

7. Кулагин, А.А. Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях: автореф. дис. докт. биол. наук: 03.00.16. / А.А. Кулагин; Росс. сельскохоз. акад. – Уфа–Гольягти, 2006. – 36 с.
8. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.
9. Головки, Т.К., Табаленкова, Г.Н., Дымова, О.В. Пигментный комплекс растений Приполярного Урала / Т.К. Головки // Ботанический журнал. – 2007. – Т. 92. – №. 11. – 1732-1741 с.
10. Живлюк, Е.К., Тарасенко С.А. Пигментный состав сортов мягкой озимой пшеницы в процессе селекции / Е.К. Живлюк // В мире науки. – 2009. – №7.

УДК 635.91.075:631.81.095.337(476.6)

## ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЯХ ХРИЗАНТЕМЫ КОРЕЙСКОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

**Ю.Н. Коршаковская, В.С. Тарасенко**

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

*(Поступила в редакцию 18.07.2014 г.)*

**Аннотация.** В статье изложены результаты двухлетних исследований по изучению влияния физиологически активных веществ на изменение активности биохимических процессов в растениях хризантемы корейской.

Установлено, что активность каталазы изменялась под действием физиологически активных веществ, зависела от применяемого препарата, а также времени экспозиции. В среднем, через 6 часов после обработки посадочного материала активность каталазы под действием изучаемых вариантов возрастала на 31-80% по сравнению с контролем.

Применение регуляторов роста влияло на содержание в листьях фотосинтетических пигментов. В среднем, показатель возрастал на 44% по сравнению с необработанным вариантом. Также увеличивался и хлорофилловый индекс – на 15-65%.

**Summary.** The results of two years' researches on studying of influence of physiologically active agents on change of biochemical processes activity in plants of a chrysanthemum Korean are stated in the article.

It is established that activity of a catalase changed under the influence of physiologically active agents and depended on the applied preparation as well as the exposition time. On average, the activity of a catalase increased by 31-80% in comparison with control in 6 hours after processing of sowing material.

Use of regulators of growth influenced the content of photosynthetic pigments in leaves. On average, the indicator increased by 44% in comparison with the untreated variant. Also the chlorophyll index increased by 15-65%.

**Введение.** В последние годы в нашей стране наблюдается тенденция к повышению требований к декоративности городских объектов. В связи с этим посадочный материал цветущих растений, используемых при озеленении, должен охватывать периодом цветения максимально возможные временные рамки. В климатических условиях Республики Беларусь существуют определённые трудности с обеспечением клумб теми растениями, которые эффектно выглядят в осенние сроки, поэтому весьма актуален поиск путей эффективного выращивания тех культур, которые обеспечат выполнение данной задачи.

В настоящее время в практике озеленения белорусских городов достаточно широко используют хризантему корейскую, отличающуюся обильным цветением в позднелетние, осенние и даже зимние сроки вследствие устойчивости к низким температурам.

Условия Беларуси позволяют возделывать данную культуру в местных хозяйствах, но на сегодняшний момент специфические вопросы агротехники хризантемы изучены недостаточно и требуют всестороннего изучения.

Первоочередная задача производителей посадочного материала растений – создание оптимальных условий для успешного развития растительного организма. Понимание того, какие именно факторы и каким именно образом влияют на конкретные биохимические процессы, происходящие в растениях хризантемы при выращивании, позволит специалистам рационально корректировать агротехнологию возделывания данной культуры.

Одним из способов воздействия на растительный организм является применение некорневых обработок растений регуляторами роста. Последние всё чаще используются при выращивании декоративных растений благодаря широкому спектру возможностей влияния на физиологические и биохимические процессы на разных стадиях онтогенеза. Известно также стимулирующее воздействие физиологически активных веществ (ФАВ) на фотосинтез – основной продукционный процесс растительного организма.

