

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛИСИТОРОВ ПРИ АДАПТАЦИИ *EX VITRO***О.В. Чижик, И.Ф. Вайновская, А.С. Круль***Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск*

Представленные исследования проводились в рамках проекта по изучению влияния различных классов элиситоров на изменение морфолого-физиологических параметров представителей семейства *Ericaceae* при адаптации *ex vitro*. Цель работы – определить содержание хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов в образцах листьев *Vaccinium vitis-idaea* L. после обработки различными элиситорами. Были произведены морфолого-биометрические измерения [1] и определено содержание хлорофилла и каротиноидов.

Повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды (биотическим и абиотическим) – одна из важнейших проблем современности. Любое достаточно сильное стрессовое воздействие запускает в растениях последовательность одних и тех же защитных реакций, следствием которых становится неспецифическое, системное повышение устойчивости к повторному действию стрессоров («неспецифический адаптационный синдром») [2].

В последние десятилетия в научной литературе появились работы, свидетельствующие о том, что в защите растений от различных стрессовых воздействий важная роль принадлежит элиситорам. Элиситоры – биотические или абиотические факторы, индуцирующие в растениях неспецифический комплекс защитных реакций, проявлением которого является кратковременное индуцирование неспецифической устойчивости [3]. Индуцированная неспецифическая устойчивость является одним из важнейших механизмов, обеспечивающих защиту растительного организма от различного рода деструктивных воздействий, что указывает на возможность использования элиситоров для защиты растений.

Ученые все больше внимания уделяют изучению природной способности растений запускать внутренние механизмы устойчивости к стрессорам. Изучение влияния элиситоров на повышение неспецифической устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам является крайне актуальным [4]. Применение современных биопрепаратов позволяет стимулировать рост, сократить срок адаптации и сопротивляемость болезням. Это позволяет увеличить урожай ягод, повысить продуктивность растений.

Для ускорения роста и усиления защитных свойств растений перспективным представляется применение препаратов на основе хитозана [5]. Действие хитозана усиливает врожденный механизм защиты у растения для борьбы с насекомыми, патогенными микроорганизмами и почвенными болезнями. Хитозан ускоряет процесс фотосинтеза и усиливает рост растений, стимулирует поглощение питательных веществ семенами, увеличивает всхожесть и энергию прорастания. Применение биополимера хитозана в сельском хозяйстве поможет уменьшить нагрузку на окружающую среду, укрепить жизнеспособность семян, улучшить защитные свойства насаждений и увеличить урожайность. Кроме того, не на всех сельскохозяйственных культурах исследовалось его воздействие, которое проявляется в болезнеустойчивости растений, укреплении корневой системы, увеличении урожайности.

Янтарная кислота (бутандиовая кислота, этан-1,2-дикарбоновая кислота) – двухосновная предельная карбоновая кислота. Янтарная кислота для растений – это регулятор роста, стрессовый адаптоген, умеренный активатор роста, улучшающий усвояемость веществ из почвы. Применяется как для замачивания семян, так и для опрыскивания и полива растений. [6].

Экстракт пихты – природный инсектицид. Природное средство для защиты комнатных и садовых растений от болезней и вредителей. Состав: эфирные масла, фитонциды, флавоноиды, лигни-

ны, провитамины А, витамины В1, В2, С и др., микро- и макроэлементы (Na, Ca, K, Zn и др.). Это натуральное защитное средство от насекомых-вредителей и болезней на садовых и комнатных растениях, обладает антибактериальным и противовирусным эффектом, способствует быстрой регенерации повреждённых тканей, укрепляет клеточную мембрану, укрепляет иммунитет, увеличивает урожайность.

Выращивание растительной продукции является важным звеном в обеспечении населения пищевыми ресурсами, сырьем для перерабатывающей промышленности. В связи с высокой актуальностью древесно-кустарниковых видов рода *Vaccinium*, стоит задача наработки качественного и экологически чистого посадочного материала в короткие сроки и в промышленных масштабах.

