

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

ситуации, которая характеризуется повышением устойчивой концентрации АФК [3]. Его проявлением является перекисное окисление липидов – каскад свободнорадикальных реакций [Там же]. Свободнорадикальные продукты перекрестного окисления липидов (ПОЛ) и карбонильные соединения, такие как малоновый диальдегид (МДА), обладают сильным повреждающим действием на биологические молекулы. ПОЛ вызывает значительные изменения мембран, нарушает гидрофобность и проницаемость липидного бислоя и, следовательно, работу всех ферментных систем, ассоциированных с мембраной [6].

Ксенобиотики – группа чужеродных для организма соединений: промышленные загрязнители, пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства и др. [7]. Наиболее изучены эффекты ксенобиотиков на примере гербицидов разных классов [1; 9]. Паракват – известный индуктор генерации одной из АФК – супероксидного анион-радикала. В связи с этим целью работы было изучение влияния гербицида Паракват на интенсивность ПОЛ в высечках листьев культурных злаков.

Объектом для исследования стали высечки листьев 10-дневных растений озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), кукурузы (*Zea mays* L.) и ржи (*Secale cereale* L.). Для моделирования стрессового воздействия использовали различные концентрации гербицида Паракват (N,N'-диметил-4,4'-бипири-

дина дихлорида), который относится к производным виологена. В форме четвертичной аммонийной соли Паракват используется как гербицид неспецифического действия, в том числе для удаления широколиственных сорняков и травы; менее эффективен в борьбе с глубокоукореняющимися сорняками [5].

Семена злаков проращивали в лабораторных условиях в сосудах с почвой в течение 10 дней до фазы 2–3-го листа при  $t$  25 °С, освещении люминесцентными лампами 2 800 лк, влажности воздуха около 60 %. Высечки (размер около 10 мм) листьев злаков инкубировали в растворах гербицида Паракват в концентрациях 0,1 мкМ, 1,0 мкМ и 10,0 мкМ. Через 1, 2 и 3 ч инкубации измеряли интенсивность ПОЛ по накоплению продукта окисления (МДА) по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [4]. Концентрацию МДА рассчитывали в мкМ/г сырой массы листьев по молярной экстинкции =  $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Опыты повторяли 3 раза.

Данные по интенсивности ПОЛ в высечках листьев злаков, инкубируемых в растворах Параквата различной концентрации, приведены в таблице. Согласно таблице, в ходе инкубации высечек листьев пшеницы в растворах гербицида интенсивность ПОЛ возрастала и была всегда выше контроля при концентрациях 1 мкМ и 10 мкМ, достигая максимума после 3 ч инкубации 146 % и 149 % к контролю соответственно.

Таблица

**Интенсивность ПОЛ в высечках листьев злаков при инкубации в растворе гербицида Параквата, мкМ МДА/г сырой массы**

Объект	Время инкубации, ч	Концентрация гербицида, мкМ			
		Вода	0,1	1,0	10,0
Пшеница	1	3,45±0,02	3,31±0,02	3,87±0,03	4,14±0,02
	2	3,45±0,02	2,41±0,02	5,03±0,02	5,06±0,03
	3	3,50±0,02	3,12±0,03	5,11±0,04	5,23±0,05
Рожь	1	3,62±0,03	3,32±0,02	3,56±0,03	3,38±0,02
	2	3,57±0,02	3,06±0,02	3,12±0,02	2,67±0,03
	3	3,60±0,02	3,86±0,04	3,95±0,02	4,17±0,04
Кукуруза	1	4,23±0,02	6,26±0,03	5,75±0,02	4,74±0,02
	2	4,27±0,02	6,40±0,02	7,34±0,04	7,01±0,02
	3	4,32±0,03	8,21±0,03	7,78±0,05	9,07±0,06

В высечках листьев ржи при инкубации в растворе гербицида всех концентраций наблюдалось небольшое падение интенсивности ПОЛ после первого и второго часа инкубации, с минимальным содержанием МДА при концентрации 10 мкМ после 2 ч инкубации. Увеличение интенсивности ПОЛ (относительно водногоу контроля) отмечено после 3 ч инкубации для всех концентраций Параквата: на 7 % (0,1 мкМ), 10 % (1,0 мкМ) и 16 % (10,0 мкМ).

При инкубации высечек листьев кукурузы в растворах Параквата разной концентрации выявлено увеличение интенсивности ПОЛ после 1 ч инкубации: максимальное – на 48 % (при 0,1 мкМ) и минимальное – на 12 % (при 10,0 мкМ) к контролю. После 2 ч инкубации наибольшее содержание МДА выявлено при концентрации Параквата

1,0 мкМ (172 % к контролю). Максимальных значений содержание МДА достигло после 3 ч инкубации для всех концентраций с наибольшим значением при концентрации 10,0 мкМ (210 % к контролю).

Таким образом, увеличение длительности инкубации высечек листьев злаков и увеличение концентрации гербицида приводили к возрастанию интенсивности ПОЛ. Наибольшую чувствительность к действию гербицида проявили листья кукурузы, а наименьшую – озимой ржи. Однако для всех злаков максимальная интенсивность процессов ПОЛ наблюдалась после трех часов инкубации, с максимальным уровнем МДА при максимальной концентрации Параквата (10 мкМ). При этом для разных видов отмечена различная динамика (линейная или нелинейная) изменений ПОЛ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние гербицидов различных классов на генерацию супероксидного анион-радикала в листьях культурных и сорного злаков / М. М. Русяева [и др.] // Клеточная сигнализация у растений : тез. докл. – Казань, 2011. – С. 159–160.
2. **Колупаев Ю. Е.** Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции / Ю. Е. Колупаев // Віст. Харків. нац. аграрного ун-ту. – 2007. – № 3. – С. 6–26.
3. **Лукаткин А. С.** Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс / А. С. Лукаткин. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – 208 с.
4. **Лукаткин А. С.** Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений : Образование активир. форм кислорода при охлаждении растений / А. С. Лукаткин // Физиология растений. – 2002. – Т. 49. – С. 697–702.
5. Пестициды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rupest.ru/ppdb/paraquat.html>. – Дата обращения 03.04.2013.
6. **Полеская О. Г.** Растительная клетка и активные формы кислорода / О. Г. Полеская. – М. : КДУ, 2007. – 140 с.
7. **Юрин В. М.** Основы ксенобиологии / В. М. Юрин. – Минск : Изд-во БГУ, 2001. – 236 с.
8. **Apel K.** Reactive Oxygen Species : Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction / K. Apel, H. Hirt // Ann. Rev. Plant. Biol. – 2004. – Vol. 55. – P. 373–399.
9. **Nemat A. M.** Changes of antioxidant levels in two maize lines following atrazine treatments / A. M. Nemat, M. Hassan // Plant. Physiol. Biochem. – 2006. – Vol. 44. – P. 202–210.

*Поступила 18.07.2013 г.*