Общепризнан тот факт, что содержание хлорофилла и каротиноидов – главных фоторецепторов клетки – служит показателем потенциальной фотосинтетической способности организма, а также является индикатором общего состояния растения и может быть использовано как физиологический показатель, отражающий реакцию растительного посадочного материала на условия произрастания. В связи с этим большое значение при изучении агротехники возделывания культур имеет исследование пластичности фотосинтетического аппарата.

Следует отметить, что вопросы выращивания декоративных растений начинают привлекать внимание исследователей, но пока ещё не стали объектом пристального и целенаправленного изучения. Поскольку в условиях Республики Беларусь биохимические процессы, происходящие в цветущих кустарниках под влиянием регуляторов роста, изучены недостаточно, были проведены настоящие исследования.

**Цель работы** – изучить изменение активности биохимических процессов в растениях хризантемы корейской под действием некорневых обработок физиологически активными веществами.

**Материал и методика исследований.** Исследования по изучению влияния ФАВ на изменение активности биохимических процессов в растениях хризантемы корейской были проведены в 2013-2014 гг. в ФХ «Зелёный горизонт» Гродненского района.

Объектом исследования являлись растения хризантемы корейской, укоренённые в условиях плёночной теплицы и высаженные во второй декаде мая в контейнера объёмом 1,8 л. В качестве субстрата использовался нейтрализованный доломитовой мукой верховой торф (рН в КС1 – 6,5). Через две недели после посадки в горшки растения прищипывали. Со второй декады июня растения трехкратно опрыскивали ретардантами с 20-дневным интервалом.

Растения были выращены при использовании метода управляемой культуры. Это достигалось работой системы искусственного освещения и затенения. Дальнейший уход заключался в периодических поливах с использованием системы заливных столов, поддержании почвы в чистом от сорняков состоянии и систематическими подкормками удобрением «Флоровит, Ж», вносимым один раз в неделю при поливе в концентрации 0,01%. Для защиты растений от инфекций проводили профилактическое опрыскивание триазольными фунгицидами каждые 20 дней.

С третьей декады мая по вторую декаду августа растения подвергались некорневой обработке биологически активными веществами на протяжении всей фазы активного роста с 14-дневным интервалом по схеме:

1. Контроль (обработка водой);
2. «Экосил»;
3. «Оксидат торфа»;
4. «Гидрогумат торфа»;
5. «Эрид Гроу» ЖГАП-К.

В качестве росторегуляторов использовали препараты гормональной природы в концентрации: «Оксидат торфа» – 0,2%, «Гидрогумат» – 0,2%, «Экосил» – 0,02%, «Эрид Гроу» ЖГАП-К – 0,1%.

Растения опрыскивали водными растворами регуляторов роста согласно схеме опыта в утренние или вечерние часы при помощи ручного опрыскивателя фирмы «Квазар». Контрольный вариант обрабатывали водой. Норма расхода рабочего раствора контролировалась весовым методом и рассчитывалась, исходя из нормы рабочего раствора 0,03 л/м<sup>2</sup>.

Повторность опыта четырёхкратная при рендомизированном расположении вариантов. Для анализа отбирали по десять типичных растений с каждого варианта. В работе применяли методики проведения наблюдений и учётов, соответствующие основным положениям «Методики опытного дела» [1].

Для анализа использовались свежесрезанные растения. Отбор растений происходил через 6 часов после их обработки растворами ФАВ.

Активность каталазы в вегетативных частях исследуемых растений определяли газометрическим методом. О деятельности фермента судили по объёму кислорода, выделяющегося в результате разложения перекиси водорода по формуле:

$$A.K. = A/(H*t),$$

где A.K. – активность каталазы, мл O<sub>2</sub>/1 г\*1 мин.

A – объём выделившегося кислорода, выделившегося за определённый временной период, мл.

H – навеска, г.

t – время с момента начала реакции до отсчёта, мин.

