

ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩАЯ РОЛЬ ЦИРКОНА В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ЦИНКОМ

*В.И. Трухачев, ак. РАН, И.И. Серегина, д.б.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н.,
И.И. Дмитриевская, д.с.-х.н., Д.М. Ахметжанов, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49
seregina.i@inbox.ru*

Изучали в вегетационном опыте в почвенной культуре защитно-стимулирующую роль регулятора роста в формировании урожайности яровой пшеницы сорта Лада на фоне высокого уровня содержания цинка в почве. Установлено, что высокий уровень загрязнения почвы цинком снижает фотосинтетическую активность растений, вызывая торможение активного нарастания надземной массы растений и уменьшение величины и продолжительности работы ассимиляционного аппарата растений, способствуя снижению урожайности яровой пшеницы. Применение регулятора роста обеспечивает реализацию защитно-стимулирующих способностей растений пшеницы при высоком содержании цинка в почве. Показано стимулирующее действие циркона на формирования репродуктивной сферы растений, что проявилось в активизации процессов закладки и формирования зерен в колосе и обусловило рост урожайности растений. Выявлено, что циркон стимулировал аттрагирующую способность колоса в фоновых вариантах, что обусловлено ростом числа зерен в колосе.

Ключевые слова: уровень цинка в почве, циркон, регулятор роста, яровая пшеница, обработка семян перед посевом, фоллиарная обработка вегетирующих растений.

Для цитирования: Трухачев В.И., Серегина И.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Ахметжанов Д.М. Защитно-стимулирующая роль циркона в формировании урожайности яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком // Плодородие. – 2022. – №2. – С. 44-49. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.11.

Основные источники поступления тяжелых металлов в почву – выбросы промышленных предприятий, выхлопные газы автотранспортных средств, нерациональное применение минеральных и органических удобрений, остатки сточных вод [1, 2]. Почвы, прилегающие к промышленным предприятиям горно-добывающей и металлургической промышленности, тепловым электростанциям, предприятиям по переработке нефти, строительной промышленности содержат тяжелые металлы в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации. Превышение содержания тяжелых металлов в таких почвах может достигать сотни раз. Один из опасных токсикантов – цинк [3]. Он, являясь биогенным элементом, проявляет в растениях физиолого-биохимические функции. Известна существенная роль цинка в функционировании ряда ферментов, в том числе карбоангидразы, щелочной фосфатазы, малатдегидрогеназы и т.д. [4]. Цинк оказывает влияние на рост и развитие растений, увеличивает их устойчивость к стрессовым условиям. В то же время высокие концентрации его в почве оказывают токсическое действие на растения, снижая урожайность сельскохозяйственных культур и ухудшая качество получаемой продукции. В данном случае причина токсичности цинка зависит главным образом от физико-химической поглотительной способности почв, определяемой содержанием органического вещества в ней, гранулометрическим составом, рН среды [5]. Следует отметить, что отдельные аспекты влияния высокого уровня содержания цинка в почвах, а также способы снижения токсического действия этого элемента в условиях современного техногенного загрязнения окружающей среды актуальны и имеют большую практиче-

скую значимость.

В последнее время все больший интерес представляют биологически активные вещества, например регуляторы роста, которые применяют в качестве средств защиты растений и повышения их устойчивости к биотическим и абиотическим факторам [6]. Однако, сведений о влиянии регуляторов роста и других химических веществ на снижение негативного действия токсических металлов и радионуклидов на растение в литературе недостаточно.

Цель наших исследований – изучить защитно-стимулирующую роль регулятора роста циркон в формировании урожайности и химический состав растений яровой пшеницы сорта Лада при выращивании на фоне высоких концентраций цинка в почве.

Методика. В вегетационном домике РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева был проведен вегетационный опыт с яровой пшеницей. Объект исследований – яровая пшеница сорта Лада, выведенный в НИИСХ ЦНРЗ. Растения выращивали в условиях почвенной культуры в сосудах Вагнера вместимостью до 5 кг почвы в соответствии с методикой [7].

