

ИНДУКЦИЯ ИММУНИТЕТА РАССАДЫ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР К МУЧНИСТОЙ РОСЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ ЭКСТРАКТАМИ РЕВЕНЯ

INDUCTION OF PUMPKIN CULTURE SEEDLING'S IMMUNITY TO POWDERY MILDEW AS A RESULT OF TREATMENT BY RHUBARB EXTRACTS

Гладкая А.А., Волощук Л.Ф., Тодираш В.А., Настас Т.Н.

Институт Генетики, Физиологии и Защиты растений
Кишинев, Республика Молдова
E-mail: allagladcaia@mail.ru

Gladcaia A.A., Voloshchuk L.F., Todirash V.A., Nastas T.N.

Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection,
Chisinau, Republic of Moldova
E-mail: allagladcaia@mail.ru

Цель исследований состояла в определении фунгицидного и иммуностимулирующего действия обработки рассады тыквенных культур композициями на основе экстрактов ревеня в защите от мучнистой росы. Необходимо было решить следующие задачи: а) определить влияние интервала времени (72 и 4 часа) между обработкой рассады и искусственным их заражением (*S. fuliginea*) на биологическую эффективность композиций на основе экстракта корня ревеня; б) определить влияние микроэлементов и экстракта листьев ревеня в сочетании с экстрактом корня ревеня на эффективность композиции. В результате исследований установлена оптимальная концентрация экстракта корня ревеня в рабочем растворе (1,0–1,5%) для подавления развития мучнистой росы и повышения индекса хлорофилла на рассаде тыквенных культур в условиях защищенного грунта и определена ее биологическая эффективность (87,6–96,6%). Был доказан иммуностимулирующий эффект экстракта корня ревеня в концентрации 1,5–2,0%, биологическая эффективность которого при обработке листьев рассады тыквенных культур за 4 и 72 часа до заражения достигает 89,3%, обеспечивая достоверную и стабильную защиту рассады от мучнистой росы. Добавление микродоз микроэлементов (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+}) увеличивает иммуностимулирующие свойства композиции. Доказано, что композиция из экстрактов корня и листьев ревеня обладает фунгицидным и иммуностимулирующим действием и является наиболее перспективной и рентабельной для защиты тыквенных культур от мучнистой росы в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: экстракты *Rheum raphanistrum*, сем. Cucurbitaceae, *Sphaerotheca fuliginea*.

Для цитирования: Гладкая А.А., Волощук Л.Ф., Тодираш В.А., Настас Т.Н. ИНДУКЦИЯ ИММУНИТЕТА РАССАДЫ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР К МУЧНИСТОЙ РОСЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ ЭКСТРАКТАМИ РЕВЕНЯ. *Аграрная наука*. 2019;(3):86–90.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-86-90>

The aim of the research was to determine the fungicidal and immunostimulating action of seedling treatment with rhubarb extracts based compositions in powdery mildew protection. It was necessary to solve the following problems: a) to determine the effect of the time interval (72 and 4 hours) between the treatment of fam. Cucurbitacea seedlings and their artificial infection (*S. fuliginea*) on the biological effectiveness of rhubarb extract based compositions; b) to determine the effect of microelements and rhubarb leaf extract in combination with rhubarb root extract on the effectiveness of the composition. As a result of research, the optimal concentration of rhubarb root extract (1,0 – 1,5%) was identified, to suppress the development of powdery mildew and to increase the chlorophyll index on pumpkin seedlings in greenhouses, and its biological effectiveness was determined (87,6 – 96,6%). The immunostimulating effect of rhubarb root extract in a concentration of 1,5 – 2,0% has been proven, the biological effectiveness of which, when processing the pumpkin seedlings leaves (4 and 72 hours) before infection, reaches 89,3%, providing reliable and stable protection of seedlings from powdery mildew. The addition of micronutrients (Zn, Fe, Mg, B) microdose increases the immunostimulating properties of the composition. It is proved that the composition of the rhubarb root and leaves extracts has a fungicidal and immunostimulating effect and is the most promising and cost-effective for protecting pumpkin cultures from powdery mildew in greenhouses.

Key words: *Rheum raphanistrum* extracts, fam. Cucurbitacea, *Sphaerotheca fuliginea*.