Определение фотосинтетических пигментов проводилось в растительных пробах, взятых через 7 суток после некорневых обработок, проводимых согласно схеме опыта. Количество хлорофиллов *a*, *b*, их сумму и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом в ацетоновой вытяжке (по Веттштейну). Оптические плотности пигментных вытяжек определяли с помощью SPEKOLa 11 по центрам поглощения: для хлорофиллов *a*, *b* – 644 и 662 нм соответственно, для каротиноидов – 440,5 нм.

Полученные экспериментальные данные подвергались соответствующей статистической обработке.

**Результаты исследований и их обсуждение.** При изучении влияния биологически активных веществ на изменение активности биохимических процессов в растениях хризантемы корейской было установлено, что некорневая обработка вариантов регуляторами роста существенно способствовала увеличению показателя активности каталазы. В

среднем, в случаях, подвергшихся опрыскиванию ФАВ, исследуемый показатель возрос на 31-80% по отношению к контролю (рис. 1).

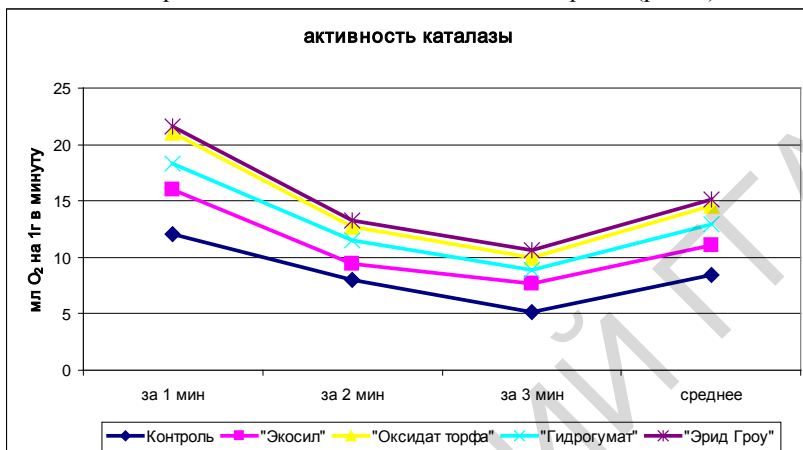


Рисунок 1 – Влияние ФАВ на активность каталазы в растениях хризантемы корейской, мл  $O_2$ /г, 2013-2014 гг., среднее

Наибольшее влияние на усиление активности фермента оказал препарат «Эрид Гроу». Его применение обеспечило прибавку показателя, в среднем, 6,74 мл  $O_2$ /г, по сравнению с контрольным вариантом. Опрыскивание растений препаратами «Оксидат торфа», «Гидрогумат торфа» и «Экосил» повысило значение изучаемого показателя, в среднем, на 6,16, 4,47 и 2,61 мл  $O_2$ /г соответственно по отношению к необработанному случаю.

Максимальная активность каталазы во всех вариантах была достигнута в течение первой минуты, возрастая при этом от 1,3 («Экосил») до 1,8 («Эрид Гроу») раза в случаях, когда имело место применение ФАВ, по отношению к контролю. Влияние «Оксидата торфа» с учётом показателей наименьшей существенной разницы оказалось равнозначным действию, оказанному на растения препаратом «Эрид Гроу». При использовании «Гидрогумата торфа» установлено повышение активности исследуемого фермента в 1,5 раза по сравнению с обработкой водой.

После резкого скачка активности каталазы в первую минуту, далее происходило замедление темпов прироста показателя. В течение второй минуты исследований смещение сдвига контролируемого показателя в меньшую сторону в контрольном варианте произошло на 34% (вторая минута) и 58% (третья минута). Тогда как в случаях с применением регуляторов роста изменение активности фермента составляло

37-41% (вторая минута) и 51-52% (третья минута) по отношению к прогрессу активности каталазы в первую минуту.

В среднем, растения хризантемы корейской характеризовались активностью каталазы 12,42 мл  $O_2$ /г. В то же время, обработка вариантов ФАВ повысила средний показатель до 13,42 мл  $O_2$ /г. Причём, максимальной эффективностью обладал препарат «Эрид Гроу».