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы следующая: рН_{KCl} 6,1 (ГОСТ 26483-85), Нг – 2,2 мг-экв/100 г (по Каппену, ГОСТ 26212-91), S – 17,1 мг-экв/100 г (по Каппену – Гильковицу, ГОСТ 27821-88), V – 88,6 %, Н_{цг} – 80 мг/кг (по Корнфилду). Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора – 319 мг/кг (6-й класс) и калия – 219 мг/кг (5-й класс) (по Кирсанову, ГОСТ 54650-2011). Содержание подвижных форм цинка – 26 мг/кг (3-й класс, ГОСТ Р 50686-94).

Уровень минерального питания создавали путем внесения химически чистых солей NH_4NO_3 (35,5 %), KH_2PO_4 (52,2 %), KCl (63,2 %). Во всех вариантах в почву вносили азот, фосфор и калий из расчета 150 г/сосуд почвы каждого элемента в пересчете на оксиды. В опыте моделировали различные уровни содержания цинка в почве: **фон** (исходное содержание цинка в почве), **Zn1** – путем внесения раствора сернокислой соли элемента ZnSO_4 (22 % д.в.) из расчета 100 мг/кг почвы и **Zn2** – путем внесения ZnSO_4 (22 % д.в.) из расчета 500 мг цинка/кг почвы.

В эксперименте изучали различные способы обработки регулятором роста: обработка семян перед посевом путем замачивания в течение 10 ч в 0,01 %-ном растворе препарата и фолиарная обработка вегетирующих растений раствором препарата той же концентрации в начале фазы выхода в трубку. Контролем служили варианты без обработки регулятором роста. Во всех вариантах растения выращивали в оптимальных условиях увлажнения (60 % ПВ).

Повторность опыта 4-кратная. Посев осуществляли по 30 семян с последующим прореживанием в фазе кушения до 15 растений.

Для оценки фотосинтетической активности растений пшеницы определяли площадь ассимиляционной поверхности растений и фотосинтетический потенциал ассимиляционного аппарата.

После уборки культуры анализировали структуру растения и урожай яровой пшеницы. Для оценки выноса основных элементов питания растениями яровой пшеницы определяли содержание в них общего азота, фосфора и калия общепринятыми методами [8]. Для оценки возможности использования урожая основной продукции на пищевые и кормовые цели определяли содержание цинка в зерне и соломе на атомно-абсорбционном спектрофотометре [ОСТ 10-125-96].

Статистическую обработку результатов опыта проводили с использованием однофакторного метода дисперсионного анализа [7].

Результаты и их обсуждение. Как показали результаты исследований, высокий уровень загрязнения почвы цинком оказывает отрицательное влияние на фотосинтетическую активность (рис. 1, 2), вызывая снижение активного нарастания надземной массы растений и уменьшение урожайности (рис. 3) растений пшеницы.

Установлено, что при выращивании пшеницы в условиях высокого загрязнения почвы цинком снижается фотосинтетическая активность растений. Выявлены торможение процессов интенсивного нарастания размеров ассимиляционной поверхности растений в течение вегетации (см. рис. 1) и нарушение синтеза и оттока ассимилятов, что ограничивало величину и продолжительность работы листового аппарата растений (см. рис. 2). В варианте Zn1 в течение вегетации снижается интенсивный рост стебля (см. рис. 1, а) яровой пшеницы. В то же время, площадь ассимиляционной поверхности листьев в этом варианте не изменяется по сравнению с фоновым вариантом. Однако эффективность работы листового аппарата снижается постепенно и достигает минимальных значений в фазе цветения. Установлено, что уменьшение величины фотосинтетического потенциала к фазе выхода в трубку составило только 2 %, к фазе цветения – более чем в 2,5 раза по сравнению с фоновым вариантом. По-видимому, это позволило растениям накопить достаточное количество

ассимилятов к фазе выхода в трубку, однако снижение продолжительности работы ассимиляционного аппарата растений ограничивает эффективное использование ассимилятов для формирования высокого урожая яровой пшеницы в этом варианте. В варианте Zn1 снижение массы зерна составило 11 % (до 5,4 г/сосуд с 6,0 г/сосуд в фоновом варианте) и массы соломы на 6 % (см. рис. 3). При этом структура урожая растений не изменилась по сравнению с фоновым вариантом. В варианте Zn2 выявлено снижение активного роста листового аппарата пшеницы в течение вегетации (см. рис. 1, б), а также продолжительности ее эффективной работы (см. рис. 2). Снижение фотосинтетического потенциала листовой поверхности растений к фазе выхода в трубку составило 32 %, к фазе цветения – в 3,3 раза. Это обусловило снижение массы зерна до 3,9 г/сосуд (на 35 %) по сравнению с фоновым вариантом (6,0 г/сосуд), массы соломы – на 16 % (см. рис. 3). В этом варианте отмечено ухудшение структуры растения в результате снижения доли зерна до 24 % по сравнению с 28 % (в фоновом варианте) и увеличения доли соломы до 76 % (по сравнению с фоновым вариантом 72 %).

