

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С. В. Пугаев

В статье на основе многолетних данных доказывается, что содержание тяжелых металлов в зерне яровой и озимой пшеницы зависит от типа почвы, концентрации в ней металлов, уровня техногенного загрязнения и соотношения этих факторов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, пшеница, тип почвы, техногенное загрязнение.

CONTENT OF HEAVY METALS IN THE GRAIN AND WINTER WHEAT GROWING IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

S. V. PUGAEV

Long-term data shows that the concentration of heavy metals in grain of spring and winter wheat depends on the soil type, the concentration of metals in them, the level of technogenic pollution; the correlation of these factors is considered in the article.

Keywords: heavy metals, wheat, soil type, technogenic pollution.

Производство зерна пшеницы представляет собой важное направление обеспечения продовольственной безопасности страны. В связи с этим необходимо выращивать такое зерно, мука из которого имела бы высокие хлебопекарные качества и соответствующую ГОСТам экологическую чистоту. В частности, содержание в зерне тяжелых металлов (ТМ) не должно превышать ПДК и отвечать физиологическим нормам. На этом основании целью нашего исследования было определение содержания ТМ в зерне пшеницы и почве из агропочвенных районов, различающихся по составляющим их типам почв. В процессе работы выявлялся уровень ТМ в зерне яровой и озимой пшениц из различных агропочвенных районов; изучался валовый уровень ТМ в почвах исследуемых районов.

В связи с широким набором типов почв в Республике Мордовия, ее территория условно была разделена на пять агропочвен-

ных районов [1]. Нами исследовался первый район, содержащий дерново-подзолистые и серые лесные почвы легкого гранулометрического состава; третий – с серыми лесными тяжелосуглинистыми почвами. Четвертый – с выщелоченными тяжелосуглинистыми черноземами.

Репрезентативная выборка проб зерна и почвы осуществлялась в районах, контрастных по типу почв. Анализ продукции и почв проводился рентгенофлуоресцентным методом [2; 3]. Результаты обрабатывались стандартными статистическими методами по [4].

Озимая пшеница. В зерне озимой пшеницы из 1-го агропочвенного района в следовых количествах был найден свинец (см. табл.), а из 3 и 4-го различия были не достоверными, возможно, из-за очень высокой вариабельности. Среди почв обследованных районов максимальная концентрация металла оказалась в 1-м, в других была меньшей или аналогичной. Коэффициент вариации

в 1-м и 3-м районах был практически одинаковым, а в 4-м районе – выше из-за неравномерного загрязнения, вероятно, вследствие наличия точечных источников промышленных выбросов. Высокое содержание валового свинца в пахотном слое почв 1-го района обусловлено, возможно, его уровнем в подстилающих породах.

Концентрация меди в зерне озимой пшеницы из 4-го района была достоверно выше, чем из 1-го и 3-го районов, где она оказалась одинаковой. В почвах 1-го района выявлено максимальное валовое содержание меди, а в других оно было достоверно меньше и одинаковым. Медь обладала самыми высокими среди металлов коэффициентами вариации. Эти данные свидетельствуют о том, что уровень меди в зерне с территории 4-го агропочвенного района сложился в результате совокупности высокого содержания в черноземах подвижной формы [5] и техногенного загрязнения.

При одинаковом содержании марганца в зерне из различных мест произрастания коэффициент его вариации возрастал от 1-го района к 3-му району и далее к 4-му. Количество валовых форм марганца в почве – самое высокое среди исследуемых ТМ. В 1-м агропочвенном районе оно было максимальным, с самым низким коэффициентом вариации и, согласно нашим и литературным [5] данным, уровнем подвижных форм. Почвы 3-го и 4-го районов содержали марганец в более низкой концентрации но имели больше подвижных форм и более высокие и близкие коэффициенты вариации.

Следовательно, более неравномерное распределение марганца в почвах 3-го и 4-го районов отразилось на вариабельности содержания металла в зерне.