Что касается количественного состава фотосинтетических пигментов в зелёной массе растений хризантемы, то в ходе исследования было установлено, что влияние всех изучаемых вариантов на изменение исследуемого показателя по сравнению с контролем было положительным и существенным. Исключение составил препарат «Эрид Гроу», применение которого не изменило содержание каротиноидов в листьях хризантемы корейской (рис. 2).

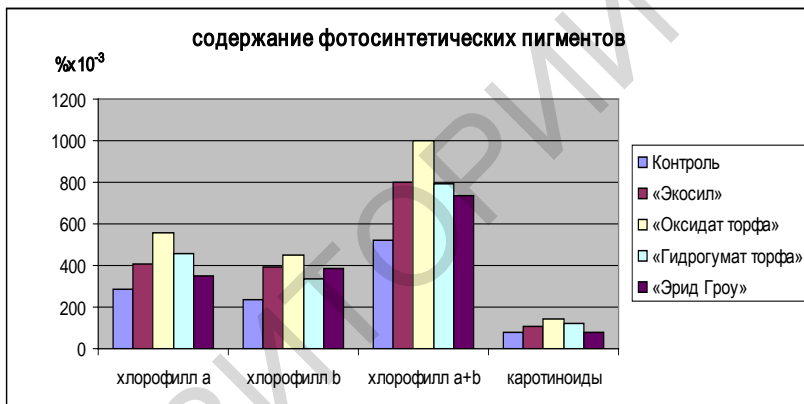


Рисунок 2 – Влияние ФАВ на содержание фотосинтетических пигментов в растениях хризантемы корейской,  $\% \times 10^{-3}$  на сухую массу, 2013-2014 гг., среднее

Наибольшее содержание хлорофилла *a* было обнаружено в варианте, обработанном «Оксидатом торфа» ( $555 \times 10^{-3} \%$  на сухую массу). По отношению к контролю данный показатель увеличился на 93%. Применение препаратов «Гидрогумат торфа», «Экосил» и «Эрид Гроу» привело к увеличению концентрации данного вида пигмента в листьях хризантемы корейской на 59, 41 и 22% соответственно.

Прибавка значения содержания хлорофилла *b* в зелёной массе исследуемой культуры по сравнению с контрольным вариантом колебалась в пределах  $97 \dots 211 \times 10^{-3}$  п.п. Причём, наименее эффективно было использование «Гидрогумата торфа», максимально – «Оксидата тор-

фа». Действие ФАВ обеспечило возрастание данного показателя на 41-89% по отношению к случаям, обработанным водой.

Анализ суммы хлорофиллов *a* и *b* показал, что минимальной она была на контрольном варианте. Использование препарата «Эрид Гроу» характеризовалось наименьшей величиной прибавки значения контролируемого параметра –  $210 \times 10^{-3}$  п.п. Более всего на исследуемый показатель оказал влияние «Оксидат торфа» – прирост составил  $478 \times 10^{-3}$  п.п. В среднем же действие регуляторов роста повысило суммарную концентрацию хлорофиллов *a* и *b* на  $307 \times 10^{-3}$  п.п. (на 42% по сравнению с вариантом без обработки).

Важным показателем сбалансированности фотосинтетического процесса является соотношение форм хлорофилла, поскольку хлорофилл *a* связан с реакционными центрами, а хлорофилл *b* – со светособирающим комплексом фотосистемы [2]. В наших исследованиях среднее значение соотношения хлорофиллов *a* и *b* составило 1,1:1.

В процессе фотосинтеза принимают участие и другие пигменты – каротиноиды. Они выполняют роль дополнительных, которые передают энергию поглощённых квантов хлорофиллу для совершения фотохимической работы. Относительно высокий уровень жёлтых пигментов можно рассматривать как адаптивную реакцию, направленную на повышение устойчивости фотосинтетического аппарата [3].