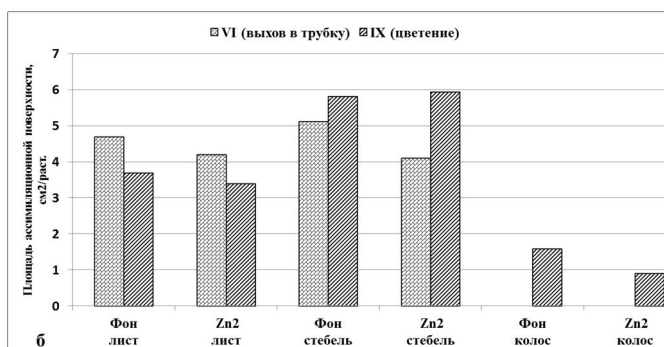
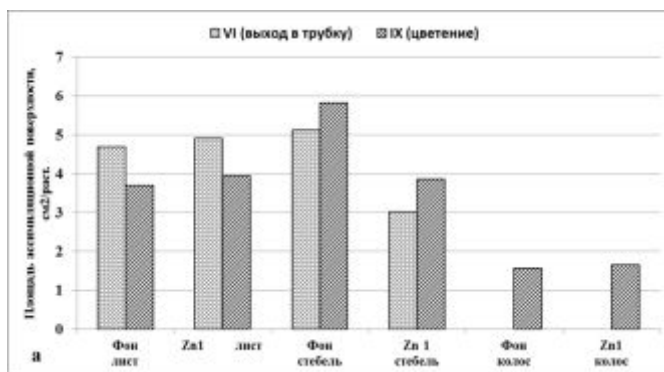


Рис. 1. Площадь ассимиляционной поверхности растений пшеницы в зависимости от уровня загрязнения почвы цинком: а – Zn1, б – Zn2

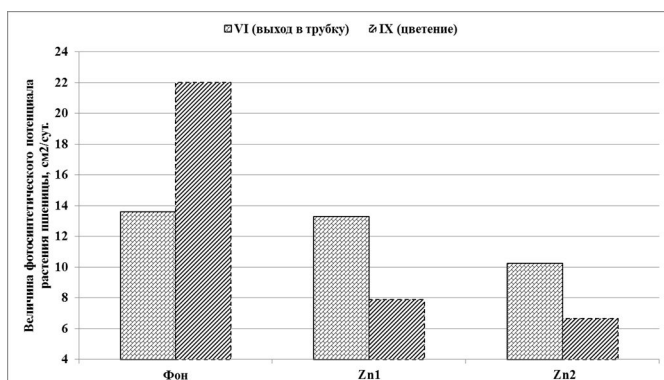


Рис. 2. Фотосинтетический потенциал яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком

Применение регулятора роста способствовало увеличению урожайности растений пшеницы на 23-25 % в вариантах с фоновым содержанием цинка в почве. В этих вариантах наблюдалось стимулирующее действие циркона на формирование продуктивности растений, что определило изменение структуры урожая растений за счет роста доли зерна до 37-39 % и снижения доли соломы до 61-63 % по сравнению с контролем (без обработки).

В условиях загрязнения почвы цинком регулятор роста оказывал защитное действие на процессы формирования урожайности растений пшеницы при использовании foliarной обработки вегетирующих растений

(см. рис. 3). Установлено возрастание массы растений на 27-28 % по сравнению с вариантами без обработки растений цирконом, что способствовало увеличению доли зерна в структуре надземной массы растений.

В варианте Zn1, где применяли foliarную обработку вегетирующих растений, показано увеличение только массы зерна с 5,4 на контроле до 6,9 г/сосуд (почти на 22 %), масса соломы осталась без изменения. В варианте Zn2 при использовании foliarной обработки растений отмечено возрастание массы как зерна, так и соломы с 3,9 на контроле до 5,0 г/сосуд (в 1,3 раза) и с 12,6 до 16,0 г/сосуд (в 1,2 раза) соответственно.

