

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛИСИТОРНОГО ПРЕПАРАТА ИММУНАКТ-ГК, ВСК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТЕПЛИЧНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Д. В. ВОЙТКА, Е. Н. ЯНКОВСКАЯ, М. В. ФЕДОРОВИЧ

РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь, 223011

Л. Ф. КАБАШНИКОВА

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220072

(Поступила в редакцию 24.03.2023)

Использование возможностей повышения устойчивости растений посредством использования модуляторов иммунного ответа (элиситоров) является новым перспективным подходом в регуляции роста и интегрированной защите растений от фитопатогенов. В производственных условиях овощеводческих хозяйств Брестской, Гродненской и Минской областей, согласно общепринятым методическим требованиям, проведена экспериментальная оценка влияния элиситорного препарата Иммунакт-ГК, ВСК на основе β -1,3-глюкана, 0,5 % на развитие и фитопатологический статус растений томата и огурца, выращиваемых в условиях защищенного грунта. Исследования проводили по общей схеме, предполагавшей использование в качестве варианта сравнения регулятора роста Экосил, ВЭ (тритерпеновые кислоты, 50 г/л), в качестве контрольного варианта – растения без обработки. В результате проведения исследований на культуре томата выявлено стимулирующее действие препарата (2,0 % р.ж.): ускорение роста, увеличение средней массы плодов и повышение урожайности растений на 7,1–7,8 %. Элиситорное действие Иммунакта-ГК, ВСК при применении на культуре огурца проявлялось в виде стимулирующего и фитозащитного эффекта: уменьшении количества сброшенных завязей, увеличении скорости роста, урожайности (до 7,3 %), снижении поражаемости мучнистой росой с достижением биологической эффективности 53,0 %. Результаты оценки эффективности препарата Иммунакт-ГК, ВСК показали наличие ростостимулирующего действия препарата, а также защитного эффекта за счет повышения устойчивости к возбудителю мучнистой росой (*Erysiphe cichoracearum* DC), что способствовало снижению распространенности и развития болезни.

Подтверждена целесообразность включения препарата Иммунакт-ГК, ВСК в ассортимент экологически безопасных средств, используемых в технологиях выращивания тепличных овощных культур.

Ключевые слова: элиситор, β -1,3-глюкан, томат, огурец, мучнистая роса, защищенный грунт.

Using the possibilities of increasing plant resistance through the use of immune response modulators (elicitors) is a new promising approach in growth regulation and integrated plant protection against phytopathogens. In the production conditions of vegetable farms in the Brest, Grodno and Minsk regions, according to generally accepted methodological requirements, an experimental assessment of the effect of the elicitor preparation Immunakt-GK, WSC, water suspension concentrate based on β -1,3-glucan, 0.5 % on the development and phytopathological status of tomato and cucumber plants, grown in protected ground conditions. The studies were carried out according to the general scheme, which assumed the use of the growth regulator Ecosil, water emulsion (triterpene acids, 50 g/l) as a comparison variant, and plants without treatment as a control variant. As a result of research on a tomato crop, a stimulating effect of the drug (2.0 % WS) was revealed: growth acceleration, an increase in the average weight of fruits and an increase in plant yield by 7.1–7.8 %. The elicitor effect of Immunakt-GK, WSC, when applied to cucumber crop, manifested itself in the form of a stimulating and phytoprotective effect: a decrease in the number of discarded ovaries, an increase in growth rate, yield (up to 7.3 %), a decrease in the susceptibility to powdery mildew with a biological efficiency of 53.0 %. The results of evaluating the effectiveness of the drug Immunakt-GK, WSC showed the presence of a growth-stimulating effect of the drug, as well as a protective effect due to increased resistance to the powdery mildew pathogen (*Erysiphe cichoracearum* DC), which contributed to a decrease in the spread and development of the disease.

