

ДЕГРАДАЦИЯ ДИКВАТА В ПШЕНИЦЕ ЯРОВОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕСИКАНТА МОЛОТОК

**Н.С. Обухова, В.В. Человечкова, С.И. Редюк, В.Г. Чернуха, к.б.н., В.И. Долженко, д.б.н.,
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608, С.-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия
E-mail: natali0925@mail.ru**

Сложные погодные условия и фитосанитарная обстановка в период созревания зерновых культур приводит к потере урожая, а также снижает его качество. Один из способов решения этих проблем – обработка зерновых культур десикантом с действующим веществом дикват. Данные вещества способствуют ускорению процесса созревания и снижению уровня влажности. Проведенные исследования позволили определить уровень остаточных количеств диквата в пшенице озимой, а также проанализировать снижение влажности в зерне.

Ключевые слова: пшеница яровая, десикация, дикват, деградация диквата, Молоток.

Для цитирования: Обухова Н.С., Человечкова В.В., Редюк С.И., Чернуха В.Г., Долженко В.И. Деградация диквата в пшенице яровой при использовании десиканта Молоток // Плодородие. – 2022. – №4. – С. 16-18. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.05.

Предуборочная десикация – важный этап при выращивании многих сельскохозяйственных культур. Десикацию проводят для ускорения созревания и подсушивания растений на корню [3]. Важное преимущество десикации – это возможность начать уборку урожая на 5-10 дней раньше [1, 4] и сократить время уборки.

Десиканты – разновидность пестицидов, химические вещества. Механизм действия десикантов основан на повреждении клеточной мембраны растения, что приводит к быстрой потере влаги и вследствие этого к высушиванию зеленой части растения [9].

Одним из широко распространённых действующих веществ, входящих в состав десикантов является дикват [4]. В составе препаратов дикват находится в виде соли – дикват дибромид, которая при растворении в воде распадается на катионы и анионы. Катионы, называемые дикват-ионами, отвечают за десикацию сельскохозяйственных культур. Анионы брома, получаемые при распаде дикват дибромид, являются неактивной частью препарата и на процесс десикации не влияют.

Препараты, содержащие дикват, хранят в жидком виде в полиэтиленовых канистрах в связи с тем, что дикват корродирует металлы (сталь, жёсть, оцинкованную жёсть), оседает необратимо на стекло [5].

Дикват, как и другие производные дипиридила, оказывает контактное неизбирательное действие на растения. Соединение относится к контактными десикантам, разрушающим мембрану. В местах попадания на растения препарат разрушает ткани и быстро (в течение 2-4 сут) вызывает гибель растений. Он характеризуется быстрым гербицидным эффектом и уничтожает надземную часть растений даже при использовании малых норм.

Данный вид десиканта, действуя на растения через листья, вызывает отклонение электрона в фотосинтетической электрон-транспортной системе от своего обычного пути, акцептируя его от фотосинтетической пигментной системы. Восстановленный гербицид реокисляется молекулярным кислородом, в результате чего образуется высокореактивный супероксид-анион, обладающий сильными фототоксическими свойствами. Он вызывает повреждение клеточных мембран вследствие перекисной трансформации насыщенных жирных ки-

слот, входящих в их состав. Нарушение полупроницаемости мембран ведет к высвобождению внутренних элементов клеточных органелл и их полной деструкции. Передвижение производных дипиридила по растению зависит от условий освещения и применяемых доз. Соединение не поглощается застаревшей корой, поэтому им можно обрабатывать приствольные круги ягодных, плодовых и цитрусовых культур. На свету при определенных условиях и относительной высокой влажности (100%) дикват может передвигаться по ксилеме, что ускоряет гибель надземной части растений [8].

В России для диквата установлен следующий гигиенический норматив: максимально допустимый уровень (МДУ) в зерне – 2,0 мг/кг [6]. Поскольку дикват представляет собой катион, то при попадании в почву он быстро инактивируется благодаря связыванию с отрицательно заряженными почвенными частицами. В связи с этим дикват почти не передвигается в почве, не вымывается из нее водой и не всасывается корнями растений, а вскоре после внесения не оказывает гербицидного действия, на поверхности почвы быстро разрушается под влиянием ультрафиолетовых лучей [5].