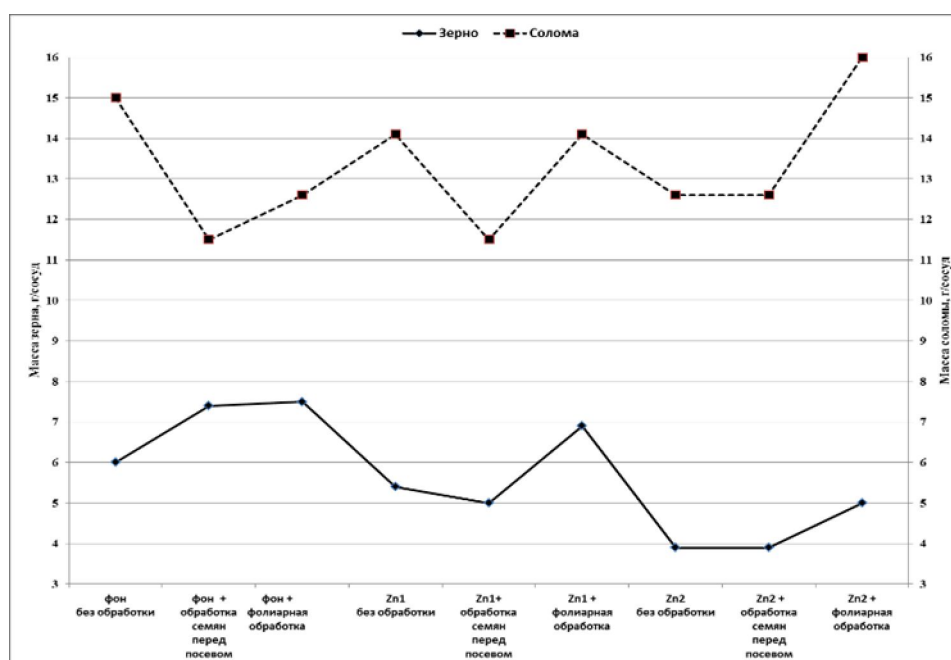


Рис. 3. Влияние регулятора роста на массу зерна и соломы растений яровой пшеницы при высоких концентрациях цинка в почве

Применение регулятора роста в фоновых вариантах способствовало активизации процесса формирования зерен в колосе, что обусловило рост урожайности в этих вариантах. В то же время при использовании циркона

число колосков не изменилось, что свидетельствует о стимулировании аттрагирующей способности колоса.

Результаты исследований показали, что повышение уровня содержания цинка в почве отрицательно влияет на формирование элементов продуктивности (рис.4).

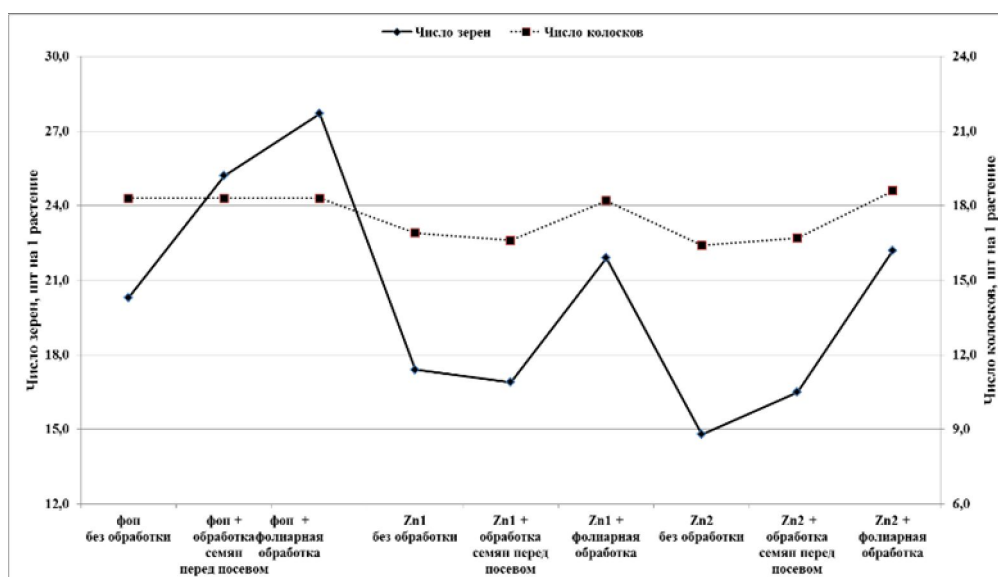


Рис. 4. Влияние регулятора роста на формирование элементов продуктивности растений пшеницы

