

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ



EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SWEET PEPPER FRUITS IN CONTROLLED CONDITIONS

Удалова О.Р. ^{1*} – кандидат с.-х. наук, ведущий н.с.
Пищик В.Н. ^{1**} – кандидат биол. наук, с.н.с.
Мирская Г.В. ¹ – кандидат биол. наук, ведущий н.с.
Вертебный В.Е. ¹ – с.н.с.
Воробьев Н.И. ² – кандидат техн. наук, ведущий н.с.
Хомьяков Ю.В. ¹ – кандидат биол. наук, ведущий н.с.

Udalova O.R. ^{1*} – PhD in Agriculture, Leading Researcher
Pishchik V.N. ^{1**} – PhD in Biology, Senior Researcher
Mirskaya G.V. ¹ – PhD in Biology, Leading Researcher
Vertebny V.E. ¹ – Senior Researcher
Vorobyov N.I. ² – PhD in Technical Sciences, Leading Researcher
Khomyakov Yu.V. ¹ – PhD in Biology, Leading Researcher

¹ ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ) 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр. д. 14
² ФГБНУ сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ) 196608 Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3
*E-mail: udal59@inbox.ru
**E-mail: veronika-bio@rambler.ru

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Agrophysical Research Institute 14, Grazhdanskiyprosp., St. Petersburg, 195220 Russia
² Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute for Agricultural Microbiology 3, sh. Podbelsky, St.-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia
*E-mail: udal59@inbox.ru
**E-mail: veronika-bio@rambler.ru

В условиях интенсивной светокультуры изучено влияние гуминового препарата (ГП) Стимулайф и PGPR бактерий *Bacillus subtilis* №2 на продуктивность и качество плодов перца сладкого *Capsicum annuum* L. Экспериментально установлено, что применение ГП Стимулайф и бактерий *Bacillus subtilis* №2 привело к увеличению высоты растений, показателей продуктивности и улучшению биохимического состава плодов перца сладкого. Выявлены различия в действии изучаемых препаратов на морфометрические, фенологические и биохимические характеристики растений перца сортов Ермак и Золушка. Бактерии *Bacillus subtilis* №2 достоверно увеличивали урожайность, количество плодов на одном растении у обоих сортов и содержание аскорбиновой кислоты и углеводов в плодах. При этом средняя масса одного плода у перца Ермак не изменилась по сравнению с контролем. ГП Стимулайф увеличивал среднюю массу 1 плода у обоих сортов, за счет чего увеличивалась урожайность. Совместная обработка растений ГП Стимулайф и бактериями *Bacillus subtilis* №2 привела к интенсификации продукционного процесса растений, по сравнению с вариантами опыта, в которых применялся только ГП Стимулайф. Урожайность перца сладкого сортов Ермак и Золушка увеличилась на 10-45%, сократились сроки созревания плодов на 10-14 суток, содержание аскорбиновой кислоты выросло на 25%, сахаров – до 26%. Обоснована целесообразность совместного применения ГП Стимулайф и бактерий *Bacillus subtilis* №2 при выращивании перца сладкого в технологиях интенсивной светокультуры.

Ключевые слова: гуминовый препарат Стимулайф, бактерии *Bacillus subtilis* №2, перец сладкий *Capsicum annuum* L., интенсивная светокультура.

Для цитирования: Удалова О.Р., Пищик В.Н., Мирская Г.В., Вертебный В.Е., Воробьев Н.И., Хомьяков Ю.В. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ. Овощи России. 2018; (3): 81-85. DOI:10.18619/2072-9146-2018-81-85