For citation: Gladcaia A.A., Voloshchuk L.F., Todirash V.A., Nastas T.N. INDUCTION OF PUMPKIN CULTURE SEEDLING'S IMMUNITY TO POWDERY MILDEW AS A RESULT OF TREATMENT BY RHUBARB EXTRACTS. *Agrarian science*. 2019;(3):86–90. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-86-90>

Введение

В последние десятилетия, когда были определены основные информационные механизмы взаимодействия фитопатогенов с клетками растений, исследователями был предложен термин индуктор (элиситор) для обозначения химических сигналов, возникающих в местах инфицирования растений патогенными микроорганизмами. В качестве индукторов устойчивости могут выступать вещества биогенной и абиогенной природы. Индуцированная устойчивость растений к болезням имеет системный характер. Выделяют две формы индуцированной устойчивости: системная приобретенная устойчивость (systemic acquired resistance — SAR) и индуцированная системная устойчивость (induced systemic resistance — ISR), которые различаются по характеру возникновения (элиситоров и запускающих регуляторных путей) [1–3]. Молекулы, которые

способны «запустить» эти ответные реакции, названы сигнальными. Некоторые биотические и абиотические детерминанты индуцируют системную устойчивость через салициловую кислоту, обуславливающую SAR-путь (увеличение потока ионов кальция в клетку, генерация активных форм кислорода, лигнификация клеточных стенок, синтез фитоалексинов, дефензинов, накопление PR-белков, в первую очередь хитиназы и глюканазы, а также белков, ингибиторов протеиназ и др.). Этот механизм активизируется преимущественно при защите от биотрофных патогенов [4].

В результате исследования особенностей накопления биоактивных веществ в экстрактах из корня и листьев *Rheum* были выявлены фенолы (эмодин), флавоноиды (кверцетин) и органические кислоты, которые могут выступать в качестве индукторов устойчивости растений к болезням и стимулировать всхожесть семян.

Механизм действия экстракта из корня *R. emodi* в качестве активатора был исследован группой Muryaa S. (2010). Экстракт оказался очень эффективен при профилактической и лечебной обработке против мучнистой росы (*Erysiphe cichoracearum*) бальзамина (*Impatiens balsamiana*) в полевых условиях. Анализ листьев методом высокопроизводительной жидкостной хроматографии (HPLC) доказал, что профилактическое действие экстракта корня ревеня было связано с индуцированной устойчивостью к мучнистой росе, основанной на повышении синтеза фенольных кислот в листьях, обработанных экстрактом [5–6].

Прямое воздействие эмодаина, содержащегося в корне ревеня, на прорастание семян было изучено в мире очень слабо, на нескольких видах растений и результаты исследований противоречивы. В то же время, было доказано, что обработка растений органическими кислотами (щавелевой) стабильно стимулирует ростовые показатели [10–11]. Важную фитостимулирующую роль играет негормональный регулятор роста — кверцетин, который входит в состав J3 — ингибиторного комплекса. Являясь компонентом единой антиоксидантной системы растений, кверцетин, служит субстратом пероксидазы и окисляется ферментом в реакциях индивидуального и совместного окисления. Однако механизм этого взаимодействия недостаточно изучен [12]. Так как в листьях растений *R. rhaponticum* содержится щавелевая кислота (1%) и кверцетин, в корнях ревеня — эмодин (4%), было принято решение исследовать действие предпосевной обработки экстрактами корня и листьев на семена.

Материалы и методы

Определение биологической эффективности экстрактов корня и листьев *Rheum rhaponticum* для контроля *Sphaerotheca fuliginea* на рассаде *Cucurbitaceae* проводили в закрытом грунте. Были изучены возможности использования экстрактов из растений *R. rhaponticum*, включая листья, которые так же, как и корни, являются побочным продуктом (отходом) от производства черешков и содержат большой спектр биоактивных веществ (фенолы, флавоноиды, органические кислоты). С целью точного определения оптимальной концентрации экстракта корня ревеня с иммуностимулирующим действием, активирующую защитные реакции, вызывающую изменение интенсивности зеленой окраски обработанных листовых пластинок рассады растений *Cucurbitaceae*, по сравнению с контрольными, нами были проведены измерения индекса хлорофилла обработанных и контрольных листьев с помощью прибора CM 1000 Chlorophyll Meter.