The expediency of including the preparation Immunakt-GK, WSC in the range of environmentally friendly products used in the technologies of growing greenhouse vegetable crops has been confirmed.

Key words: elicitor, β -1,3-glucan, tomato, cucumber, powdery mildew, protected ground.

Введение

Использование возможностей повышения устойчивости растений путем влияния на реакции иммунного ответа является новым подходом интегрированной защиты растений от фитопатогенов. В отличие от фунгицидов элиситоры (модуляторы иммунного ответа) не вызывают резистентности у возбудителей болезней, являются значимыми факторами профилактики [1–3]. Предобработка (прайминг) растений элиситорами индуцирует быструю иммунную реакцию растения на последующую атаку патогенов [4]. Кроме того, известно, что некоторые из препаратов элиситорного типа обладают непосредственно антифунгальной активностью [5].

Одними из эффективных иммуномодулирующих агентов являются β -глюканы – высокомолекулярные полимеры глюкозы, связанной β (1–3) и β (1–4)-гликозидными связями [6]. Наиболее активной в биологическом отношении формой β -глюканов является β -1,3/1,6-глюкан. Установлено, что β -1,3-глюкан вызывал целый спектр защитных реакций в растениях сои [7], табака [8], арабидопсиса [9], риса [10], люцерны [11] и винограда [12].

С учетом значительного количества научно-практических разработок по созданию индукторов устойчивости растений на основе метаболитов иммунного ответа, целью исследований являлась оценка влияния элиситорного препарата Иммунакт-ГК, ВСК на основе β -1,3-глюкана (0,5 %) на развитие и фитопатологический статус растений томата и огурца, выращиваемых в условиях защищенного грунта.

Основная часть

Исследования эффективности препарата Иммунакт-ГК, ВСК проводили в производственных условиях овощеводческих хозяйств Брестской, Гродненской и Минской областей в 2017–2019 гг. на культуре огурца и томата, выращиваемых в почвогрунте и в условиях малообъемной гидропоники на минераловатных субстратах, согласно общепринятым методическим требованиям [13–15]. В процессе проведения экспериментов осуществляли учет биометрических и фитопатологических показателей [13, 14, 16].

Исследования проводили по общей схеме, предполагавшей оценку следующих вариантов опыта:

Вариант 1. Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж., опрыскивание растений в фазе 2–4 настоящих листьев.

Вариант 2. Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж., опрыскивание растений в фазе 2–4 настоящих листьев.

Вариант 3. Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж., опрыскивание растений препарата согласно регламенту применения [17] – вариант сравнения.

Вариант 4. Контроль – без обработки препаратом.

В период проведения исследований в теплицах поддерживали следующий температурный режим: ночью – 18–20 °С, днем – 21–28 °С, влажность воздуха – 75–80 %.

Урожай анализировали по массе собранных плодов с делянки (10 м²) и общую (40 м²).

Статистическую обработку полученных результатов проводили в пакетах статистического анализа MS Excel (однофакторный дисперсионный анализ, описательная статистика) с учетом групповых различий между средними значениями на основе наименьшей существенной разницы (НСР) и доверительного интервала с вероятностью 95 % [15].

В ходе исследований на культуре томата Тореро *F₁*, выращиваемого в зимне-осеннем культурообороте на минеральной вате, в период начала плодоношения (2–3-я декада апреля) отмечены различия по показателю средней массы одного плода, которая для варианта с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК, 1 %-ная р.ж. составила 200,0 г в сравнении с 191,5 г в контроле.