Effects of humic preparation (HP) Stimulife and PGPR (plant growth promotion rhizobacteria) Bacillus subtilis №2 on the productivity and quality of the sweet pepper (Capsicum annuum L.) fruits were studied in the control conditions. It was experimentally established that the use of Stimulife and bacteria Bacillus subtilis №2 resulted in an increase in plant height, productivity and biochemical composition of sweet peppers. Differences in the effect of the studied preparations on the morphometric, phenological and biochemical characteristics of plants and fruits of pepper varieties Ermak and Cinderella were revealed. The bacteria Bacillus subtilis №2 significantly increased the yield, the number of fruits per one plant and the contents of ascorbic acid and carbohydrates in pepper fruits. In this case, the average weight of one fruit of pepper v. Ermak decreased. HP Stimulife increased the pepper yield due to increasing the mean mass of one fruit in both pepper varieties. Joint used of HP Stimulife and bacteria Bacillus subtilis №2 led to an intensification of the production process of plants compared to the experiment variants, in which HP Stimulife was used alone. The yield of sweet pepper Ermak and Cinderella increased by 10-45%, the maturation period of fruits was reduced by 10-14 days, the content of ascorbic acid increased by 25%, sugar content increased to 26%. The expediency of the joint application of HP Stimulife and bacteria Bacillus subtilis №2 in the cultivation of sweet pepper under controlled conditions is substantiated.

Keywords: Humic preparation Stimulife, *Bacillus subtilis* №2, *Capsicum annuum* L., controlled conditions.

For citation: Udalova O.R., Pishchik V.N., Mirskaya G.V., Vertebny V.E., Vorobyov N.I., Khomyakov Yu.V. EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SWEET PEPPER FRUITS IN CONTROLLED CONDITIONS. Vegetable crops of Russia. 2018;(3):81-85. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-81-85

Введение

Одной из приоритетных задач сельского хозяйства является круглогодичное обеспечение населения свежей овощной продукцией высокого качества. Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) – ценная овощная культура, возделываемая во многих странах мира как в открытом, так и в защищенном грунте [1].

В настоящее время производство овощей при искусственном освещении находит все более широкое применение. Выращивание перца сладкого в условиях интенсивной

светокультуры наиболее полно отвечает его потребности в параметрах окружающей среды – температуре, влажности почвы и воздуха, составу и количеству минерального питания, освещению. Все эти факторы поддаются инструментальному контролю и регулированию на каждом этапе развития растений [2]. Для интенсификации продукционного процесса перца сладкого существуют различные агротехнологические приемы, используемые также при выращивании растений в условиях искусственного освещения [3]. К ним можно отнести применение биологически активных

веществ – гуминовых и бактериальных препаратов [4]. Ростостимулирующие ризобактерии (PGPR – Plant Growth Promotion Rhizobacteria) стимулируют рост и развитие растений за счет продуцирования биологически активных веществ, содержащихся в их метаболитах, таких как фитогормоны, антибиотики, растворимые органические вещества, сидерофоры, полисахариды [5-7]. Известно, что растения и PGPR образуют растительно-микробную ассоциацию, [8] что при условии гармоничного сосуществования приводит к повышению урожайности растений и улучшению качества плодов.

Действующим веществом гуминовых препаратов (ГП) являются гуминовые кислоты, стимулирующие рост корней и надземной части растений [9]. Отмечено положительное влияние ГП на увеличение длины и количества листьев томата, а также ускорение прохождения растениями фаз развития. В листьях, обработанных ГП, увеличивается синтез активных веществ, особенно гормонов роста [10]. Кроме того, являясь природными хелаторами, гуминовые вещества (ГВ) способствуют увеличению проницаемости клеточной мембраны и, соответственно, ускорению поступления питательных веществ в растения [11], в частности ионов Fe, что позволяет повысить эффективность использования удобрений и, соответственно, урожайность и качество продукции [12]. Установлено также положительное влияние БАП (биологически активных препаратов) на содержание хлорофилла в листьях [13].

Эффективность совместного действия PGPR и ГП на растения при их применении в агротехнологиях на сегодняшний день остается наименее изученным. Отмечено, что комплексное применение гуминовых и бактериальных препаратов привело к увеличению продуктивности и качества плодов томата в условиях искусственного освещения [14].