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – ценная ягодная культура семейства вересковых *Ericaceae*. Ягоды широко применяются в кулинарии, листья используются в медицине. Произрастает в кислых почвах разной степени увлажненности и различного химического состава. В листьях содержатся органические кислоты, флавоноиды, дубильные вещества, фенолгликозиды, макро- и микроэлементы.

Были выделены контрольные группы растений брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сорта Коралл, высаженные в теплицу для адаптации *ex vitro*. Использовали следующие элиситоры: лактат хитозана (0,45 мг/мл), янтарная кислота (0,065 мг/мл) и экстракт пихты. Обработки проводили путём опрыскивания надземной части.

Спектрофотометрическое определение количества хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов проводили по методике, описанной в работе Ермаковой [7], с некоторыми модификациями. Полученный экстракт измеряли на спектрофотометре (Agilent 8453) при длине волны 440 нм (для каротиноидов), 645 нм (для хлорофилла *b*) и 663 нм (для хлорофилла *a*). Расчет концентраций пигментов (мг/л) проводили по уравнениям Ватштейна и Хольмана для 100% ацетона.

Измерения проводили в трех повторностях. Полученные данные по содержанию хлорофилла *a* и *b*, и суммы каротиноидов в образцах листьев *Vaccinium vitis idaea* L. после обработки элиситорами представлены в таблице и рисунках 1-3.

Таблица – Содержание хлорофиллов *a* и *b*, и каротиноидов в образцах листьев *Vaccinium vitis idaea* L. после обработки различными элиситорами

Тип элиситора	Содержание хл <i>a</i> (мг/100г)	Содержание хл <i>b</i> (мг/100г)	Содержание каротиноидов (мг/100г)
Контроль	96,0970955±1,065008	6,26955±0,734780	14,4795±1,024699
Хитозан	109,8845748±3,125183	7,97892±1,031054	16,6608±0,766579
Янтарная	113,3067450±2,953021	7,70050±1,102825	16,8740±0,991712
Пихта	110,1741290±2,289119	7,93450±0,932100	16,4075±1,140673

Содержание хлорофилла *a* было выше в образцах, обработанных янтарной кислотой (на 13,3% относительно контроля) (рисунок 1). В образцах, обработанных хитозаном и экстрактом пихты, содержание хлорофилла *a* также было выше, чем в контроле (на 9,9% и на 10,2% соответственно).

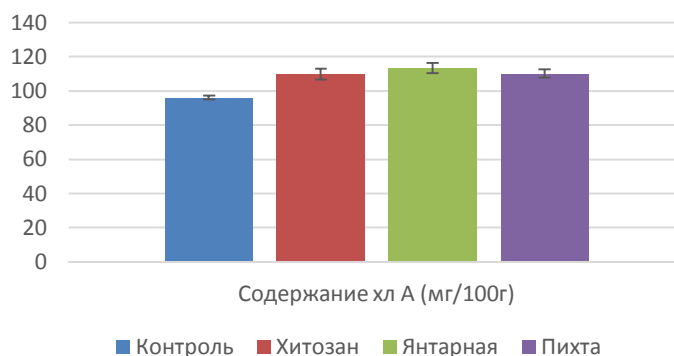


Рисунок 1. – Содержание хлорофилла *a* (мг/100г)

Содержание хлорофилла *b* было выше в образцах, полученных из листьев растений, обработанных хитозаном (на 7,93% выше, чем в контрольной группе) (рисунок 2). Следующими по содержанию хлорофилла *b* были образцы, обработанные экстрактом пихты (выше на 7,93%) и янтарной кислотой (выше на 7,7%).

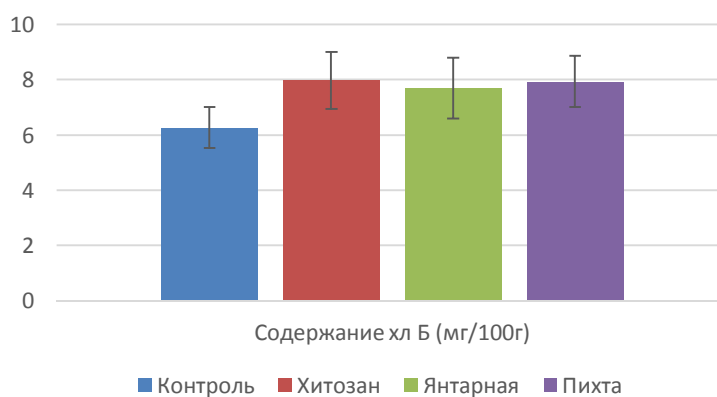


Рисунок 2. – Содержание хлорофилла *b* (мг/100г)

Значения содержания хлорофилла *a* и *b* во всех вариантах опыта с применением элиситоров было выше относительно контрольной группы.