В ходе исследования выявилась тенденция к увеличению количества хрома в зерне озимой пшеницы от 1-го к 3-му району и далее к 4-му. Коэффициент вариации его концентрации в зерне из 1-го района был очень высокий; из 3-го – почти в два раза меньше, а из 4-го – практически в два раза выше, чем в 1-м. Среднее содержание валового хрома в почвах всех районов находилось на втором месте после марганца. Оно достоверно уменьшалось от 1-го района к 4-му району. Наибольшее значение коэф-

фициента вариации имели почвы 1-го, а минимальное – 3-го районов. Следовательно, снижение содержания хрома в почве от 1-го района к 4-му с одновременным его возрастанием в зерне явилось, возможно, следствием увеличения подвижности этого металла, как и меди. Для зерна из 3-го района наиболее велико влияние почвы: повышенный уровень металла, относительно низкие значения ошибки средней величины и коэффициента вариации. При этом зерно из 1-го и 4-го районов имеет большую вероятность техногенного загрязнения хромом.

Яровая пшеница. В зерне из агропочвенных 3-го и 4-го районов содержание свинца практически одинаковое, как и в озимой пшенице, но с высокой степенью варьирования, что указывает на возможное техногенное загрязнение (см. табл.).

Содержание меди в зерне яровой пшеницы из 3-го района было достоверно в 6 раз больше, чем из 4-го, но с низкими и практически одинаковыми коэффициентами вариации. В связи с тем, что у озимой пшеницы в подобных условиях имелись противоположные значения, различия в ее концентрации заключались в биологических особенностях культуры.

Марганец в зерне содержался в одинаковых, как и у озимой пшеницы, концентрациях и с более низкими, чем у нее, коэффициентами вариации, что свидетельствует о ее большей подверженности антропогенному загрязнению. Возможно, это связано с различиями в длине и особенностями периода вегетации.

Содержание хрома в зерне в зависимости от района различалось в 2 раза, но не достоверно. Высокие коэффициенты вариации свидетельствуют о его возможном загрязнении, особенно из 4-го района, где содержание хрома в зерне было выше, как и у озимой пшеницы.

Таким образом, содержание свинца, марганца и хрома в зерне яровой пшеницы из обоих районов различалось недостоверно. Для меди, марганца и хрома коэффициенты вариации оказались самыми низкими, только с достоверным различием в концентрации у меди. Более высокие значения коэффициентов вариации свинца и хрома в зерне из 4-го района указывают на вероятность загрязнения техногенными выбросами.

Содержание ТМ в зерне озимой и яровой пшеницы и почве агропочвенных районов Республики Мордовия