После того, как был определен эффект чистого экстракта корня ревеня, мы предприняли ряд экспериментов в целях усиления этих фунгицидных и иммуностимулирующих свойств, используя сочетание экстракта корня ревеня с экстрактом листьев и с композицией микроэлементов (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+}) в хелатной форме для обработки рассады тыквенных культур в закрытом грунте.

Целью выбранной методики было, как определение непосредственного фунгицидного действия композиций на конидии мучнистой росы (обработка за 4 часа до заражения), так и индукция иммунной устойчивости к мучнистой росе листьев (обработка за 3 суток до заражения).

Необходимо было решить следующие задачи:

- определить влияние интервала времени (за 72 и 4 часа) между обработкой рассады овощных культур

сем. *Cucurbitaceae* и искусственным их заражением (*S. fuliginea*) на биологическую эффективность композиций на основе экстракта корня ревеня;

- определить влияние микроэлементов (фунгицидное, иммуностимулирующее), в сочетании с экстрактом корня ревеня, в защите от мучнистой росы.

В нашей работе были исследованы 6 вариантов композиций на основе экстракта корня ревеня с микроэлементами на 4-х видах рассады тыквенных культур (тыква, дыня, кабачок, огурец), в 4-х кратной повторности: V1 — 1,0 % (Cu^{2+} + R); V2 — 1,5 % (Cu^{2+} + R); V3 — 1,0 % (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+} + R); V4 — 1,5 % (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+} + R); V5 — 1,0 % R; V6 — 1,5 % R.

В опытах по изучению влияния обработки экстрактами корня и листьев ревеня были использованы следующие составы: V1 — 1%L; V2 — 4%L; V3 — 1%R; V4 — 2%R; V5 — 1%L+1%R; V6 — 2%R+4%L; V7 — 1%L+2%R; V8 — 4%L+1%R.

В качестве эталона в опытах был использован экологически безопасный препарат Рекол (5%), фунгицид на основе экстракта *Reynoutria sachalinensis* L., сем. *Polygonaceae*, зарегистрированный в Молдове. Контрольные растения не обрабатывали.

Дозы микроэлементов малы, в сравнении с их долей в общепринятых фунгицидных растворах (медный купорос — 10 г/1 литр). В одном литре рабочего раствора было 0,3 мг Cu^{2+} ; 0,1 мг микроэлементов (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+}); 2 мл этанола. Обработки рассады тыквенных культур (тыква, дыня, кабачок, огурец) значительно снизили развитие мучнистой росы, тогда как на контрольных растениях болезнь быстро развивалась. Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что фунгицидная активность экстракта корня ревеня достаточно высока.

Исследования проводили в условиях закрытого грунта на рассаде овощных культур *Cucurbitaceae* — тыквы, дыни, кабачка и огурца с использованием искусственного заражения рассады. Суспензия конидий возбудителя мучнистой росы (*S. fuliginea*) огурца, была подготовлена заранее путем смыва конидий с больших листьев растений. С помощью микроскопа водная суспензия была скорректирована до $2,0 \cdot 10^5$ конидий на мл. Заражение проводили методом опрыскивания. Зараженные суспензией конидий *S. fuliginea* растения помещали в рандомизированных блоках теплицы, в 4-кратной повторности при 23–27°C. Мицелий мучнисто-росяных грибов разрастался на поверхности листьев и побегов, образуя налет белого цвета. Для фитопатологической оценки состояния рассчитали распространенность (частоту встречаемости) пораженных растений, интенсивность (степень, поражения), а также биологическую эффективность (%) обработок экстрактами ревеня.

Результаты

В результате исследований было установлено, что после четырех обработок в течение месяца экстрактом корня ревеня в концентрации 1,5 % в рабочем растворе, усилилась интенсивность зеленой окраски обработанных листьев тыквенных культур и индекс хлорофилла в них превысил контрольные значения в 1,3 раза. При помощи прибора CM 1000 Chlorophyll Meter, мы измеряли индекс хлорофилла, и обнаружили, что индекс растет до достижения значения концентрации экстракта R — 1,5%, а при увеличении концентрации до 2% — индекс хлорофилла в 1,2 раза ниже контрольных значений. Дальнейшее увеличение концентрации экстракта корня ревеня в рабочем растворе приводило к появлению

признаков фитотоксичности, которые проявились появлением желтой каемки на листьях, снижением индекса хлорофилла и резким уменьшением площади листовой пластинки (Рисунок 1, 2).