По содержанию каротиноидов также измеряемые показатели в образцах, обработанных элиситорами, были выше, чем в контрольных (рисунок 3). После обработки экстрактом пихты – на 13,1%, после обработки хитозаном – на 15,2%, после обработки янтарной кислотой – на 16,5%.

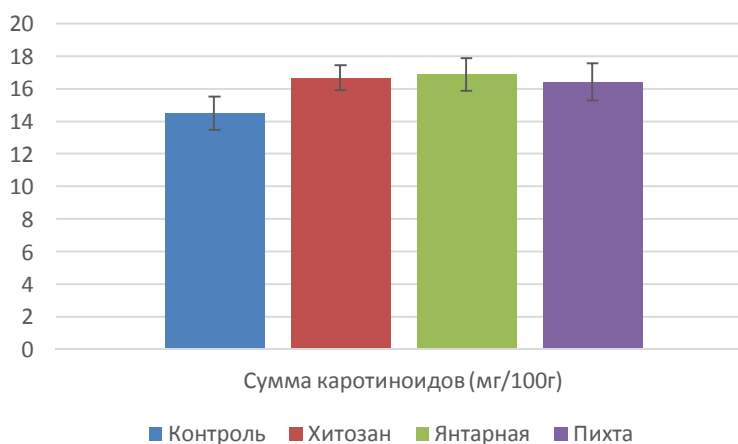


Рисунок 3. – Содержание каротиноидов (мг/100г)

Можно сделать вывод, что обработка растений брусники обыкновенной сорта Коралл элиситорами (хитозаном, янтарной кислотой, экстрактом пихты) при адаптации в условиях защищенного грунта оказывает заметное положительное влияние на содержание хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L., и повышает адаптивный потенциал растений.

В связи с вышеизложенным, изучение влияния элиситоров различных классов на повышение неспецифической устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам является крайне актуальным и научно значимым. Исследования в данной области необходимы для поиска перспективных экологических способов защиты сельскохозяйственных культур и создания препаратов, безопасных для человека. Предложенные исследования имеют не только научное, но и практическое значение.

Список использованных источников

1. Вайновская И.Ф., Круль А.С., Чижик О.В. Влияние элиситоров на морфолого-физиологические параметры *Vaccinium vitis-idaea* L. При адаптации *ex vitro* // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений: материалы междунар. Науч. Конф., посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е.А. Сидоровича / г. Минск, (9-10 марта 2023 г.). – М.: ИВЦ «Минфина», 2023. – С. 143-145.

2. Веселов А.П. Математическая модель возможного триггера обратимого включения режима стресса у растений // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 1. – С. 124–131.

3. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений ; под ред. А. Н. Гречкина. — М.: Наука, 2002. — 294 с.

4. Соколов Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве: монография. – М.: Белорусская наука, 2016. – 201 с.

5. Озерковская О.Л., Васюкова Н.И., Зиновьева С.В. Хитозан как элиситор индуцированной устойчивости растений: Хитин, его строение и свойства. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. // М.: Наука, 2002. – С. 339–345.

6. Антистрессовые эффекты янтарной кислоты на растение / Э.М. Коф, Т.А. Борисова, Р.В. Макарова и др. // Тез. докл. 5-й Межд. конф. «Регуляторы роста и развитие растений. Москва, 1999. – С. 197–108.

7. Ермакова А.И. Методы биохимического исследования растений: учеб.-метод, пособие / А.И. Ермакова. – Л.: ВО «Агроиздат», 1987. – 331 с.