Как видно из рисунка 4, увеличение уровня загрязнения почвы цинком способствовало резкому снижению числа зерен до 14,8, (по сравнению с 20,3 на контроле в фоновом варианте), а также уменьшению общего числа колосков до 16,4 (по сравнению 18,3 на контроле) в колосе яровой пшеницы. Это обусловлено, по-видимому, нарушением оттока ассимилятов из вегетативных органов в генеративные.

В условиях загрязнения почвы цинком при использовании циркона путем foliarной обработки растений проявилось положительное действие последнего на формирование репродуктивной сферы растений пшеницы (см. рис. 4). В варианте Zn1 при foliarной обработке растений регулятором роста отмечено увеличение числа зерен и колосков в колосе с 17,4 на контроле до 21,9 и с 16,9 до 18,2 соответственно, что способствовало возрастанию урожая зерна в среднем 1,2 раза. В варианте Zn2 при использовании той же обработки растений число зерен и колосков значительно возросло по сравнению с контролем (без обработки) – в 1,5; 1,2, раза соответственно, что позволило получить прибавку урожая зерна на 30 %.

Выявлено, что применение обработки семян цирконом перед посевом не привело к достоверному улучшению условий закладки элементов продуктивности и соответственно не изменило величину урожайности растений при загрязнении почвы цинком.

Таким образом, проведенные исследования позволили изучить защитно-стимулирующее действие циркона на растения яровой пшеницы сорта Лада в условиях загрязнения почвы цинком. В вариантах при фоновом содержании цинка в почве выявлено стимулирующее

действие циркона на урожайность яровой пшеницы при обоих способах обработки. Показано стимулирующее действие циркона на процессы формирования репродуктивной сферы растений, что проявилось в активизации процессов закладки и формирования зерен в колосе и обусловило рост урожайности растений. Выявлено, что циркон стимулировал аттрагирующую способность колоса в фоновых вариантах, что обусловлено ростом числа зерен в колосе. В условиях загрязнения почвы цинком защитное действие циркона проявилось только при foliarной обработке вегетирующих растений. Установлено улучшение условий закладки и реализации зерен в колосе, что способствовало увеличению их числа и определило рост урожайности при различных уровнях загрязнения почвы цинком.

Известно, что конечная урожайность растений зависит от условий, которые складываются в течение вегетационного периода. Размеры потребления основных элементов питания зависят от содержания элементов питания в почвенном растворе, избирательной способности растений, интенсивности процессов накопления и других аспектов. Соотношение элементов питания в почвенном растворе, а также антагонистические и синергические взаимодействия при их поступлении в растения меняют свой характер в зависимости от вида и фазы развития растений, условий выращивания, складывающихся в течение вегетационного периода [12]. Исследования позволили установить, что различные уровни содержания цинка в почвенном растворе при выращивании пшеницы изменили размеры поступления и накопления в различных органах растений основных элементов питания (рис. 5).