| ТМ | Показатель | Содержание ТМ в зерне (среднее за три года), мг/кг | | | | | | | | | | Содержание ТМ в почве, мг/кг | | | | | |
|-----|------------|--|------------|-----------|-----------|-------------------------|----------------|------------------|------------------|---|---|------------------------------|--|--|--|---|----------------------|
| | | Озимая пшеница | | | | | Яровая пшеница | | | | | Агропочвенные районы | | | | | |
| | | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | | | | | 4 | |
| Pb | n | 26 | 21 | 66 | 20 | 18 | 576 | 467 | 942 | | | | | | | | |
| | M±m | следы | 0,2±0,11 | 0,08±0,02 | 0,1±0,03 | 0,08±0,08 | 26,11±0,78 | 14,22±0,49 | 15,67±0,45 | | | | | | | | |
| | lim | следы | 0-1,5 | 0-0,6 | 0-0,5 | 0-1,5 | 1,0-115,0 | 0-68,0 | 0-199,0 | | | | | | | | |
| | td | | 1:3*; 1:4* | | - | | | | 1:3*; 1:4*; 3:4* | | | | | | | | |
| Cu | КБП | - | 0,015 | 0,005 | 0,007 | 0,0005 | | | | | | | | | | | |
| | M±m | 2,0±0,39 | 2,9±0,35 | 12,3±2,36 | 12,8±2,03 | 2,1±0,34 | 30,27±1,31 | 21,99±0,817 | 23,04±0,81 | | | | | | | | |
| | lim | 0,3-5,5 | 0,5-5,9 | 0-62,9 | 1,4-25,2 | 0-4,2 | 1,0-188,0 | 0-95,0 | 0-210,0 | | | | | | | | |
| | td | | 1:4*; 3:4* | | 3:4* | | | | 1:3*; 1:4* | | | | | | | | |
| Mn | КБП | 0,07 | 0,13 | 0,53 | 0,58 | 0,09 | | | | | | | | | | | |
| | M±m | 7,6±0,49 | 8,2±0,80 | 8,7±0,68 | 8,1±0,79 | 9,0±0,99 | 1213,5±19,4 | 902,73±23,83 | 868,75±15,05 | | | | | | | | |
| | lim | 5,2-12,2 | 3,3-13,7 | 0-19,9 | 0,7-12,8 | 1,2-12,4 | 324,0-5799,0 | 86,0-10009,0 | 106,0-2525,0 | | | | | | | | |
| | td | | - | | - | | | | 1:3*; 1:4* | | | | | | | | |
| Cr | КБП | 0,006 | 0,009 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | | | | | | | | | | | |
| | M±m | 0,03±0,01 | 0,05±0,01 | 0,08±0,03 | 0,05±0,02 | 0,12±0,08 | 85,62±1,15 | 73,38±1,02 | 66,89±0,81 | | | | | | | | |
| | lim | 0-0,2 | 0-0,1 | 0-1,4 | 0-0,3 | 0-1,1 | 5,0-184,0 | 26,0-157,0 | 11,0-154,0 | | | | | | | | |
| | V, % | 162,24 | 93,44 | 302,69 | 171,73 | 291,04 | 32,17 | 29,96 | 37,27 | | | | | | | | |
| td | | - | | - | | | | 1:3*; 1:4*; 3:4* | | | | | | | | | |
| КБП | 0,0003 | 0,0006 | 0,001 | 0,0006 | 0,002 | | | | | | | | | | | | |
| ПДК | | | | | | Pb= 0,5; Cu=10,0 | | | | | | | | | | | Pb=32; Cu=55; Cr=100 |
| МДУ | | | | | | Pb=5,0; Cu=30,0; Cr=0,5 | | | | | | | | | | | |

* Различия достоверны при P=0,95.

Повышенное содержание железа и H_4SiO_4 в почвенном растворе [6], тесная ассоциация железа и магния в почвах, высокая пористость некоторых Fe – Mn оргштейнов способны уменьшить степень окристаллизованности окислов марганца [7]. Кроме этого, у оксидов марганца обменная емкость выше, чем у монтмориллонита, при одинаковом pH [8]. В 1-м агропочвенном районе создались именно такие предпосылки, на основании которых образовался высокий уровень валового марганца и других ТМ в его почвах.

Фактор роста песчаной фракции в почвах соседнего региона, который примыкает к изучаемому агропочвенному 1-му району, статистически достоверно снижал почвенную концентрацию ТМ [9]. Это обстоятельство, а также обедненность почв района гумусом привели к тому, что в создавшихся условиях мобильное состояние ТМ стимулировало радиальную внутрипрофильную миграцию, в результате чего реализовалась обратная зависимость валовых концентраций элементов в горизонте A_1 от их подвижности. Вероятно, из-за преобладания внутрипрофильной миграции ТМ над их переходом в растения, накопление ТМ зерном пшеницы в 1-м районе было минимальным. Почвы 3-го и 4-го районов содержали органического вещества больше, чем в 1-м. Объемы известкования в настоящее время резко снижены, поэтому с возрастанием отрицательного потенциала органических коллоидов почвы в условиях подкисления происходит снижение поглощения ими веществ катионной природы [10]. Согласно нашим данным, в водоемах и артезианских водах 1-го района меди со-

держится больше, чем в 4-м, чему способствовала, видимо, ее почвенная миграция, низкая обеспеченность гумусом, к которому медь имеет высокое сродство. Хрома, свинца и марганца в водоемах 1-го района содержится меньше, чем в 4-м и 3-м, что подтверждает наши данные по почве и зерну.