Учеты урожайности томата в период массового плодоношения показали, что масса плодов 10 последовательных сборов плодов в варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК была на 6,8–7,8 % больше, чем в контроле, в варианте с применением Экосила, ВЭ – на 5,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на урожайность растений томата в период массового плодоношения (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Тореро *F₁*, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта	Масса плодов 10 последовательных сборов, кг с 40 м ²	
	Зимне-осенний культурооборот	% к контролю
Иммунакт-ГК, ВСК 2,0%-ная р.ж.	299,6	+6,8
Иммунакт-ГК, ВСК 1,0%-ная р.ж.	302,2	+7,8
Экосил, ВЭ 1,0%-ная р.ж.	296,8	+5,8
Контроль	280,4	

В 2019 г. в ходе исследований на культуре томата в условиях почвогрунта отмечено ростостимулирующее действие препарата, проявлявшееся в увеличении скорости роста растений. В варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК рост растений в высоту шёл более интенсивно: относительный прирост растений на 21-е сутки с начала применения препарата составил 248,4 %, на 28-е сутки – 327,0 %, тогда как в контроле 121,4 и 192,1 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели растений томата (СУП «АзотСервис» ОАО «Гродно Азот», Лезгинка *F₁*, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2019 г.)

Вариант опыта	Высота растений, см			Прибавка в высоте растений, %		Количество сформированных плодов, шт/растение		Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м ²	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учёта								
	18.07	08.08	15.08	08.08	15.08	08.08	15.08		
Иммунакт-ГК, ВСК 2,0%-ная р.ж.	42,9	149,5	183,2	248,4	327,0	8,4	18,5	81,2	7,1
Экосил, ВЭ 1,0 %-ная р.ж.	47,1	156,3	192,9	231,8	309,6	8,7	18,7	81,8	8,0
Контроль	49,1	157,8	192,5	221,4	292,1	8,2	17,9	75,8	
НСР ₀₅	3,7	5,0	6,9			1,2	2,1	3,6	

Прибавка в высоте растений в варианте сравнения (Экосил, ВЭ) на 21-е и 28-е сутки составила 131,4 и 209,6 % соответственно. Применение препарата Иммунакт-ГК, ВСК способствовало повышению урожайности на 7,1 %.

При проведении исследований на культуре огурца отмечено уменьшение количества сброшенных завязей при применении 2,0%-ной р.ж. препарата Иммунакт-ГК, ВСК (3,4 по сравнению с 4,3 шт/растение в контроле) (табл. 3).

Таблица 3. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели и урожайность растений огурца (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Кураж F₁, зимне-летний культурооборот, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта	Высота растений, см	Количество сформировавшихся плодов, шт/растение	Количество сброшенных завязей, шт/растение	Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м ²	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учёта				
	04.04	18.04	04.05	25.05–15.06	
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	62,5	27,2	3,4	80,6	7,3
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	65,7	32,1	4,4	78,4	3,2
Экосил, ВЭ 1,0%-ная р.ж.	64,8	30,3	4,4	79,6	5,9
Контроль	75,5	32,1	4,3	75,2	
НСР ₀₅	2,9	2,0	0,8	3,2	

Результаты учета урожайных данных растений огурца, проведенного путем десятикратной последовательной выборки плодов в период массового плодоношения, показали, что общая масса собранных плодов была больше на 7,3 % в варианте с применением Иммунакта-ГК, ВСК, 2%-ная р.ж. по сравнению с контролем.

В ходе проведения фитопатологического мониторинга в 3-й декаде мая было отмечено локальное поражение растений огурца мучнистой росой (*Erysiphe cichoracearum* DC = *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta). Оценка развития болезни в динамике показала, что распространенность мучнистой росы в варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж. составила 5,4–15,0 %, развитие – 0,9–1,9 %, тогда как соответствующие показатели в варианте без обработки варьировали в пределах 12,5–25,0 и 1,1–2,5 % соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на пораженность растений огурца мучнистой росой (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Кураж F₁, зимне-летний культурооборот, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта		Дата учета			
		04.06	11.06	18.06	25.06
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	Р, %	10,0	15,0	11,5	5,4
	Р, %	1,3	1,9	1,3	0,9
	БЭ, %	50,0	24,0	50,0	18,0
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	Р, %	25,0	27,5	17,3	8,1
	Р, %	4,6	3,9	1,8	1,4
	БЭ, %	-	-	30,8	-
Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж.	Р, %	7,5	27,5	18,0	8,4
	Р, %	0,9	3,4	2,2	1,1
	БЭ, %	64,0	-	7,6	-
Контроль	Р, %	17,5	25,0	20,0	12,5
	Р, %	2,5	3,1	2,6	1,1

