса. Максимальная разница до 10 раз наблюдается при средних дозах кадмия, а с увеличением дозы, за счет увеличения поступления кадмия в корни разница постепенно уменьшается до 6,1 раза.

Если сравнить культуры риса и пшеницы между собой по накоплению кадмия, то видно, что при малых дозах проростки и корни риса накапливает кадмия больше чем пшеницы, а при средних и высоких дозах кадмия наоборот - высокой интенсивностью накопления кадмия отличается проростки и корни пшеницы.

Здесь можно сказать, что корневая система обоих изученных культур обладают барьерными функциями, однако последняя в корнях риса развита сильнее, чем у корней пшеницы.

Таким образом, на основе полученных данных можно сделать заключение, что степень накопления кадмия культурами риса и пшеницы на начальных этапах их онтогенеза зависит от степени загрязнения почв, т. е для них характерным является безбарьерный тип накопления кадмия.

Большее поглощение Cd пшеницей можно рассматривать как неспецифическую

реакцию на стресс или разрушение защитных механизмов корневой системы. Известно, что этот элемент даже в ничтожно малых количествах не участвует ни в одном из известных биохимических процессов в организме растения, поэтому можно предположить, что Cd нарушает процессы не только развития ассимиляционной поверхности и накопления биомассы растений пшеницы, но и формирования продуктивности [10]. Это вероятно, связана с высокой токсичностью Cd, так как его фитотоксичность проявляется в тормозящем действии на фотосинтез, нарушении транспирации, фиксации CO_2 изменении проницаемости клеточных мембран [4].

Поэтому нами также было проанализировано влияние различных степеней загрязнения почв кадмием на накопление биологической массы проростков и корней изученных культур. Оказалось, что все изученные дозы кадмия оказывают отрицательное влияние на накопления биологической массы, как проростков, так и корней риса. По сравнению с контролем наибольшее снижение биологической массы проростков до 2,2 г/сосуд наблюдается при дозе кадмия 5,0 мг/кг почвы. Хотя при дальнейшем увеличении дозы происходит некоторое относительное увеличение биологической массы проростков, но все же не достигает массы контрольного варианта. При максимальной дозе кадмия 100,0 мг/кг биомасса проростков ниже, чем на контрольном варианте на 0,5 г/сосуд.

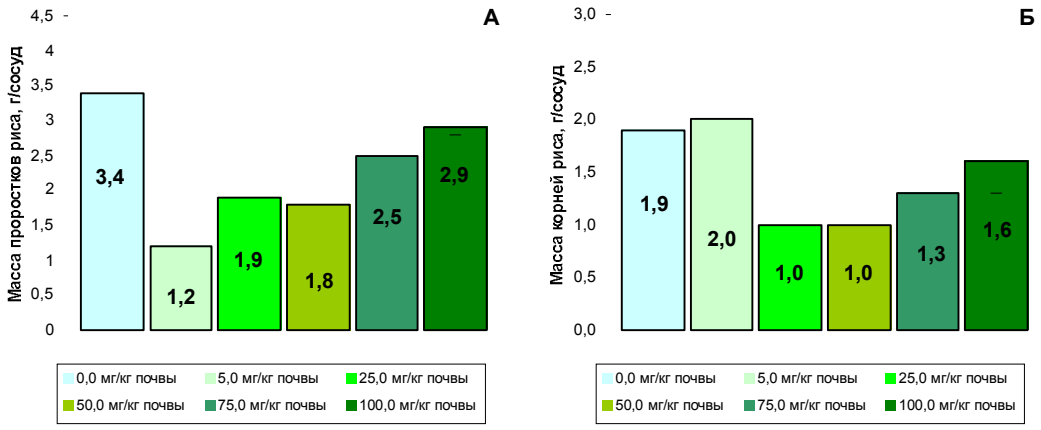

Рисунок 3 - Влияние различных доз Cd на накопление биомассы проростками (А) и корнями (Б) риса

По влиянию возрастающих доз на интенсивность накопления биологической массы проростками и корнями пшеницы наблюдается практически аналогичная рису закономерность. Разница лишь в том, что минимум накопления биомассы несколько сдвинут в сторону высоких доз кадмия. Минимальное накопление биомассы, как проростками, так и корнями приходится на дозу кадмия 50,0 мг/кг почвы (рисунок 4).