Цель данного исследования состояла в изучении влияния гуминового препарата Стимулайф, PGPR бактерий *Bacillus subtilis* №2 и их совместного действия на качество плодов и продуктивность растений перца сладкого (*Capsicum annuum* L.).

Материалы и методы

В качестве объекта исследований были выбраны два сорта перца сладкого – Ермак и Золушка из коллекции ФГБНУ ВИР им. Н.И. Вавилова, имеющие различия по морфометрическим показателям и срокам развития. Ермак – раннего срока созревания, растение штамбовое, полураскидистое, с букетным расположением плодов, высотой 35-45 см. Плод призматической формы, гладкий, глянцево-зеленый, в технической стадии спелости светло-зеленый, в биологической – красный. Число гнезд 3-4. Золушка – среднеранний, растение компактное, высотой 60-70 см. Плод цилиндрической формы, глянцево-зеленый, окраска в технической стадии спелости фиолетовая, в биологической – темно-красная. Число гнезд 2-3.

Вегетационные эксперименты с растениями перца сладкого проводили в условиях интенсивной светокультуры при искусственном освещении [3]. В качестве источников света использовали натриевые лампы высокого давления ДНаЗ-400. Интенсивность света в области ФАР составляла 100 ± 10 Вт/м². Продолжительность светового периода первые две недели после появления всходов составляла 12 часов в сутки, затем – 14 часов в сутки. Температуру воздуха поддерживали в соответствии с биологическими требованиями культуры: в период прорастания семян – 25...26°C, затем в пределах 24...26°C – днем, 18...20°C – ночью. Относительная влажность воздуха составляла 60-70%. Растения перца выращивали в металлических сосудах объемом 3 л. В качестве корнеобитаемой среды применяли субстрат агрофит, разработанный в ФГБНУ АФИ (патент РФ № 2081555) на основе верхового торфа низкой степени разложения с минеральными добавками, нейтрализованного до pH 6,2-6,4. На 1 м² вегетационной светостановки размещали 20 растений. Повторность опыта – 5-кратная. Для полива применяли питательный раствор Кнопс – 2 раза в неделю, в остальное время – воду, поскольку известно, что выращивание растений на низком

уровне минерального питания способствует проявлению максимальной активности биопрепаратов [15]. Препаратами проводили некорневые обработки листовой поверхности растений 2 раза за вегетацию – в фазе бутонизации и цветения. Рабочая концентрация гуминового препарата Стимулайф составляла 0,1%. ГП Стимулайф был простерилизован для удаления автохтонной микрофлоры при стандартном режиме автоклавирования. Бактерии *Bacillus subtilis* №2 выращивали на сусло-агаре, затем смывали и гомогенизировали в стерильной воде, титр бактерий *Bacillus subtilis* №2 для инокуляции растений составлял $4-6 \times 10^6$ к.о.е. на 1 мл H₂O.

Гуминовый препарат Стимулайф является продуктом переработки торфа и природным стимулятором роста растений [16]. В химическом составе препарата Стимулайф содержатся 70-80% гуминовых кислот, 1-2% сухого вещества, элементный состав представлен в процентном отношении: общий N – 12%, C – 47%, H – 3,5%, O – 25-27%, 0,3% P₂O₅, 0,25% K₂O. Бактерии *Bacillus subtilis* №2, использованные в опытах, продуцировали ауксины в физиологически активных концентрациях [17]. Эффективность работы листьев оценивали по индексу продуктивности [18]. Биохимический состав и содержание сухого вещества плодов растений перца определяли в фазе технической спелости. Содержание сухого вещества определяли весовым методом, определение аскорбиновой кислоты проводили титрованием краской Тильманса, суммарное количество сахаров по методу Бертрана [19]. Определение хлорофилла в листьях проводили после экстракции ацетоном на спектрофотометре Specol при длинах волн 662, 664 [19]. Способность продуцировать ауксины бактериями *Bacillus subtilis* №2 при росте на жидкой среде, содержащей 1% триптофан и концентрацию ауксинов в ГП Стимулайф определяли на масс-спектрометре Varian 300. Цитокининовую активность препаратов в биотесте оценивали по методу Кулаевой [20].