Таким образом, применение метода искусственного заражения фитопатогеном мучнистой росы рассады тыквенных культур, метода обработки листьев рассады экстрактом корня ревеня и метода измерения индекса хлорофилла в листьях рассады, позволило нам доказать наличие фунгицидной и иммуностимулирующей активности у экстракта корня ревеня в концентрациях 1–1,5%.

Исследование биологической эффективности композиций на основе экстрактов корня *Rheum raphaniticum* в сочетании с микроэлементами для контроля *Sphaerotheca fuliginea* культур *Cucurbitaceae* показало, что биологическая эффективность чистого экстракта корня ревеня в концентрациях 1,0–1,5% была стабильно выше эталонных значений при обоих интервалах между обработкой и инфицированием. Фунгицидные и иммуностимулирующие свойства экстракта корня ревеня (V5 и V6) надежно защитили все виды рассады овощных культур сем. *Cucurbitaceae* в нашем опыте с использованием искусственного заражения мучнистой росой.

В подтверждение нашего предположения, что добавка микродоз меди усилит фунгицидные свойства экстракта корня ревеня, было установлено, что сочетание концентрации экстракта корня ревеня, уменьшенной вдвое, с микродозами меди в рабочем растворе (V1 и V2), создает эффект, при котором фунгицидная активность при обработке растений за 4 часа до заражения их суспензией *S. fuliginea* (89,3–92,2 %) выше, чем при обработке за 72 часа (63,0–63,6 %). Следовательно, добавка микродоз меди к экстракту ревеня снизила иммуностимулирующую активность композиции.

В то же время было установлено, что сочетание экстракта корня ревеня с микроэлементами Zn, Fe, Mg, B (V3 и V4) усилило иммуностимулирующий эффект обработок (листовая подкормка). Значения биологической эффективности этих композиций оказались выше (90,3–91,5%) при обработке растений рассады за 72 часа, чем при обработке за 4 часа (85,7%) до заражения их суспензией *S. fuliginea*.

Разницу значений можно объяснить тем, что, при обработке рабочим раствором за 72 часа до заражения, микроэлементы проникали внутрь листьев и укрепляли защитные свойства листьев против фитопатогена мучнистой росы. Однако попадание питательных микроэлементов на листья, непосредственно, перед заражением (за 4 часа), способствует питанию и развитию фитопатогена мучнистой росы, попадающего на лист при заражении. При недостаточных концентрациях фунгицидного экстракта корня ревеня, попадание на листья питательных микроэлементов поддерживает развитие инфекции.

Необходимо отметить, что биологическая эффективность чистого экстракта корня ревеня в концентрациях 1,0–1,5% была стабильна при обоих вариантах заражения и составила в среднем значении 90,1–92,0%, что выше эталонных значений на 8%. Эти значения выше, чем показатели эффективности композиций с добав-

Рис. 1. Изменение пораженности растений мучнистой росой и интенсивности окраски обработанных листьев, по сравнению с контрольными: а — контроль; б — опыт

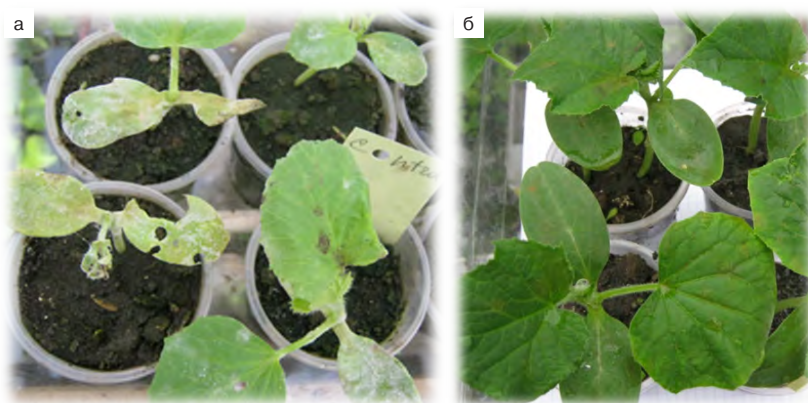


Рис. 1. Индекс хлорофилла в листьях рассады дыни после обработки препаратами из корня ревеня