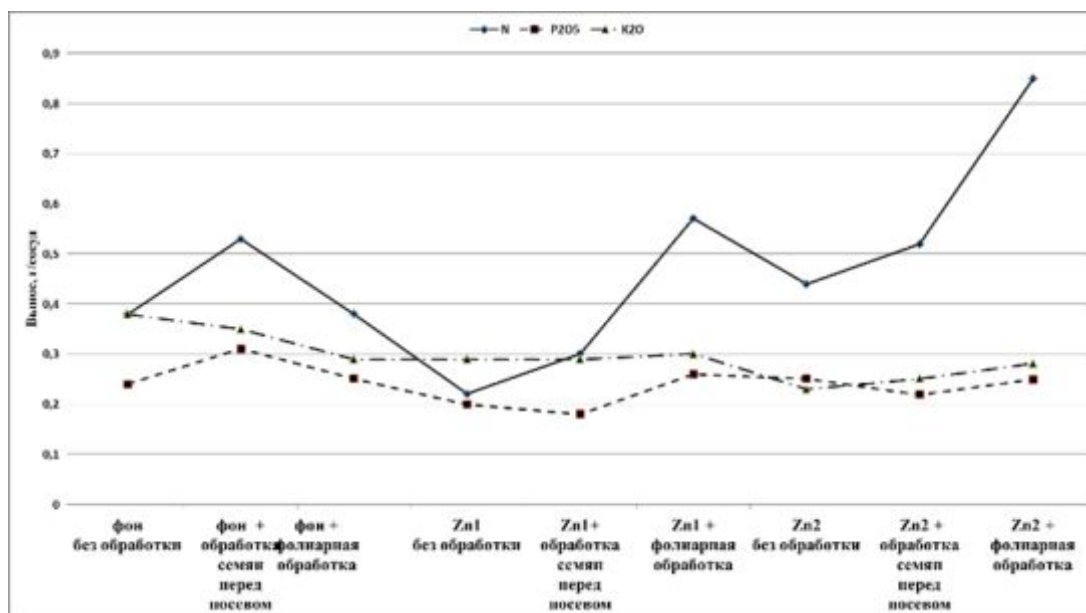


Рис. 5. Вынос основных элементов питания яровой пшеницы в зависимости от содержания цинка в почве при применении регулятора роста

Установлено резкое снижение выноса азота, фосфора и калия в варианте Zn1 в 1,68 раз, 1,20 и 1,3 раза соответственно по сравнению с контрольным вариантом, что обусловлено снижением урожайности растений и нарушением процессов поступления элементов питания. При этом содержание цинка в зерне пшеницы увеличилось почти на 60 % по сравнению с фоновым вариантом (см. рис. 6).

В варианте Zn2 отмечено снижение выноса растениями калия в 1,4 раза по сравнению с контролем (см. рис. 5). При этом содержание цинка в зерне пшеницы возросло более чем в 2 раза, в соломе – в 1,75 раз по сравнению с фоновым вариантом (рис. 6). Это свидетельствует о возникновении антагонистических явлений в данных условия выращивания.

Уменьшение размеров поглощения растениями основных элементов питания в условиях токсического содержания цинка в почве вызвано, по-видимому, нарушением развития корневой системы растений [13], что обуславливает замедление процессов роста и накопления биомассы растений и является причиной снижения урожайности пшеницы.

В исследованиях изучалось защитно-стимулирующее действие циркона на вынос основных элементов питания растениями пшеницы. Наибольшее положительное действие получено при использовании фоллиарной обработки вегетирующих растений при обоих уровнях загрязнения почвы цинком (см. рис. 5). В варианте Zn1 при использовании обработки семян перед посевом наблюдалось увеличение выноса азота на 36 %. Содержание цинка в зерне снизилось на 4 %, в соломе – увеличилось на 9

% (см. рис. 6). При использовании фоллиарной обработки растений цирконом увеличился вынос азота, фосфора и калия в 2,6; 1,25 и 1,07 раз соответственно, по сравнению с вариантом без обработки (см. рис. 5). Содержание цинка снизилось в 1,7 раза только в соломе. В варианте Zn2 при использовании обработки семян перед посевом вынос азота возрос на 21 %, калия – на 9 %. Вынос фосфора в этом варианте снизился на 19 % (см. рис. 5). Содержание цинка в соломе уменьшилось на 23 % (см. рис. 6). В этих же условиях (Zn2) при использовании фоллиарной обработки растений цирконом выявлено увеличение выноса азота в 1,93 раза, калия в 1,2 раза по сравнению с вариантом без обработки регулятором роста (см. рис. 5). Содержание цинка снизилось в зерне на 21 %, в соломе более чем в 2,5 раза (см. рис. 6).

