

образом, рост коэффициента  $\alpha$  в присутствии  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л инсектицида осуществлялся преимущественно за счет увеличения  $P_{Na}$ .

Следовательно, одним из первичных мембранотропных эффектов фосфорорганического инсектицида диметоата является изменение селективных свойств плазматической мембраны. Установленное в результате проведенных экспериментов существенное возрастание как калиевой, так и натриевой проницаемости плазмалеммы в присутствии  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л диметоата может явиться одной из причин нарушения ионного гомеостаза цитоплазмы и свидетельствовать о потенциальной опасности повышенных концентраций данного препарата для растительных организмов.

### Литература

1. Федоров Л. А., Яблоков А. В. Пестициды – токсический удар по биосфере. // М.: Наука, 1999. 546 с.
2. Захаренко В. А., Мельников Н. Н. Пестициды в современном мире // Агрохимия. 1996, № 1. С. 48–52.
3. Богданов М. П., Миронов М. Г. Механизм действия нейротоксичных инсектицидов // Агрохимия, 1996, № 12. С. 110–119.
4. Голубев В. Н. Механизмы взаимодействия пестицидов с липидным бислоем клеточных мембран // Успехи химии. 1993. Т. 62, № 7. С. 726–734.
5. Костюк П. Г. Микроэлектродная техника // Киев: АН УССР, 1960. 127 с.
6. Дитченко Т. И., Козловская Н. О., Сенько Н. И. и др. Характер биоэлектрической реакции растительной клетки на действие фосфорорганического инсектицида диметоата // Экологические проблемы XXI века: Матер. Междунар. конф. ведущих специалистов, молодых ученых и студентов. Минск, 2003. С. 192–193.
7. Goldman D.E. Potential, impedance, and rectification in membrane // J. Gen. Physiol. 1943. Vol. 27, № 1. P. 37–60.
8. Юрин В. М., Иванченко В. М., Галактионов С. Г. Регуляция функций мембран растительных клеток // Минск: Наука и техника, 1979. 199 с.

## ВЛИЯНИЕ КСЕНОБИОТИКА СИМАЗИНА НА СОДЕРЖАНИЕ И СОСТОЯНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ПИГМЕНТ-БЕЛКОВЫХ КОМПЛЕКСАХ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ МЕМБРАН

Т. И. Крицук

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению в практику сельского хозяйства не только новых агротехнических приемов, но и химических средств для борьбы с сорной растительностью – гербицидам. Применение гербицидов является одним из главных элементов индустриальной технологии внедрения сельскохозяйственных культур, так как с их помощью уничтожается до 90 % вредных растений. Актуальность такого рода исследований связана прежде всего с тем, что меха-

низм их токсического влияния на культурные растения для большинства важнейших групп гербицидов остается не выясненным.

Одним из широко применяемых гербицидов является ксенобиотик из группы сим-триазинов – симазин. Препарат имеет довольно большую продолжительность сохранения его в почве (больше 12 месяцев) [1]. Длительное нахождение гербицида в почве и его персистентность способствует проникновению его в вегетирующие части растений и в пищевые продукты.

Важным является первичное нативное связывание симазина в растении. Такой системой, которая может подвергаться воздействию данного гербицида является ФСII. Ксенобиотики, относящиеся к симтриазиновому ряду, при определенных концентрациях оказывают ингибирующее влияние на фотохимическую активность хлоропластов, фотосинтетическое фосфорилирование и активность ключевого фермента  $C_3$ -цикла рибулозо-1,5-дифосфаткарбоксылазы [2].

В качестве объекта исследования взят яровой ячмень (сорт Зазерский 85). Выращивали рулонным методом [3]. В контроле растения выращивали на воде, в опыте в среду питания вносили раствор симазина в концентрации 30 мг/л в момент замачивания семян. С учетом возраста листьев определяли содержание хлорофиллов в пигмент-белковых комплексах хлоропластов, изменение связи пигмента с белками, а также активность хлорофиллазы [4].

При функционировании фотосинтетических систем особое значение имеет распределение хлорофилла в пигмент-белковых комплексах, функционирующих в хлоропластах и выполняющих важную роль в первичных реакциях фотосинтеза и, в первую очередь, в фотохимических реакциях. Это прежде всего относится к функционированию пигмент-белковых комплексов реакционных центров (РЦ) и светособирающих комплексов (ССК). В связи с этим нами исследовалось действие ксенобиотика на соотношение хлорофилла в РЦ и ССК с учетом того факта, что данные такого рода практически отсутствуют в научной литературе.