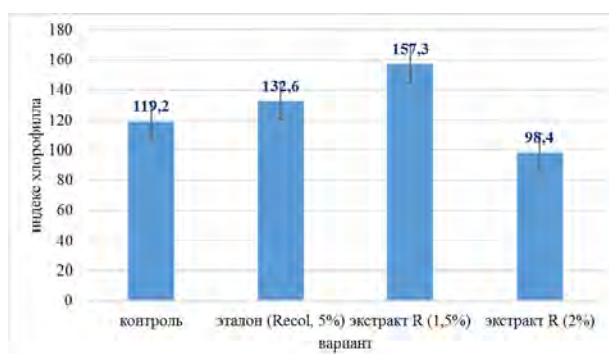


Таблица 1.

Средние значения биологической эффективности композиций на основе экстракта корня ревеня в сочетании с микроэлементами в контроле *Sphaerotheca fuliginea* на рассаде культур *Cucurbitaceae*

Вариант	Биологическая эффективность, %		
	Интервал 72 часа	Интервал 4 часа	Среднее значение
Эталон (Recol — 5%)	80,8	86,7	83,9
V1 — 1,0 % (Cu + R)	63,0	92,2	77,6
V2 — 1,5 % (Cu + R)	63,6	89,3	76,5
V3 — 1,0 % (Zn, Fe, Mg, B + R)	90,3	85,7	88,0
V4 — 1,5 % (Zn, Fe, Mg, B + R)	91,5	85,7	88,6
V5 — 1,0 % R	94,9	90,1	92,0
V6 — 1,5 % R	93,5	86,7	90,1
HCP _{0,05}	6,7	4,9	9,5

Обозначения: R — экстракт корня *R. raphaniticum*

лением микроэлементов и эталона (на 8%). Фунгицидные и иммуностимулирующие свойства экстракта корня ревеня (V5 и V6) надежно защитили все виды рассады овощных культур сем. *Cucurbitaceae* от мучнистой росы. Наши исследования по определению влияния сочетания экстракта корня ревеня с микроэлементами доказали, что добавление микродоз меди усиливает быстродействующие фунгицидные свойства экстракта, а микроэлементы — усиливают иммуностимулиру-

Таблица 1.

Средние значения биологической эффективности композиций на основе экстракта корня ревеня в сочетании с микроэлементами в контроле *Sphaerotheca fuliginea* на рассаде культур *Cucurbitaceae*

Вариант	Биологическая эффективность, %		
	обработка за 4 ч. до заражения	обработка за 72 ч. до заражения	Среднее значение
Эталон (Recol, 5%)	54,6	72,7	63,8
V1- 1%L	54,6	45,5	50,1
V2- 4%L	81,8	54,6	68,2
V3- 1%R	72,7	63,6	68,2
V4-2%R	90,9	94,6	92,8
V5-1%R+1%L	54,6	36,4	45,5
V6-2%R+4%L	81,8	54,6	68,3
V7-2%R+1%L	94,6	72,7	83,7
V8-1%R+4%L	94,6	81,8	88,2
HCP _{0,05}	12,1	13,0	10,2

Обозначения: R — экстракт корня *R. rhaponticum*; L — экстракт листьев *R. rhaponticum*.

ющие свойства. Но, при недостаточной концентрации фунгицидного экстракта корня ревеня в композиции с микроэлементами Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+} , эффект может оказаться обратным, и развитие инфекции может усиливаться (табл. 1).

Обобщив результаты можно сделать заключение, что снижение дозы экстракта корня ревеня при сочетании его с микроэлементами, возможно, но не обязательно. Микроэлементы могут сделать композицию рентабельнее, но наиболее эффективную часть композиций составляют биологически активные вещества экстракта корня ревеня. Прямое фунгицидное действие экстракта обусловлено прямым ингибированием гриба и его спор с помощью основных действующих веществ экстракта — эмодина, кверцетина. Иммуностимулирующее действие экстракта корня ревеня индуцирует резистентность растения в целом для быстрой защитной реакции после инфицирования.