Дикват дибромид используют не только как десикант, но и как гербицид широкого спектра действия. Он применяется: для уничтожения сорных растений при беспахотном земледелии, опрыскивании сенокосных угодий, в садах, виноградниках, цитрусовых насаждениях и чайных плантациях (не более трех обработок за сезон), а также на парах в районах, подверженных ветровой и водной эрозии, для улучшения пастбищ и лугов при плохом травостое (уничтожает сорняки, после чего проводят посев кормовых трав), для предуборочной десикации семенников сорго, сахарной свеклы, льна, клевера, подсолнечника, сои, хлопчатника, риса, рапса, зерновых культур.

За сезон проводят 1-2 обработки с целью исключения механической обработки почвы в районах с ветровой эрозией почв, на сенокосных угодьях для уничтожения малоценных и ядовитых растений. Для десикации на зерновых культурах – опрыскивание посевов в период созревания при влажности зерна не более 30% [2].

Цель наших исследований – изучить деградацию диквата, действующего вещества препарата Молоток, ВР (150 г/л), в зерновых колосовых культурах после обработки тремя различными концентрациями (рекомендуемая, половинная и двойная нормы применения).

Методика. Опыт проводили Ленинградской области в 2020 и 2021 г. на посевах пшеницы яровой сорта Сударыня. Обработку вели препаратом Молоток, ВР (150 г/л) в трех нормах применения – 1,0; 2,0 и 4,0 л/га, по действующему веществу 150, 300 и 600 г/га соответственно. Опрыскивали вегетирующие растения однократно ранцевым опрыскивателем "rezistent 3619" с 2-метровой штангой.

Отбор проб проводили в соответствии с "Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания, объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов", утвержденными 21.08.1979 г. № 2051-79.

Пробы с контрольных и опытных вариантов отбирали ежедневно в 5 повторностях. Отобранные пробы хранили в морозильной камере при температуре 18°C.

Определение остаточных количеств диквата в зерне проводили в соответствии с "Методическими указаниями по определению остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды" [7].

Определение влажности зерна. Влажность зерна определяли с помощью влагомера зерна "Фауна-М". Перед измерением зерно обмолачивали из колоса, после чего при помощи совка его засыпали в измерительную камеру. Измерения проводили в трех повторностях.

Пробоподготовка. Пробу пшеницы (10 г) помещали в полипропиленовую центрифужную пробирку объемом 50 мл, добавляли 10 мл 0,5 н. раствора соляной кислоты в метаноле, в соотношении 4:6. Пробирку плотно закрывали и помещали в перемешивающее устройство на 5 мин, потом на 15 мин в водяную баню, нагретую до 80°C. Затем повторно помещали в перемешивающее устройство еще на 2 мин. После охлаждения экстракт центрифугировали в течение 10 мин при 4000 об/мин. Затем аликвоту экстракта 5 мл переносили в пробирки объемом 15 мл и промывали гексаном дважды по 2 мл, гексановый слой отбрасывали. После промывки 4 мл экстракта переносили в полипропиленовую круглодонную колбу и упаривали на ротационном испарителе досуха. Сухой остаток растворяли в 1 мл 0,005 М раствора формиата аммония в воде и центрифугировали в течение 5 мин при скорости 4000 об/мин. В полипропиленовую вials для хроматографирования отбирали 0,2 мл и 1 мкл вводили в хроматограф.

Все испытания выполнены на хромато-масс-спектрометре Bruker EVOQ Qube (Bruker), состоящем из высокоэффективного жидкостного хроматографа "Bruker Advanced UHPLC" и масс-спектрометра "Bruker модели EVOQ Qube". Разделение компонентов проб проводили на аналитической колонке Termo Acclaim TRINITY Q1 (50 x 2,1) мм, 3 мкм, температура колонки 40 ± 1 °C. Скорость потока элюента 0,3 мл/мин. Подвижная фаза: 0,005 М формиат аммония в воде (pH 3) : ацетонитрил. Режим элюирования – градиентный: 0-1 мин – 20:80, 2,5-4 – 80:20, 5-5,5 мин – 20:80.