После сбора плодов оценивали урожайность растений перца.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Excel 2010.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в составе ГП Стимулайф обнаружены ауксины в концентрации 4 мг/л концентрированного раствора. Цитокининовая активность ГП Стимулайф экспериментально не выявлена. Бактерии *Bacillus subtilis* №2 продуцировали ауксины в концентрации 14,7 мг/л среды при росте на среде, содержащей 0,2% триптофана. Выявлена выраженная цитокининовая активность, проявляющаяся в замедлении разложения хлорофилла в 2,3 раза в течение 8 суток.

Экспериментально установлены сортовые особенности по реакции растений перца сладкого на обработку изучаемыми препаратами. При обработке перца сорта Ермак ГП Стимулайф не выявлено различий по высоте растений и количеству плодов с 1 растения по сравнению с контролем (табл.1). Достоверного увеличения зеленой массы также не установлено. Известно, что ГП оказывают положительное влияние на формирование листового аппарата [4] и увеличение урожайности [15]. Одним из показателей эффективной работы листьев является индекс плодовой нагрузки (продуктивности) листа [17], который характеризует направленность использования продуктов ассимиляции на формирование хозяйственной части урожая [21]. При обработке ГП Стимулайф перца сорта Ермак индекс продуктивности не отличался от контрольного, однако отмечалось достоверное увеличение средней массы 1 плода и массы плодов с 1 растения. При выращивании растений в условиях интенсивной светокультуры, одной из актуальных задач становится ресурсосбережение. Применение регуляторов роста интенсифицирует продукционный процесс, сокращая сроки развития растений и ускоряя созревание плодов [10].

При некорневой обработке ГП Стимулайф перца сорта Ермак продолжительность вегетационного периода сократилась на 4-5 суток по сравнению с контрольным вариантом (рис.1).

Таблица 1. Показатели роста и продуктивности при некорневой обработке растений перца сладкого ГП Стимулайф и PGPR бактериями *Bacillus subtilis* №2
Table 1. Growth and productivity rates of sweet pepper plants after the foliar treatment with humic preparations Stimulife and with PGPR *Bacillus subtilis* №2

Вариант некорневой обработки	Высота растений, см	Количество плодов, шт./растение	Средняя масса 1 плода, г	Средняя масса плодов, г/растение	Зеленая масса (листья), г/растение	Индекс продуктивности листьев**
Ермак						
Контроль	27,7±1,2	7,8±0,4	38,5±0,5	307,9±4,8	84,6±2,2	3,6±0,1
Стимулайф	28,5±1,3	7,6±0,6	40,0±0,6*	320,0±4,5*	88,1±1,4	3,6±0,1
<i>Bacillus subtilis</i> №2	30,3 ± 1,3*	9,0±0,2*	38,3±0,4	345,0±2,8*	93,1±2,1*	3,7±0,1
Стимулайф + <i>B. subtilis</i> №2	32,7±1,3*	8,8±0,4*	39,9±0,6*	352,7±5,5*	96,0±2,2*	3,7±0,1
Золушка						
Контроль	49,0±0,6	10,6±0,5	32,7±2,5	360,4±10,5	158,6±1,3	2,3±0,1
Стимулайф	49,7±1,5	10,6±0,5	41,3±1,4*	437,6±3,2*	163,3±2,9*	2,7±0,1*
<i>Bacillus subtilis</i> №2	68,3±1,0*	14,0±0,2*	43,3±0,5*	606,2±7,6*	178,0±7,1*	3,4±0,1*
Стимулайф + <i>B. subtilis</i> №2	74,3±1,6*	13,8±0,4*	45,4±0,6*	635,6±7,6*	182,4±3,4*	3,5±0,1*

Примечание: * - значение достоверно отличается от контрольного на 5%-ном уровне значимости;
** - отношение массы плодов к массе листьев