Результаты опытов по определению биологической эффективности экстракта корня ревеня в сочетании с экстрактом его листьев в защите от *Sphaerotheca fuliginea* на рассаде тыквенных культур подтверждают, что композиция 1%R+4%L, не только активирует в листьях иммунитет и развитие, но и оказывает местное, антисептическое действие на фитопатогены мучнистой росы. Листья обрабатываемой рассады отличались более крупными размерами и интенсивной окраской, чем в контроле. Обнаружив, что фунгицидные свойства экстракта корня ревеня, сочетаются с фитостимулирующими свойствами экстракта листьев, мы сделали заключение, что композиция является полифункциональной. Таким образом, биоактивные вещества экстракта листьев ревеня (щавелевая кислота и кверцетин) в сочетании с основным действующим веществом экстракта корня ревеня (эмодин) оказали на организм растений рассады активное фитостимулирующее, фунгицидное и иммуностимулирующее действие.

Средняя эффективность экстракта листьев в концентрации 4% (V2) составила 68,2%, что на 18,1% выше, чем эффективность экстракта листьев в концентрации

1%. При обработке за 4 часа до заражения, значения биологической эффективности экстракта листьев в концентрации 1% на 9,1%, а в концентрации 2% — на 27,2% выше, чем значения биологической эффективности экстракта при обработке за 72 часа до заражения. Это объясняется значительным антисептическим действием 2%-ной концентрации экстракта листьев, непосредственно, перед попаданием фитопатогена на листья. Можно сделать вывод, что экстракт листьев обладает антисептическими и, в меньшей степени, иммуностимулирующими свойствами.

В опытах с рассадой огурца в теплице, при использовании искусственного заражения, была подтверждена стабильная фунгицидная и иммуностимулирующая активность экстракта корня ревеня (V3 и V4) в концентрациях 1–2%, которая, снизила степень поражения рассады огурца на 17,7–26%. Было доказано, что биологическая эффективность экстракта корня ревеня (от 68,2% до 92,8%) не зависит от времени между обработкой и заражением, а возрастает прямо пропорционально концентрации, проявляя иммуностимулирующую (стимулирование иммунного ответа на заражение мучнистой росой) и фунгицидную активность (уничтожение конидий фитопатогена, непосредственно, на листе при заражении). В эталоне эффективность составила, в среднем, 63,8%. В контроле развивалось и распространялось заболевание растений мучнистой росой и степень поражения рассады составила 27,5%.

Значение биологической эффективности композиций, в которых экстракты корня и листьев ревеня находятся в наименьших концентрациях (1%), были самыми низкими: V1 = 50,1% и V5 = 45,5%. Эффективность других композиций корня и листьев ревеня (V6 = 68,3% и V7 = 83,7%) находилась в пределах эталонных значений. Однако, наблюдалось явное преимущество в значениях эффективности, при интервале 4 часа, где эффективность композиции V6 была на 27,2% и композиции V7 — на 21,9% выше, чем при интервале 72 часа. Результаты опыта подтверждают, что действие указанных двух композиций является больше фунгицидным, чем иммуностимулирующим (табл. 2).

Необходимо отметить, что применение полифункциональных экстрактов корня и листьев ревеня для контроля мучнистой росы на культуре огурца в условиях закрытого грунта является весьма перспективным. Во-первых, экологически безопасные средства защиты позволяют уменьшить количество химических обработок культуры огурца. Создание и использование средств защиты на основе экстракта уменьшит загрязнение экосистемы, а индуцируемая устойчивость позволит растениям снизить энергетические затраты на защиту от патогенов и сохранить энергию для роста, развития и образования плодов.