Масс-спектрометрические параметры. HESI = 4500 V (положительная полярность). Температура конуса

350°C, поток газа из конуса 20 дм³/мин, поток распыляющего газа 40 дм³/мин, температура осушающего газа 500°C, поток осушающего газа 40 дм³/мин. Режим сканирования: мониторинг заданных реакций (MRM) 185→157 (количественный).

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ деградации остаточных количеств диквата после обработки пшеницы препаратом Молоток, ВР при разных нормах применения показал, что в день обработки остаточные количества диквата составляли от 0,05 до 0,73 мг/кг (табл.).

Уже на 2-е сутки после обработки разница между вариантами 2 и 3 была статистически не достоверна. При использовании половинной нормы применения разложение действующего вещества происходит относительно равномерно и достигает предела определения метода на 6-е сутки после обработки. Разложение диквата при применении рекомендованной нормы и двойной происходит более скачкообразно. На 2-е сутки после обработки концентрация диквата в зерне в обоих вариантах выравнивается и достигает 0,2 мг/кг. Однако, дальнейшее разложение при использовании нормы применения (0,2 мг/кг) происходит быстрее. К 8-м суткам исследуемые нормы применения препарата по концентрациям выравниваются. Из данных таблицы, видно, что разница между рекомендованной нормой применения препарата и двойной нормой незначительна, и к моменту сбора урожая дикват в пробах пшеницы яровой детектируется ниже предела определения методики.

В пробах пшеницы, полученных в 2021 г., в день обработки количество диквата составило 0,350 мг/кг (см. табл.). Разложение диквата в пробах до 4-х сут после обработки происходило равномерно. На 4-е сутки концентрация диквата в пробах пшеницы яровой уменьшилась в 2 раза. Дальнейшее разложение исследуемого вещества было равномерным. На 10-е сутки, к моменту сбора урожая, дикват в пробах пшеницы яровой детектируется ниже предела количественного определения аналитической методики.

Под действием ультрафиолета (УФ) дикват разлагается очень быстро: период полураспада меньше 1 нед [8].

Деградация диквата в зерновых культурах не зависит от вида зерновой культуры и региона его возделывания. По данным [4], деградация диквата в пшенице озимой, яровой и ячмене яровом происходила равномерно и количество изучаемого вещества на 10-е сутки составляло 0,03-0,06 мг/кг, а на 14-й день в пробах урожая не обнаруживалось.

Зерновые культуры обрабатывают десикантами после достижения влажности зерна 30%. При изучении влажности зерна, после обработки одинарной и двойной нормами применения данного препарата, достоверных отличий не обнаружено. При использовании половинной нормы применения препарата влажность зерна была в 1,5 раза выше, чем при одинарной норме.

При изучении влажности зерна в трех почвенно-климатических зонах после обработки препаратом Молоток, ВР (150 г/л) четко видно, что объем высушивания зерна зависит не только от выбранной культуры, но и от климатической зоны, в которой произрастает данная культура. Влажность зерна пшеницы составляла от 16,6 до 13,8 % в зависимости от нормы применения препарата [4].

Динамика деградации диквата в пробах пшеницы яровой (Ленинградская обл., 2020 г.)