По результатам изучения содержания каротиноидов в растениях хризантемы корейской установлено, что под влиянием регуляторов роста гормональной природы, в среднем, данный показатель увеличился на  $30 \times 10^{-3}$  п.п., что составило 37% по отношению к вариантам, не прошедшим обработку биологически активными препаратами.

При этом отмечено неодинаковое действие различных ФАВ на контролируемый параметр. Так, обработка растений «Эрид Гроу» оставила показатели содержания каротиноидов на том же уровне. Применение же препаратов «Экосил», «Гидрогумат торфа» и «Оксидат торфа» увеличило содержание каротиноидов на 27, 49 и 73% соответственно.

Ещё одним показателем, характеризующим работу фотосинтетического аппарата растений, является отношение суммы хлорофиллов к содержанию каротиноидов. Их баланс в норме стабилен и очень чутко реагирует на изменения условий выращивания растений.

В наших исследованиях установлено, что показатель соотношения зелёных и жёлтых фотосинтетических пигментов в листьях растений хризантемы корейской, обработанных водой, составил 6,4 ед. (рис. 3).

В то же время, в вариантах, подвергнувшихся некорневой обработке гормональными регуляторами роста, данный параметр составил в среднем 7,6 ед., что составило увеличение значения показателя на 19%. Причём наибольшим влиянием характеризовался «Эрид Гроу» – 9,1 ед. Действие препаратов «Гидрогумат торфа», «Оксидат торфа» и «Экосил» оказало влияние в 6,5, 7,1 и 7,7 ед. соответственно.

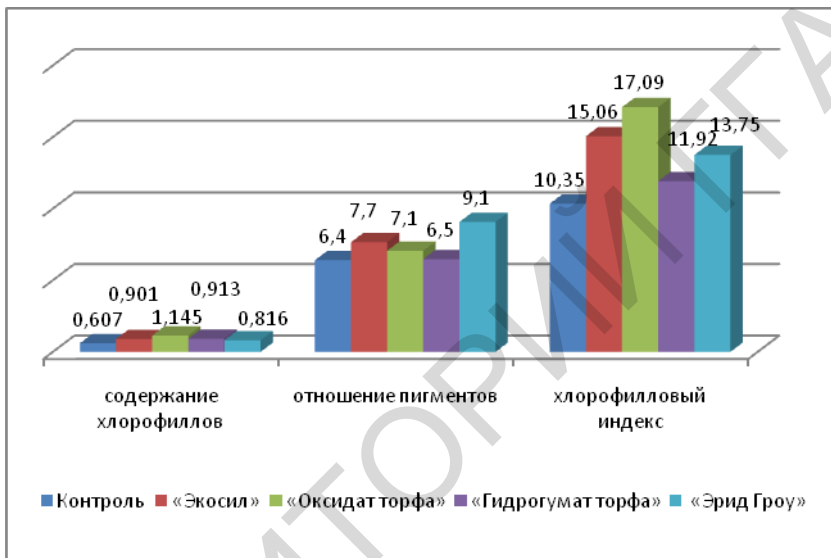


Рисунок 3 – Влияние ФАВ на общее содержание фотосинтетических пигментов, %, соотношение суммы хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов, ед., и ХИ, кг/га, в растениях хризантемы корейской, 2013-2014 гг., среднее

Изучение общего пигментного фонда растений хризантемы корейской показало неодинаковое накопление хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях исследуемой культуры под действием биологически активных веществ.

Так, в зелёной массе хризантемы корейской, подвергшейся некорневой обработке регуляторами роста, обнаружено, в среднем, 0,944% на сухую массу хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов. В то же время данный показатель для случаев без обработки был более низким и составил 0,607% на сухую массу. Полученные в результате исследований данные позволяют сделать вывод о том, что применение ФАВ увеличило содержание фотосинтетических пигментов в среднем на 44% по сравнению с контрольным вариантом.