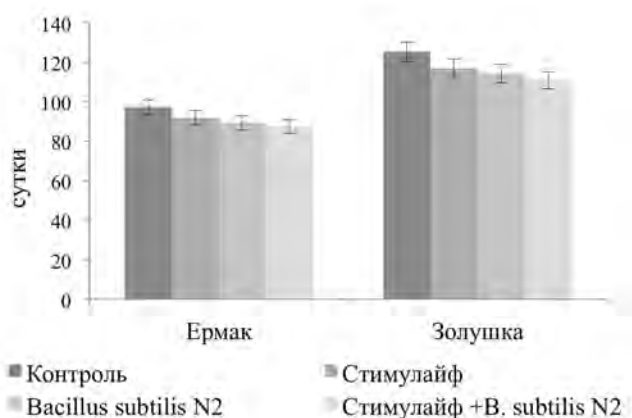


Рис. 1. Длительность фазы «массовые всходы-биологическая спелость» перца сладкого сортов Ермак и Золушка при внекорневой обработке биопрепаратами
Fig.1 The duration of the growth period from seedlings until biological ripeness of sweet pepper cv. Ermak and Cinderella after the foliar treatment with the biological preparations studied

Анализ биохимического состава перца сорта Ермак показал достоверное увеличение содержания углеводов, содержание аскорбиновой кислоты и сухого вещества в плодах было на уровне контрольных вариантов (табл.2). При некорневой обработке перца сорта Золушка препаратом Стимулайф существенных различий по высоте, количеству плодов с растения, биохимическим показателям также не наблюдалось. Анализ структуры урожая показал достоверное увеличение массы одного плода и массы плодов с растения на 21% по сравнению с контролем, а также зеленой массы. Достоверно увеличилось содержание углеводов и аскорбиновой кислоты в плодах. Индекс продуктивности листьев увеличился (табл. 1), вегетационный период сократился на 8 суток по сравнению с контролем (рис.1).

Инокуляция бактериями *Bacillus subtilis* №2 растений перца Ермак привела к достоверному увеличению высоты растений и показателей структуры урожая, за исключением массы 1 плода, которая оставалась на уровне контрольного варианта. Индекс продуктивности листьев также практически не отличался от контроля, при этом урожайность по сравнению с контролем возросла на 12% (рис.2). Содержание углеводов, витамина С в плодах достоверно увеличилось. Количество

Таблица 2. Биохимический состав плодов (техническая спелость) и содержание хлорофилла в растениях перца сладкого при некорневой обработке ГП Стимулайф и PGPR бактериями *Bacillus subtilis* №2
Table 2. Biochemical composition of sweet pepper fruits (in industrial ripeness) and chlorophyll content in plant leaves after the foliar treatment with humic preparations Stimulife and with PGPR *Bacillus subtilis* №2.

Вариант некорневой обработки	Сухое вещество в плодах, %	Сумма углеводов в сыром веществе плодов	Аскорбиновая кислота, мг/100 г сырого вещества плодов	Chl, мг/г листьев
Ермак				
Контроль	8,63±0,8	5,2±0,1	71,4±1,8	2,3±0,1
Стимулайф	8,95±0,6	5,6±0,2*	72,0±1,7	2,6±0,1*
<i>Bacillus subtilis</i> №2	8,33±0,6	5,8±0,4*	75,4±2,0*	3,0±0,2*
Стимулайф + <i>Bacillus subtilis</i> №2	9,03±0,6	7,1±0,4*	90,0±6,4*	3,0±0,2*
Золушка				
Контроль	8,00±0,4	5,5±0,1	59,0±1,9	2,4±0,1
Стимулайф	8,30±0,6	5,6±0,2*	63,0±2,0*	3,0±0,2*
<i>Bacillus subtilis</i> №2	8,60±0,6	5,8±0,1*	70,0±2,4*	3,1±0,2*
Стимулайф + <i>Bacillus subtilis</i> №2	8,60±0,4	6,5±0,4*	79,0±4,2*	3,1±0,2*

Примечание: * - значение достоверно отличается от контрольного на 5%-ном уровне значимости

сухого вещества не изменилось. Длина вегетационного периода у растений данного сорта сократилась на 8 суток.