Р – распространенность болезни
 Р – развитие болезни
 БЭ – биологическая эффективность

В варианте с применением препарата Экосил, ВЭ распространенность болезни достигала 27,5 %, развитие – 3,4 %. Биологическая эффективность препарата Иммунакт-ГК, ВСК варьировала от 18,0 до 50,0 %.

Анализ результатов учета биометрических показателей растений огурца при выращивании в условиях почвогрунта на фоне применения препарата Иммунакт-ГК, ВСК показал улучшение их продуктивных качеств в варианте с применением 2,0%-ной р.ж. препарата: прибавка в высоте растений в начальный период вегетации в теплице составила 108,8 %, тогда как в контроле – 83,2 %, также отмечено уменьшение количества сброшенных завязей (1,4 шт/растение по сравнению с 1,9 шт/растение в контроле) и увеличение количества сформировавшихся плодов (11,7 шт/растение по сравнению с 10,3 шт/растение в контроле) (табл. 5). Анализ учета количества собранного урожая показал увеличение общей массы собранных плодов на 5,9 % в варианте с применением препарата Иммунакт-ГК, ВСК по отношению к таковому показателю в варианте без обработки (табл. 5). Анализ учета количества собранного урожая показал увеличение общей массы собранных плодов на 5,9 % в варианте с применением препарата Иммунакт-ГК, ВСК по отношению к таковому показателю в варианте без обработки (табл. 5). В процессе мониторинга фитопатологического состояния посадок огурца во 2-й декаде августа зафиксировано поражение отдельных растений на опытных делянках мучнистой росой. Сравнение фитопатологических показателей в динамике позволило установить, что в наименьшей степени растения поражались болезнью в варианте с применением 2,0%-ной р.ж. препарата Иммунакт-ГК, ВСК: распространенность мучнистой росы составила 44,7–95,5 %, развитие – 6,5–19,3 %, тогда как в контроле 68,2–100 и 7,8–35,4 % соответственно (табл. 6).

Таблица 5. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели и урожайность растений огурца (ПКУП «Коммунальник», Ансор F₁, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2018 г.)

Вариант опыта	Прибавка в высоте растений, %	Количество сформировавшихся плодов, шт/растение	Количество сброшенных завязей, шт/растение	Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м ²	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учета				
	06.09	06.09	06.09	27.08-17.09	
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	108,8	11,7	1,4	55,6	5,9
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0 %-ная р.ж.	104,4	11,5	1,9	53,6	2,2
Экосил, ВЭ 1,0 %-ная р.ж.	83,2	11,9	1,8	53,6	2,1
Контроль	81,0	10,3	1,9	52,5	
НСР ₀₅	6,1	1,3	0,23	2,1	

Таблица 6. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на пораженность растений огурца мучнистой росой (ПКУП «Коммунальник», Ансор F₁, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2018 г.)

Вариант опыта		Дата учета			
		30.08	06.09	13.09	20.09
Иммунакт-ГК, ВСК, 2%-ная р.ж.	P, %	67,5	95,5	44,7	82,3
	R, %	6,5	19,3	13,3	14,2
	БЭ, %	23,5	27,2	53,0	52,2
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	P, %	65,5	97,1	75,0	87,5
	R, %	8,5	30,0	23,6	33,6
	БЭ, %	-	-	16,6	-
Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж.	P, %	65,5	90,9	62,2	93,2
	R, %	7,8	35,4	19,3	25,2
	БЭ, %	8,2	-	31,8	-
Контроль	P, %	68,2	95,5	77,8	100,0
	R, %	8,5	26,5	28,3	29,7

Биологическая эффективность препарата Иммунакт-ГК, ВСК достигала 53,0 %, тогда как в эталонном варианте (Экосил, ВЭ) данный показатель не превышал 31,8 %.