Во-вторых, композиция продемонстрировала, помимо прямого фунгицидного действия, еще и высокую эффективность в стимулировании резистентности культур к патогенам растений, включая мучнистую росу и корневые гнили в лабораторных и мелкоделяночных условиях. Как известно, «анти-фитопатогенный агент» представляет собой агент, который модулирует рост патогена растения или предотвращает заражение растения патогеном растения. Устойчивость фитопатогенов к фунгицидам является распространенным явлением. Когда фунгицид часто используется, целевой патоген может адаптироваться к фунгициду из-за высокого давления отбора. Комбинация одно- и многокомпонентных фунгицидов в смеси или в ротации может обеспечить аддитивные или даже синергети-

ческие взаимодействия, и при этом достигается высокий уровень контроля заболевания с уменьшенной дозировкой каждого отдельного фунгицида, что, в свою очередь уменьшает риск развития устойчивости к пестицидам среди патогенных для растений штаммов.

Выводы

1. Установлена оптимальная концентрация экстракта корня ревеня в рабочем растворе (1,0–1,5%), для подавления развития мучнистой росы и повышении индекса хлорофилла на рассаде тыквенных культур в условиях защищенного грунта и определена ее биологическая эффективность (87,6–96,6%).

2. Доказан иммуностимулирующий эффект (ISR) экстракта корня ревеня в концентрации 1,5–2,0%, биологи-

ческая эффективность которого при обработке листьев рассады тыквенных культур за 4 и 72 часа до заражения достигает 89,3%, обеспечивая достоверную и стабильную защиту рассады от мучнистой росы. Добавление микродоз микроэлементов (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , B^{3+}) увеличивает иммуностимулирующие (ISR) свойства композиции (биологическая эффективность 91,5%), а добавление микродоз анти-фитопатогенного агента (Cu^{2+}) увеличивает прямое фунгицидное действие (биологическая эффективность 92,2%).

3. Доказано, что композиция из экстрактов корня и листьев ревеня обладает фунгицидным и иммуностимулирующим действием и является наиболее перспективной и рентабельной для защиты тыквенных культур от мучнистой росы в условиях закрытого грунта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ingrid W. Kiefer and Alan J. Slusarenko. The Pattern of Systemic Acquired Resistance Induction within the Arabidopsis rosette in Relation to the Pattern of Translocation. In: Plant Physiology, 2003, vol. 132, nr. 2, p. 840–847. ISSN: 0066–4294
2. Dale R. Walters, Jaan Ratsep, Neil D. Havis. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. In: Journal of Experimental Botany, 2013, vol. 64, nr. 5, p. 1263–1280. ISSN: 0022–0957
3. Dietrich R., Ploss K., Heil M. Growth responses and fitness costs after induction of pathogen resistance depend on environmental conditions. In: Plant Cell and Environment, 2005, vol. 28, issue 2, p. 211–222. ISSN: 0140–7791
4. Godarda S., Slacaninb I., Vireta O., Gindroa K. Induction of defense mechanisms in grapevine leaves by emodin- and anthraquinone-rich plant extracts and their conferred resistance to downy mildew. In: Plant Physiology and Biochemistry, 2009, vol. 47, issue 9, p. 827–837
5. Mauryaa S., Rashmi Singhb & U. P. Singh. Antifungal activity of etanolic extract of Archu (Rheum emodi) on powdery mildew (Erysiphe cichoracearum) and its role in the induction of resistance in balsam (Impatiens balsamania). In: Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2010, vol. 43, issue 16, p. 1589–1595.
6. Meenakshi Thakur and Baldev Singh Sohal. Role of Elicitors in Inducing Resistance in Plants against Pathogen Infection: A Review. In: ISRN Biochemistry, 2013, Article ID 762412, 10 p.
7. Романова А. С., Химическое изучение производных антрацена ревеня тангутского (Rheum palmatum L. var. tanguticum Maxim.) и изыскание растительных источников получения хризаробина». Автореферат дис., факультет почвоведения и агрохимии Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева. 1965 г. Стр. 9.
8. Костикова В. А., Высоchina Г. И., Петрук А. А. Особенности накопления флавоноидов в органах надземной части Rheum compactum. Химия растительного сырья, №4, 2015, Стр. 147–150.
9. Патент № 2267924, Способ стимулирования растений. авторы: Верещагин Ф. Л., Кропоткина В. В., Акимова С. С., и др., патентообладатель: ЗАО СХП «Озерское», дата публикации 20.01.2006.
10. Патент № 2201079 Модификатор (стимулятор) для обработки растений и способ его использования. Автор: Правдивцев В. А., патентообладатель: Правдивцев В. А., дата публикации 27.03.2003.
11. Патент РФ № 2355169. Регулятор роста растений. Авторы: Сорочкин И. Н., Спиридонов Ю. Я. и др. патентообладатель: Сорочкин И. Н., дата публикации 20.05.2009.
12. Рогожин В. В., Верхотуров В. В. Влияние антиоксидантов (дигоксина, кверцетина и аскорбиновой кислоты) на каталитические свойства пероксидазы хрена, Биохимия, 1998, Т. 63, № 6, Стр. 63–68.