При обработке бактериальными препаратами растений перца сорта Золушка наблюдалось достоверное увеличение всех показателей структуры урожая, индекса продуктивности и сокращения вегетационного периода на 11 суток. Урожайность выросла на 68% по сравнению с контролем. Данные по увеличению урожайности растений сорта Золушка при обработке бактериальным препаратом согласуются с результатами, полученными ранее другими исследователями [22] (рис.2).

Совместное применение ГП Стимулайф и бактерий *Bacillus subtilis* №2 привело к увеличению большинства изучаемых показателей продуктивности по сравнению с контрольным вариантом и вариантами при индивидуальных обработках. Вместе с тем, сортовые различия в ответных реакциях растений перцев Ермак и Золушка сохранялись. Несмотря на незначительное увеличение средней массы 1 плода по сравнению с контролем, общая масса листьев у перца Ермак увеличилась. Данные показатели у сорта Золушка увеличивались как при совместном, так и при раздельном воздействии биопрепаратов. При совместном применении биопрепаратов также наблюдалось сокращение длительности вегетационного периода: на 10 суток для перца сорта Ермак и 14 суток для перца сорта Золушка. Достоверно возросло содержание углеводов и аскорбиновой кислоты у обоих сортов, содержа-

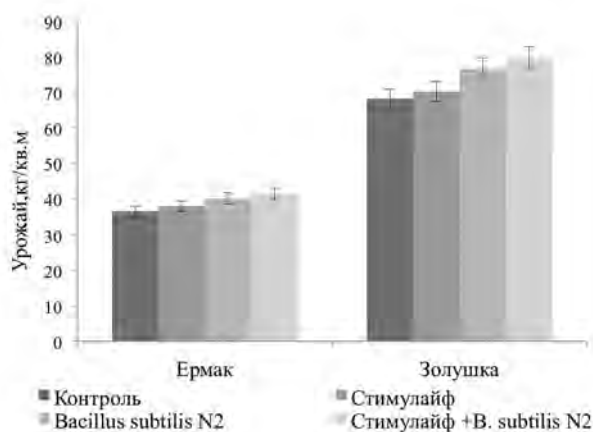


Рис.2. Урожайность перца сладкого сортов Ермак и Золушка при внекорневой обработке биопрепаратами.
Fig.2 The sweet pepper productivity of sweet pepper cv. Ermak and Cinderella after the foliar treatment with the biological preparations studied.

ние сухого вещества в плодах оставалось на уровне контрольного

Важнейшим показателем, характеризующим ассимиляционную работу листьев, является содержание в них хлорофилла. Известно, что биологически активные препараты (БАП) увеличивали содержание хлорофилла в листьях [13]. Установлена положительная корреляционная связь между содержанием хлорофилла и урожайностью сельскохозяйственных культур [19]. В наших исследованиях при обработке ГП Стимулайф содержание хлорофилла в листьях сорта Ермак увеличилось на 10%, а сорта Золушка – на 22% по сравнению с контролем (табл.2). При инокуляции бактериальными препаратами процентное содержание хлорофилла возросло на 20-25%. Совместное применение БАП стимулировало увеличение хлорофилла у перца сорта Ермак в большей степени, чем у сорта Золушка. По сравнению с индивидуальной обработкой ГП Стимулайф содержание хлорофилла увеличилось на 15% у перца сорта Ермак и на 4% – у перца сорта Золушка, а при инокуляции PGPR – на 5% у сорта Ермак и на 1% – у сорта Золушка.