Следует отметить, что различные росторегулирующие препараты по-разному влияли на возрастание показателя общего пигментного комплекса листьев хризантемы корейской по отношению к необработанным случаям. Установлено, что «Гидрогумат торфа» повысил контролируемый параметр на 0,306, «Экосил» – на 0,294, «Эрид Гроу» – на 0,209 п.п. Наибольшее содержание фотосинтетических пигментов было отмечено при обработке растений «Оксидатом торфа». Его действие повысило общее содержание пигментов на 0,538 п.п., что составило прибавку 89% по сравнению с вариантами, не подвергнутыми воздействию биологически активных веществ.

Всё же данные о количестве фотосинтетических пигментов не могут дать полную картину потенциальных возможностей растительного организма синтезировать органическое вещество, так как не учитывается биомасса растения. Поэтому одной из наиболее объективных характеристик является хлорофилловый индекс (ХИ), который представляет собой общий запас хлорофилла в растении или на площади [4].

В наших исследованиях ХИ изменялся в зависимости от влияния используемых росторегуляторов. Наименьшая прибавка к контролю – 1,57 кг/га, или 15%, была получена при использовании «Гидрогумата торфа». Обработка посевов «Эрид Гроу» и «Экосилом» приводила к более активному возрастанию этого показателя – прибавка к варианту без использования росторегуляторов составила 3,4 и 4,71 кг/га соответственно. Максимальный хлорофилловый индекс – 17,09 кг/га был получен на варианте с применением «Оксидата торфа» – прибавка к контролю составила 6,74, остальным ФАВам – 2,03-5,17 кг/га.

**Заключение.** Таким образом, двухлетние исследования по изучению влияния ФАВ на изменение активности биохимических процессов в растениях хризантемы корейской показали, что:

1. Некорневая обработка вариантов регуляторами роста существенно способствовала увеличению показателя активности каталазы. В среднем в случаях, подвергшихся опрыскиванию ФАВ, исследуемый показатель возрос на 31-80% по отношению к контролю. Наибольшее влияние на усиление активности каталазы оказал препарат «Эрид Гроу».

2. Наибольшее содержание хлорофилла *a* было отмечено в варианте, обработанном «Оксидатом торфа» –  $555 \times 10^{-3}$  % на сухую массу. По отношению к контролю данный показатель увеличился на 93%.

3. В результате воздействия ФАВ прибавка значения содержания хлорофилла *b* составила 41-89% по отношению к случаям, обработанным водой.

4. Более всего на показатель суммы хлорофиллов *a* и *b* оказал влияние препарат «Оксидат торфа». Его действие повысило значение данного параметра на 1%. В среднем же действие регуляторов роста повысило суммарную концентрацию хлорофиллов *a* и *b* на  $307 \times 10^{-3}$  п.п. (42%) по сравнению с вариантом без обработки.

5. Под влиянием регуляторов роста гормональной природы, в среднем, содержание каротиноидов увеличилось на  $30 \times 10^{-3}$  п.п., что составило 37%.

6. Показатель отношения суммы хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов в результате некорневой обработки гормональными регуляторами роста увеличился на 1,2 ед. Применение ФАВ увеличило содержание фотосинтетических пигментов, в среднем, на 44% по сравнению с контрольным вариантом.

7. Наибольшее значение пигментного фонда было отмечено при обработке растений «Оксидатом торфа». Его действие повысило общее содержание пигментов на  $538 \times 10^{-3}$  п.п., что составило прибавку 89% по сравнению с вариантами, не подвергнутыми воздействию биологически активных веществ.

8. Использование гормональных препаратов повысило хлорофилловый индекс растений хризантемы корейской на 15-65% по сравнению с контрольным вариантом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.
3. Головки, Т.К., Табаленкова, Г.Н., Дымова, О.В. Пигментный комплекс растений Приполярного Урала / Т.К. Головки // Ботанический журнал. – 2007. – Т. 92. – №. 11. – 1732-1741 с.
4. Живлюк, Е.К., Тарасенко С.А. Пигментный состав сортов мягкой озимой пшеницы в процессе селекции / Е.К. Живлюк // В мире науки. – 2009. – №7.