Полученные данные (табл. 1) показывают, что используемый препарат оказывал влияние как на содержание хлорофилла *a* в РЦ, так и на содержание хлорофилла *a* (хл *a*) и хлорофилла *b* (хл *b*) в ССК хлоропластов. Степень влияния обусловлена временем воздействия симазина. Снижение содержания хлорофилла *a* в реакционных центрах по сравнению с контролем составляло 55,8–87,3 %, а содержание хлорофилла *a* в светособирающем комплексе 10,8–25,9 %. Таким образом, показано, что более существенным оказалось воздействие ксенобиотика на содержание

Таблица 1

**Содержание и соотношение хлорофилла в пигмент-белковых комплексах хлоропластов**

| Вариант опыта | Время действия симазина, ч | Хл <i>a</i> РЦ, мг/г | Хл <i>a</i> ССК, мг/г | Хл <i>b</i> ССК, мг/г | Хл <i>a+b</i> ССК, мг/г | Хл ССК/Хл РЦ |
|---------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Контроль      | –                          | 0,470±0,009          | 0,372±0,011           | 0,310±0,007           | 0,682±0,009             | 1,45         |
| Симазин       | 24                         | 0,208±0,012          | 0,332±0,007           | 0,227±0,012           | 0,609±0,011             | 2,90         |
| Контроль      | –                          | 0,447±0,008          | 0,473±0,008           | 0,394±0,010           | 0,867±0,007             | 1,90         |
| Симазин       | 48                         | 0,129±0,011          | 0,352±0,010           | 0,293±0,011           | 0,645±0,012             | 5,0          |
| Контроль      | –                          | 0,506±0,008          | 0,481±0,090           | 0,401±0,009           | 0,882±0,008             | 1,70         |
| Симазин       | 72                         | 0,064±0,012          | 0,356±0,011           | 0,297±0,013           | 0,653±0,009             | 10,2         |

хлорофилла *a* в ПБК РЦ, чем на содержание его в ПБК ССК. Это подтверждают и данные по отношению хлорофилл ССК/хлорофилл РЦ (табл. 1). Возможно, симазин влияет, в первую очередь, на индуцированный светом перенос электрона от первичного донора к акцептору, происходящий именно в реакционных центрах.

Как известно, основная масса зеленых пигментов находится в связи с белками. Эти связи могут быть более или менее прочными, что позволило выделить так называемые прочносвязанные и лабильные формы хлорофиллов. Хлорофиллы, находящиеся в мембране хлоропластов, функционируют в связи с белками. В связи с этим нами с применением различных растворителей, исследовалась прочность связи хлорофиллов с белками. Данные представлены в табл. 2. Они показывают различную степень извлекаемости хлорофиллов.

Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о влиянии данного препарата (30 мг/л), прежде всего, на прочность связи хл *a* с белками. Через 24 часа после внесения гербицида в опытных растениях, по сравнению с контрольными, в 1,3 раза больше было менее прочносвязанного с белками хлорофилла *a*. Данная зависимость сохраняется и после 48 и 72 часов действия препарата. Аналогичная тенденция получена и по прочности связи хлорофилла *b* с белками (см. табл. 2).

Таким образом, симазин в концентрации 30 мг/л оказывает определенное влияние на прочность связи хлорофилла с белками, что может быть причиной уменьшения общего фонда хлорофилла в функционально-активных пигмент-белковых комплексах хлоропластов, от которых зависит в целом активность фотосинтетического аппарата.