REFERENCES

1. Ingrid W. Kiefer and Alan J. Slusarenko. The Pattern of Systemic Acquired Resistance Induction within the Arabidopsis rosette in Relation to the Pattern of Translocation. In: Plant Physiology, 2003, vol. 132, nr. 2, p. 840–847. ISSN: 0066–4294
2. Dale R. Walters, Jaan Ratsep, Neil D. Havis. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. In: Journal of Experimental Botany, 2013, vol. 64, nr. 5, p. 1263–1280. ISSN: 0022–0957
3. Dietrich R., Ploss K., Heil M. Growth responses and fitness costs after induction of pathogen resistance depend on environmental conditions. In: Plant Cell and Environment, 2005, vol. 28, issue 2, p. 211–222. ISSN: 0140–7791
4. Godarda S., Slacaninb I., Vireta O., Gindroa K. Induction of defense mechanisms in grapevine leaves by emodin- and anthraquinone-rich plant extracts and their conferred resistance to downy mildew. In: Plant Physiology and Biochemistry, 2009, vol. 47, issue 9, p. 827–837
5. Mauryaa S., Rashmi Singhb & U. P. Singh. Antifungal activity of etanolic extract of Archu (Rheum emodi) on powdery mildew (Erysiphe cichoracearum) and its role in the induction of resistance in balsam (Impatiens balsamania). In: Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2010, vol. 43, issue 16, p. 1589–1595.
6. Meenakshi Thakur and Baldev Singh Sohal. Role of Elicitors in Inducing Resistance in Plants against Pathogen Infection: A Review. In: ISRN Biochemistry, 2013, Article ID 762412, 10 p.
7. Romanova A.S., Chemical study of anthracene derivatives of tangut rhubarb (Rheum palmatum L. var. Tanguticum Maxim.) And the search for plant sources of chrysarobin. " Abstract dis., Faculty of Soil Science and Agrochemistry of the Moscow Agricultural Academy named after KA Timiryazev. 1965 p. 9.
8. Kostikova V. A., Vysochina G. I., Petruk A. A. Features of the accumulation of flavonoids in the organs of the aerial part of the Rheum compactum. Chemistry of plant raw materials, №4, 2015, p. 147–150.
9. Patent number 2267924, Method of stimulating plants. Authors: Vereshchagin F. L., Kropotkina V. V., Akimova S. S., et al., Patentee: CJSC "Ozerskoe" CJSC, publication date 01/20/2006.
10. Patent No. 2201079 A modifier (stimulant) for treating plants and a method for using it. Author: Pravdivtsev V.A., patent holder: Pravdivtsev V.A., publication date 03/27/2003.
11. RF patent № 2355169. Plant growth regulator. Authors: Sorochkin I.N., Spiridonov Yu. Ya. And others. Patent holder: Sorochkin I.N., publication date 20.05.2009.
12. Rogozhin V.V., Verkhoturov V.V. Effect of antioxidants (digoxin, quercetin and ascorbic acid) on the catalytic properties of horseradish peroxidase, Biochemistry, 1998, V. 63, No. 6, p.

ОБ АВТОРАХ:

Гладкая А.А., научный сотрудник, докторант
Волощук Л.Ф., доктор биологических наук
Тодираш В.А., доктор биологических наук
Настас Т.Н., доктор биологических наук

ABOUT THE AUTHORS:

Gladcaia A.A., researcher
Voloshchuk L.F., doctor of biological sciences
Todirash V.A., doctor of biological sciences
Nastas T.N., doctor of biological sciences