№	Норма применения препарата Молоток,ВР	Показатель	Сутки после обработки									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2020 г.												
1	½ нормы, 1 л/га	Концентрация д.в. в зерне, мг/кг	0,048± 0,017 а	0,043± 0,002 а	0,028± 0,003 а	0,015± 0,008 а	0,015± 0,008 а	0,013± 0,005 а	0,010± 0,005 а	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
		Влажность зерна, %	30,0± 0,1					22,2± 0,1				17,2± 0,1
2	2 л/га	Концентрация д.в. в зерне, мг/кг	0,446 ± 0,030 б	0,314± 0,020 б	0,258± 0,030 б	0,170± 0,020 б	0,144± 0,030 б	0,130± 0,020 б	0,082± 0,005 б	0,024± 0,009 б	0,020± 0,001 б	Менее 0,01
		Влажность зерна, %	30,0± 0,1					21,3± 0,1				12,5± 0,1
3	Двойная норма – 4 л/га	Концентрация д.в. в зерне, мг/кг	0,726 ± 0,030 в	0,540± 0,020 в	0,224± 0,090 б	0,161± 0,030 б	0,148± 0,020 б	0,138± 0,010 б	0,112± 0,020 б	0,062± 0,003 в	0,026± 0,002 б	Менее 0,01
		Влажность зерна, %	30,0± 0,1					21,5± 0,1				12,3± 0,1
4	Контроль	Влажность зерна, %	30,0± 0,1					27,8± 0,1				20,8± 0,1

2021 г.

1	Норма, 2 л/га	Концентрация д.в. в зерне, мг/кг	0,350 ± 0,020	0,291± 0,017	0,203 ± 0,011	0,175± 0,012	0,096± 0,011	0,067± 0,012	0,028± 0,002	0,021± 0,001	0,017± 0,002	0,013± 0,001	Менее 0,01
		Влажность зерна, %	30,0± 0,1					16,4± 0,1					13,7± 0,1
2	Контрольная проба		30,0± 0,1					21,6± 0,1					18,8± 0,1

Примечание. Значения в колонках под одними и теми же буквами статистически не достоверны при $P \leq 0,05$.

Закключение. В результате проведенных исследований установлено, что вне зависимости от нормы применения препарата остаточные количества диквата на 9-е сутки после обработки достигают предела определения методики, и к моменту сбора урожая (14-е сутки после обработки) культура становится свободной от десиканта.

Влажность зерна зависит от нормы применения препарата, но разницы между одинарной и двойной нормами не обнаружена.

Литература

- Алексин В. Т. Перспективы улучшения фитосанитарного состояния агроценозов // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 7-10.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М: Защита и карантин растений, 2021. – С. 816.
- Груздев, Г.С. Химическая защита растений. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 415.

4. Лантнев А. Б., Волосатова Н. С. Десикация: современные средства и контроль остаточных количеств // Агрохимия. – 2020. – № 10. – С. 51–57.

5. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. – М., 2010. – 141 с.

6. СанПиН 1.2. 3685-21. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). – М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. – С. 998.

7. Человечкова В.В., Черменская Т.Д., Цибульская И.А., Берестецкий А.О., Долженко В.И., Волосатова Н.С., Полуэктова Е.В. Определение остаточных количеств диквата в зерне и соломе зерновых колосовых культур методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием // Методические указания по определению остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды, 2021. – С. 36-45.

8. Plimmer. Past, present and future of pesticides. In: Proceedings of the XI Symposium on Pesticide Chemistry, Cremona, Italy, 1999, P. 1-10.

9. James L. Griffin, Joseph M. Boudreaux, Donnie K. Miller herbicides as harvest aids / Griffin James L., Boudreaux Joseph M., Donnie K. // Weed Science, 2010. – №Т58. P. 355–358.

DEGRADATION OF DIQUAT IN SPRING WHEAT USING DIFFERENT CONCENTRATIONS OF MOLOTOK, VR

Obukhova N.S., Chelovechkova V.V., Redyuk S.I., Chernukha V.G., Dolzhenko V.I.

Difficult weather conditions and phytosanitary conditions during the ripening period of grain crops lead to loss of yield, and also reduce its quality. One of the ways to solve these problems is to treat grain crops with a desiccant with the active ingredient diquat, these substances can speed up the ripening process and reduce the level of moisture. The studies carried out made it possible to determine the level of residual amounts of diktat in winter wheat, as well as to analyze the decrease in moisture in the grain.

Key words: spring wheat, desiccation, diquat, diquat degradation, HPLC MS.