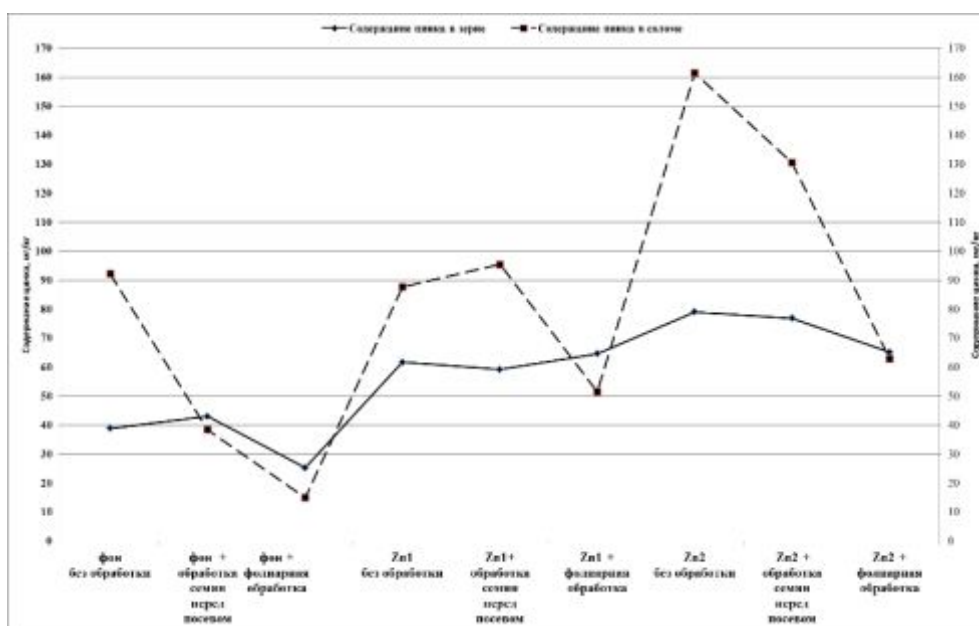


Рис. 6. Содержание цинка в зерне и соломе яровой пшеницы в зависимости от условий выращивания

Результаты исследований показали, что при использовании регулятора роста происходят увеличение выноса основных элементов питания и снижение накопления цинка в основной и побочной частях урожая пшеницы. Выявлено, что наибольшие изменения в химическом составе растений наблюдаются в отношении азота и цинка. Отмечены резкое увеличение выноса азота и снижение размеров поступления цинка в растения пшеницы при использовании циркона в условиях загрязнения почвы. Можно сделать вывод, что действующее вещество циркона, которое представляет собой смесь оксикоричных кислот, активизирует защитные механизмы растений пшеницы. Это способствует возрастанию их устойчивости и стимулирует поступление и накопление основных элементов питания в растениях яровой пшеницы, что, вероятно, и оказало значительное влияние на урожайность яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком.

В соответствие с СанПиН № 5061-89 ПДК цинка в зерне составляет 50 мг/кг. Полученные в исследованиях результаты свидетельствуют, что циркон оказывает защитное действие на растения пшеницы, снижая размеры поступления и накопления цинка в растениях, однако величины содержания превышают допустимые уровни. В этой связи, можно предположить, что в дан-

ных условиях выращивания следует применять двойные обработки растений изучаемым регулятором роста.

Выводы. 1. Установлено, что высокий уровень загрязнения почвы цинком снижает фотосинтетическую активность растений, вызывая торможение активного нарастания их надземной массы. Уменьшение величины и продолжительности работы ассимиляционного аппарата яровой пшеницы сорта Лада способствует снижению урожайности растений.

2. В условиях загрязнения почвы цинком защитное действие циркона проявилось только при фоллиарной обработке вегетирующих растений. Выявлено улучшение условий закладки и реализации зерен в колосе, что способствовало увеличению их числа и определило рост урожайности при различных уровнях загрязнения почвы цинком. При этом отмечено увеличение массы зерна в варианте Zn1 на 22 %, в варианте Zn2 в 1,3 раза и соломы в 1,2 раза по сравнению с вариантом без циркона.

3. Выявлено, что повышенный уровень загрязнения почвы цинком оказывает негативное влияние на формирование элементов продуктивности, в результате чего снижается урожайность пшеницы. При применении фоллиарной обработки вегетирующих растений выявлено увеличение числа зерен в колосе примерно на 26

% и числа колосков на 8 %, что оказало существенное влияние на величину урожая зерна пшеницы. Применение предпосевной обработки семян не привело к достоверному улучшению условий закладки элементов продуктивности, что ограничило потенциальные возможности растений пшеницы в данных условиях.

4. Установлено, что при высоком содержании цинка в почве снижается вынос основных элементов питания и резко возрастает содержание цинка в растениях пшеницы. Показано, что при использовании регулятора роста происходят увеличение выноса основных элементов питания и снижение накопления цинка в основной и побочной частях урожая пшеницы.