Заключение

В ходе проведения исследований при применении иммуномодулирующего препарата Иммунакт, ВСК с концентрацией рабочей жидкости 2 % на культуре томата отмечено его стимулирующее действие в условиях выращивания культуры в почвогрунте: ускорение роста, увеличение средней массы плодов и повышение урожайности растений (на 7,1 %). Элиситорное действие препарата при применении на культуре огурца в защищенном грунте проявлялось стимулированием роста и фитозащитным эффектом: уменьшении количества сброшенных завязей, увеличении скорости роста, урожайности (до 7,3 %), снижении поражаемости мучнистой росой с биологической эффективностью до 53,0 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Pieterse, C. M. J. Plant interactions with microbes and insects: from molecular mechanisms to ecology / C. M. J. Pieterse, M. Dicke // Trends in plant science. – 2007. – Т. 12. – №. 12. – С. 564–569.
- Protection against pathogen and salt stress by four plant growth-promoting rhizobacteria isolated from *Pinus* sp. on *Arabidopsis thaliana* / Barriuso [et al.] // Phytopathology. – 2008. – Т. 98. – №. 6. – С. 666–672.
- Saunders, M. Evidence for alteration of fungal endophyte community assembly by host defense compounds / M. Saunders, L. M. Kohn // New Phytologist. – 2009. – Т. 182. – №. 1. – С. 229–238.
- Conrath, U. Molecular aspects of defence priming / U. Conrath // Trends in plant science. – 2011. – Т. 16. – №. 10. – С. 524–531.
- Мелентьев, А. И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах / А. И. Мелентьев. – М., 2007. – 148 с.
- Лукьянчук, В. Д. Бета-глюканы как основа создания средств иммуномодулирующего действия / В. Д. Лукьянчук, Е. М. Мищенко, М. Н. Бабенко // Українськ. медичн. часопис. – 2011. – №5 (85). – IX / X. – С. 92–93.
- Leubner-Metzger, G. Functions and regulation of β -1, 3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening / G. Leubner-Metzger // Seed Science Research. – 2003. – Vol. 13. – P. 17–34.
- An ancient enzyme domain hidden in the putative beta-glucan elicitor receptor of soybean may play an active part in the perception of pathogen-associated molecular patterns during broad host resistance / J. Fliegmann [et al.] // J Biol. Chem. – 2004. – P. 279 1132–1140.
- Purification and characterization of a phytoalexin elicitor from spores of the saprobe *Mucor ramosissimus* / K. Simoes [et al.] // Revista Brasil Botanica. – 2005. – 28(4). – P.735–744.
- A cell wall glucan elicitor induces resistance in taro against *Phytophthora* leaf blight / S. Siram [et al.] // J. Plant Dis. Protect. – 2003. – 110(1). – P. 17–26.
- Linear beta-1,3 glucans are elicitors of defense responses in tobacco / O. Klarzynski [et al.] // Plant Physiol. – 2000. – 124(3). – P. 1027–38.
- Ménard, Claude. The economics of hybrid organizations / Claude Ménard // J. of Institutional and Theoretical Economics. – 2004. – 160 (3). – P. 345–376.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 508 с.
- Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; сост.: Л. И. Прищепа, Н. И. Миккульская, Д. В. Войтка. – Несвиж: Несвижская укрупненная типография им. С. Будного, 2008. – 56 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Современные методы биометрии в исследовании растений: учебное пособие / В. И. Авдеев. – Оренбург, 2015. – 130 с.
- Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / М-во сельск. х-ва и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений»; сост. А.В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.