Таким образом, было выявлено, что в зерне яровой и озимой пшеницы содержание марганца и хрома не различается по районам возделывания. Концентрация свинца в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве 3-го агропочвенного района была выше, чем у яровой. Накопление меди в зерне пшеницы в одинаковых условиях произрастания противоположно; максимальные различия в концентрации свинца и меди у озимой пшеницы выявлены в зерне 1-го и 4-го агропочвенных районов, а по марганцу и хрому в зерне из разных районов они отсутствуют; зерно яровой пшеницы достоверно различалось только по содержанию меди; концентрация ТМ в почвах исследуемых районов достоверно снижалась от 1-го к 3-му и 4-му; изменения содержания ТМ в зерне и в почвах не всегда соответствовали друг другу. По концентрациям марганца и хрома в почвах различия по районам были достоверны, а по зерну отсутствовали; по концентрации меди зерно из 3-го и 4-го районов различалось, а почвы – нет. Содержание свинца в почвах достоверно неодинаково по всем районам, а по зерну между 3-м и 4-м районами различий нет. За увеличением концентрации ТМ в почвах не всегда следовало их увеличение в зерне, что требует дополнительного изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классификация, свойства, бонитировка и охрана почв республики Мордовия / А. Ю. Осичкин [и др.]. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 108 с.
2. Методика определения содержания металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. – СПб. : НПО «Спектрон», 1994. – 11 с.
3. Методика определения тяжелых металлов в растительном сырье. – СПб. : НПО «Спектрон», 1993. – 25 с.
4. **Лакин Г. Ф.** Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1973. – 343 с.
5. **Кудашкин М. И.** Медь и марганец в агроландшафтах юга Нечерноземья / М. И. Кудашкин. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 328 с.
6. **Dixon I. B.** Manganese minerals in surface environments / I. B. Dixon, H. C. W. Skinner // *Biominalization processes of Fe and Mn. Catena Suppl.* – 1992. – Vol. 21. – P. 31–50.
7. Образование оксидов марганца в почвах / Ю. Н. Водяницкий [и др.] // *Почвоведение.* – 2004. – № 6. – С. 663–675.

8. **Post I. E.** Manganese oxide minerals: Cristal structures and economic and environmental significance / I. E. Post // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1999. – Vol. 96. – P. 3447–3454.
9. **Мажайский Ю. А.** Особенности распределения тяжелых металлов в почвах лесных экосистем / Ю. А. Мажайский, С. А. Тобратов, Ю. А. Кондрашова // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 51–52.
10. **Водяницкий Ю. Н.** Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах / Ю. Н. Водяницкий, В. В. Добровольский. – М., 1998. – 216 с.

Поступила 07.05.2013г.

УДК 581.582.542.11 :661.162.2

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА ПАРАКВАТ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ВЫСЕЧКАХ ЛИСТЬЕВ КУЛЬТУРНЫХ ЗЛАКОВ

А. С. Семенова, А. С. Лукаткин

В статье рассматривается влияние гербицида Паракват на интенсивность перекисного окисления липидов в высечках листьев пшеницы, ржи, кукурузы; выявляется, что для различных видов злаковых характерна разная (линейная или нелинейная) зависимость уровня малонового диальдегида от концентрации Параквата и длительности инкубации высечек в растворах ксенобиотика.

Ключевые слова: пшеница, рожь, кукуруза, ксенобиотики, Паракват, ПОЛ, малоновый диальдегид, высечки листьев.

EFFECT OF HERBICIDE PARAQUAT ON LIPID PEROXIDATION IN LEAF DISKS OF CROP PLANTS

A. S. Semenova, A. S. Lukatkin

The effect of leaf disks treatment by herbicide Paraquat has been considered for wheat, rye and maize. Lipid peroxidation in leaf disks of different crop plants was enhanced in most variants. Malone dialdehyde level varied linearly or non-linearly for different species as depended of Paraquat concentration as well as duration of leaf disks incubation in xenobiotic solutions.

Keywords: wheat, rye, maize, xenobiotics, Paraquat, lipid peroxidation, malone dialdehyde, leaf disks.

Известно, что в растениях постоянно происходит образование активированных форм кислорода (АФК). Различные АФК играют важную роль в передаче сигналов в клетку, в ответных реакциях на стрессовые

воздействия, в регуляции развития и т.п. [2; 8; 6]. Однако при воздействии ксенобиотиков на растения уровень АФК в их клетках резко возрастает, приводя к возникновению окислительного стресса – клеточной

© Семенова А. С., Лукаткин А. С., 2013