5. Выявлены резкое увеличение выноса азота и снижение размеров поступления цинка в растения пшеницы при использовании циркона в условиях загрязнения почвы. Можно сделать вывод, что действующее вещество циркона способствует возрастанию их устойчивости и стимулирует поступление и накопление основных элементов питания в растениях яровой пшеницы. Это, веро-

ятно, и оказало значительное влияние на урожайность яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком.

Литература

1. Волошин Е.И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях // *Агрохимический вестник*. – 2000. – № 3. – С. 23-26.
2. Водяницкий Ю.Н. Формы цинка в загрязненных почвах // *Почвоведение*. – 2010. – № 3. – С. 293-302.
3. Лукин С.В., Явтушенко В.Е., Солдат И.Е. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы // *Агрохимия*. – 2000. – № 2. – С. 73-77.
4. Ансюк П.И. Микроудобрения. – М.: Колос, 1978. – 272 с.
5. Воропаев В.Н., Пащикова О.М. Цинк в почвах и растениеводческой продукции стационарного опыта // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2009. – № 2. – С. 31-35.
6. Ульяненко Л.Н., Круглов С.В., Филиппас А.С., Алексахин Р.М. Влияние физиологически активных веществ на накопление растениями из почвы радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr // *Агрохимия*. – 2002. – № 3. – С. 67-72.
7. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В. Агрохимические методы исследований. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 309 с.
8. Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. Практикум по агрохимии/ Под ред. В.В. Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
9. Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидова Л.М., Санаров А.И. и др. Подвижность и параметры миграции Zn в системе чернозем типичный-растения ячменя // *Агрохимия*. – 2020. – № 12. – С. 50-63.

PROTECTIVE AND STIMULATING ROLE OF GROWTH REGULATOR IN FORMATION OF SPRING WHEAT YIELD IN CONDITIONS OF SOIL CONTAMINATION WITH ZINC

V.I. Trukhachev Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector of the Russian State Agricultural University named after K.A. Timiryazev,

I.I. Seregina Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology,

S.L. Belopukhov Acting Director of the Institute of Agrobiotechnology,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Chemistry,

I.I. Dmitrevskaya Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Chemistry,

D.M. Akhmetzhanov Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49

seregina.i@inbox.ru

In model experiments in soil culture, the protective and stimulating role of the growth regulator in the formation of the yield of spring wheat variety Lada was studied against the background of a high level of zinc in the soil. It has been established that a high level of soil contamination with zinc reduces the photosynthetic activity of plants, causing inhibition of the active growth of the aboveground mass of plants and a decrease in the size and duration of the work of the assimilation apparatus of plants, contributing to a decrease in the yield of spring wheat. The use of a growth regulator ensures the implementation of the protective and stimulating abilities of wheat plants with a high content of zinc in the soil. The stimulating effect of zircon on the processes of the formation of the reproductive sphere of plants was shown, which manifested itself in the activation of the processes of setting and formation of grains in an ear and caused an increase in plant productivity. It was revealed that zircon stimulated the attracting ability of an ear in the background variants, which is due to an increase in the number of grains in an ear.

Key words: high level of zinc in soil, growth regulator, spring wheat, seed treatment before sowing, foliar treatment of vegetative plants.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.12

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

В.И. Савич, д.с.-х.н., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

E-mail: savich.mail@gmail.com

В работе предлагается оценка влияния факторов почвообразования на генезис и эволюцию почв.

$\Sigma U = \Pi \Sigma K_i X_i^n t V$, ΣU – сочетание свойств почв, где Π – порода, K_i – степень влияния фактора почвообразования на породу, X_i – интенсивность этого влияния, t – продолжительность влияния, V – скорость изменения свойств почв под влиянием K_i . При действии нескольких факторов на породу проявляются эффекты синергизма и антагонизма. Доказывается необходимость учета в качестве факторов почвообразования влияния геофизических полей и микробиологической активности. Показано, что все процессы в биогеоценозах протекают с определенной скоростью, что необходимо учитывать при агроэкологической оценке почв и прогнозировании эволюции почв.

Ключевые слова: почва, генезис, плодородие, факторы почвообразования, агроэкологическая оценка.

Для цитирования: Савич В.И. Генетическая и агроэкологическая оценка почв с учетом влияния факторов почвообразования// *Плодородие*. – 2022. – №1. – С. 49-52. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.12.