Таблица 2

**Прочность связи хлорофилла с белками (%) в зависимости от времени действия симазина (30 мг/л)**

| Вариант опыта | Время действия симазина, ч | Хлорофилл |           |       |
|---------------|----------------------------|-----------|-----------|-------|
|               |                            | a         | b         | a+b   |
| Контроль      | —                          | 81,42±1,4 | 66,31±1,7 | 75,92 |
| Симазин       | 24                         | 37,29±1,2 | 47,62±1,9 | 44,05 |
| Контроль      | —                          | 75,66±2,3 | 83,77±2,0 | 77,41 |
| Симазин       | 48                         | 38,89±1,8 | 46,52±2,4 | 41,73 |
| Контроль      | —                          | 51,78±3,0 | 62,26±3,0 | 56,25 |
| Симазин       | 72                         | 28,38±1,9 | 24,15±3,4 | 27,03 |

Уменьшение содержания хлорофилла *a* и *b* и их суммы, индуцированные симaziном, может быть связано с активностью некоторых ферментов, поскольку образование новых молекул хлорофилла и их разрушение осуществляется полиферментными комплексами. Исследование активности хлорофиллазы (К.Ф.3.1.1.14 – хлорофиллидо-гидролазы хлорофиллов), осуществляющей присоединение фитола к хлорофиллиду и обратную реакцию, дает возможность изучить некоторые аспекты пигментной адаптации к действию ксенобиотиков.

Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о взаимосвязи между активностью хлорофиллазы и содержанием хлорофилла при действии препарата данной концентрации. Эта связь отражается обратной зависимостью между активностью хлорофиллазы и содержанием хлорофилла. При 24 часах воздействия хлорофиллазная активность у опытных растений в 1,33 раза больше, чем у контрольных растений, а при 72 часах – в 1,60. Разница между полученными данными по активности хлорофиллазы в контрольных и опытных растениях свидетельствует, что симазин может увеличивать гидролитическую активность хлорофиллазы.

Это дает возможность считать, что снижение содержания хлорофилла может быть связано не только с его разрушением или прекращением биосинтеза, но и с изменением активности хлорофиллазы, работающей на заключительных этапах биосинтеза хлорофилла.

Таблица 3

**Активность хлорофиллазы (%) при действии симазина в концентрации 30 мг/л**

| Вариант опыта | Время действия симазина, ч | Активность хлорофиллазы, % | Увеличение активности по сравнению с контролем |
|---------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| Контроль      | —                          | 12,75                      | 1,33                                           |
| Симазин       | 24                         | 17,06                      |                                                |
| Контроль      | —                          | 12,50                      | 1,60                                           |
| Симазин       | 72                         | 20,00                      |                                                |

Таким образом, нами установлено, что ксенобиотик гербицидной природы, симазин, относящийся к производным триазинов, оказывает влияние на пигментный аппарат растений, что может быть обусловлено как действием его на сами процессы биосинтеза хлорофилла, так и его состояния в фотосинтетических мембранах.

Под влиянием гербицида происходит перестройка пигментного аппарата, приводящая к изменению распределения и соотношения хлорофилла в основных функциональных пигмент-белковых комплексах фотосинтетических мембран.

Полученные нами данные могут служить критериями нарушения функций фотосинтетического аппарата культурных растений при действии ряда ксенобиотиков, относящихся к гербицидам сим-триазинового ряда.

### **Литература**

1. *Бурый В. С., Попович Н. А., Бидненко Л. И. и др.* Сохранение некоторых гербицидов в окружающей среде // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере. Пушино, 1975. С. 15–19.
2. *Кахнович Л. В.* Действие ксенобиотика гербицидной природы симазина на активность фотосинтетического фосфорилирования // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Матер. II Междунар. науч. конф. Мн, 2001. С. 98–99.
3. *Зайцев В. Н., Корсакова О. М., Жукова Н. В.* Эффективность проращивания семян в рулонах // Селекция и семеноводство. 1983. № 11. С. 39–40.
4. *Шлык А. А.* Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М., Наука, 1971. С. 154–160.

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАТИВНЫХ ПРОТОПЛАСТОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ КОМНАТНЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ**

**В. А. Кудряшова**

Для решения многих современных задач биохимии, физиологии и генетики растений требуется выделять из растительных тканей в мягких условиях биологически активные структуры и вещества. Обычно для этого используют прием выделения протопластов, т. е. растительных клеток, лишенных прочных оболочек [1].

Существует два способа получения протопластов: механический и ферментативный. Ферментативный метод считается более прогрессивным. Он позволяет получать большое число протопластов за короткий срок в относительно мягких условиях. В настоящее время протопласты успешно изолируют из тканей листьев, стеблей, корней, лепестков, плодов различных растений, из клеток водорослей, из клубеньков бобовых