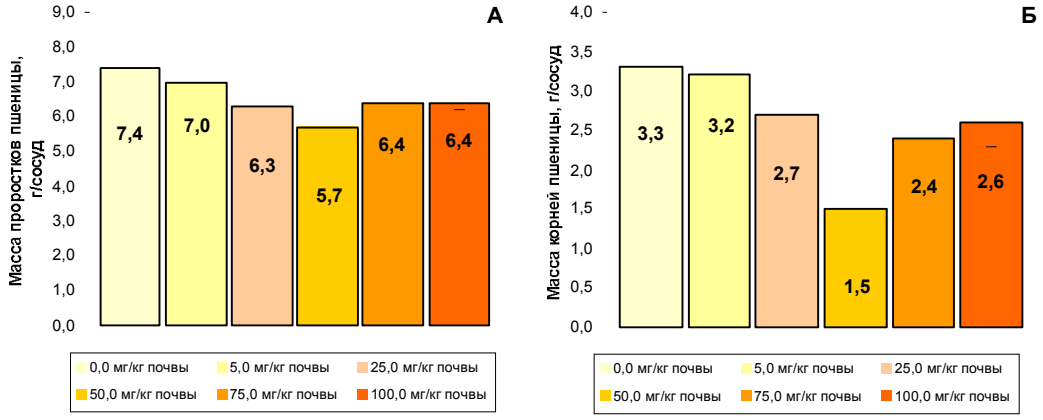

Рисунок 4 - Влияние различных доз Cd на накопление биомассы проростками (А) и корнями (Б) пшеницы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных выявлено, что степень накопления кадмия культурами риса и пшеницы на начальных этапах их онтогенеза зависит от степени загрязнения почв.

Также установлено, что корневая система обоих изученных культур обладают барьерными функциями, при этом последняя в корнях риса развита сильнее, чем у корней пшеницы.

С повышением уровня загрязнения эффект торможения роста корневой системы, накопление тяжелых металлов в корнях и дисбаланс в элементном составе обеих культур усиливается, что в итоге негативно влияет на ход продукционного процесса. Все изученные дозы кадмия приводит снижению накопления биологической массы, как проростков, так и корней культур риса и пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мотузас А. Исследования натуральной и экспериментальной сорбции тяжелых металлов в придорожных лювисолях Литвы // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: материалы III международной научно-практической конференции – Семипалатинск. 2004. Т. 1. С. 113.

2. Степанова М.Д. Подходы к оценке загрязнения почв и растений тяжелыми металлами // Химические элементы в системе почва-растения. Новосибирск. Наука. Сиб. отд-ние. 1982. С. 92-105.

3. Корниенко В.А., Байменова А., Отаров А., Сауранбекова М.К. Особенности поведения Cd в такыровидных почвах // Плодородие почв Казахстана». Вып. 8. Алматы. 1993. С. 82-97.

4. Черных Н.А., Овчаренко М.М.. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеноценозах. М.: «Агропромиздат» 2002. 200 с.

5. Первунина Р.И. Формы Cd в почвах и поступление его в растения // Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: «Наука». 1992.

6. Черникова В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология // М.: «Колос». 2000.

7. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. // М.: МГУ. 1995. 320 с.

8. Староверова А.В., Ващенко Л.Б. Влияние техногенных воздействий на природные экологические аспекты // Химия в сельском хозяйстве. 1998. № 5. 6. С. 37-38.

9. Ковда В.А., Золотарева Б.Н., Скрипниченко И.А. О биологической реакции растений на тяжелые металлы в среде // ДАН СССР. Т. 247. № 3. 1979. С. 766-768.

10. Серегина И.И. Возможности применения регуляторов роста для снижения негативного действия Cd на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы // Агрохимия. 2004. № 2. С. 71-74.

ТҮЙІН

Мақалада күріштік агроценоз жағдайында топырақтың ластану деңгейіне байланысты кадмийдің күріш пен бидайдың алғашқы онтогенез кезеңіндегі өскіндеріне өту заңдылығының зертеу қорытындысы қарастырылады. Тәжірибе нәтижесінде зерттелген дақылдардың өскіндері мен тамырларында кадмийдің жинақталуы шексіз екені анықталды.

RESUME

The article includes the results of the research work on study of regulations of Cadmium income to the rice and wheat plants at the beginning stages of ontogenesis depending on the level of contamination of soils in conditions of rice agricenosis.

It has been determined that for the sprouts and the roots of the investigated crops the barrier free type of Cadmium accumulation is typical.