Таким образом, в работе выявлены сортовые различия перца сладкого на действие биопрепаратов. Перец Золушка оказался более отзывчив на обработку гуминовым и бактериальными препаратами, чем перец сорта Ермак. Вероятно,

различия в ответных реакциях сортов Ермак и Золушка на обработку биопрепаратами обусловлены генетически.

Заключение

Представленные результаты комплексных исследований свидетельствуют о положительном эффекте воздействия гуминового препарата Стимулайф и бактерий *Bacillus subtilis* №2 на растения перца сладкого в условиях интенсивной светокультуры. Обработка ГП Стимулайф увеличивала среднюю массу одного плода и за счет этого продуктивность перцев Ермак и Золушка. Инокуляция растений перца бактериями *Bacillus subtilis* №2 увеличивала количество плодов с одного растения у обоих сортов и массу одного плода перца сорта Золушка и, соответственно, продуктивность. Качество продукции улучшалось за счет увеличения суммы углеводов и аскорбиновой кислоты в плодах.

Совместное применение биопрепаратов привело к интенсификации продукционного процесса растений перца сладкого сортов Ермак и Золушка: ростовые процессы усилились, значительно сократился вегетационный период, увеличилась урожайность растений. Отмеченные эффекты могут быть связаны с содержанием ауксинов в ГП Стимулайф и продуцировании их бактериями *Bacillus subtilis* №2. Кроме того, PGPR проявляли цитокининовую активность, которая выражалась как в замедлении разложения хлорофилла, так и в стимуляции ростовых процессов и повышении урожайности перца. Гуминовый препарат Стимулайф и PGPR бактерии *Bacillus subtilis* №2 могут быть рекомендованы для использования при выращивании перца сладкого в условиях интенсивной светокультуры.

Работа выполнена по Госзаданию ФГБНУ АФИ № 0667-2018-0001.



● Литература

1. Пышная О.А., Мамедов М.И., Джос Е.А. Выращивание перца сладкого в теплицах и открытом грунте // Овощи России. 2010. №2(8). С.8-12.
2. Ермаков Е.И. Регулируемая агроэкологическая система в биологических и с/х исследованиях // Продукционный процесс растений в регулируемых условиях. Сб. научн. тр. М.: Гидрометеоиздат. 1993. С.3-15.
3. Удалова О.Р. Технологические основы культивирования растений томата в условиях регулируемой агроэкологической системы // Дисс. канд. с.х. наук. С-Петербург. ГНУ АФИ. 2014. 128 с.
4. Ионова Л.П., Абакумова А.С. Влияние БАВ (биологически активных веществ) на формирование вегетативных и продуктивных органов перца сладкого // Успехи современного естествознания. 2008. №7. С.85-87.
5. Пищик В.Н., Черняева И.И., Кожемяков А.П., Лазарев А. М. Энтеробактерии- продуценты фитогормонов // В кн. Тезисы докладов между. Конференции «Регуляторы роста и развития растений». 29 июня- 1 июля М.: Изд-во ТСХА. 1999. С.232-233.
6. Чеботарь В.К., Петров В.Б., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бактерий, используемых при создании микробиологических препаратов // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С.119-122.
7. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Nasrulhaq Boyce A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability // A Review. Molecules. 2016. №21. P. 573.
8. Проворов Н.А., Воробьев Н.И. Генетические основы эволюции растительно-микробного симбиоза / Под ред. И.А. Тихонович. СПб.: Информ-Навигатор. 2012. 400 с.
9. Богословский В.Н., Левинский Б.В., Сычев В.Т. Агротехнологии будущего. Кн. 1: Энергены. М.: РИФ «Антиква». 2004. 163с.
10. Сахарчук Т.Н., Поликсенова В.Д., Наумова Г.В., Макарова Н.А. Влияние препаратов гуминовой природы на прорастание семян и рост сеянцев томата // Вестник БГУ. 2012. Сер.2. №2. Биология. С.53-57.
11. Varanini Z, Pinton R. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P, eds. The Rhizosphere. Basel: MarcelDekker. 2001. P.141-58.
12. Chen Y., Aviad T. Effects of humic substances on plant growth / In: Mac Carthy P., Malcolm R.L., Clapp C.E., Bloom P.R., eds. // Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, Madison: American Soc of Agron and Soil Sci Soc. 1990. P.161-187.
13. Кожухарь Г.В., Кириченко Е.В., Кохан С.С. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы // Агрохимия. 2010. №1. С.61-67.
14. Pishchik V.N., Vorobyev N.I., Ostankova Yu.V., Semenov A.V., Totolian Areg A., Popov A.A., Khomyakov Y.V., Udalova O.R., Shibanov D.V., Vertebny V.E., Dubovitskaya V.I., Sviridova O.V., Walsh O.S. and Shafian S. Impact of *Bacillus subtilis* on tomato plants growth and some biochemical characteristics under combined application with humic fertilizer // International Journal of Plant & Soil Science. 2018. V.22. №6. P.1-12.
15. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА. 2005. 302 с.
16. http://www.agrophys.com/Agrophys_files/Stimullife/stimullife.html
17. Pishchik V.N., Vorobyev N.I., Walsh O.S., Surin V.G., Khomyakov Y.V. Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements // Journal of Plant Nutrition. 2016. 8(39). P.1074-1086.
18. Абдулаев Х.А., Каримов Х.Х. Индексы фотосинтеза в селекции хлопчатника / Душамбе: Тадж. агр. унив. 2001. 156 с.
19. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луквникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического анализа растений. Л.: Агропромиздат. 3-е изд. 1987. 430 с.
20. Кулаева О.Н. Определение цитокининовой активности веществ с помощью биотестов / Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолицидов, М: Наука 1983. С.63-73.
21. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // XV Тимирязевское чтение. Сб. научн. тр. М.: АН СССР. 1956. С.94-103.
22. Garcia J.A.I. Probanza A., Ramos B., Palomino M.R., Manero F.J.G. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper // Agronomie. 2004. V.24. №4. P.169-176.

● References

1. Pishnaya O.N., Mamedov M.I., Dzhos E.A. Cultivation technology for sweet pepper in a greenhouse and an open field // Vegetable crops of Russia. 2010. №2(8). P.8-12. In Rus.
2. Ermakov E.I. Regulated agro-ecological system in biological and agricultural research // Plant production process in controlled conditions. Scientific work collection. Moscow: Hydro-meteo Publishing house. 1993. P.3-15. In Rus.
3. Udalova O.R. Technological bases of tomato plants cultivation in controlled conditions of agro-ecological system // Thesis of PhD dissertation in agricultural sciences. Saint Petersburg, Russia, Agrophysical Research Institute. 2014. 128 P. In Rus.
4. Ionova L.P., Abakumova A.S. Influence of biologically active substances on the formation of vegetative and productive organs of sweet pepper // Progresses of modern natural science. 2008. № 7. P. 85-87. In Rus.
5. Pishchik V.N., Chernyaeva I.I., Kozhemyakov A.P., Lazarev A.M. Enterobacteria are producers of phytohormones // In Proceedings of Intern. Conference "Plant Growth and Development Regulators". June 29-July 1: Moscow, Timiryazev Agricultural Academy Publishing. 1999. P.232-233. In Rus.
6. V.K. Chebotar', V.B. Petrov, A.I. Shaposhnikov, L.V. Kravchenko. Biochemical criteria for estimation of agronomically valuable properties of bacilli used for development of microbial preparations. Agricultural Biology 2011. № 3. P.119-122. In Rus.
7. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Nasrulhaq Boyce A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability // A Review. Molecules. 2016. №21. P. 573.
8. Provorov N.A., Vorobyov N.I. Evolutionary genetics of plant-microbe symbioses. Ed. Tikhonovich I.A. Nova science Publishers, Inc, New York, USA, 2010. 290 p.
9. Bogoslovsky V.N., Levinsky B.V., Sychev V.T. Agrotechnology in the future. Book. 1: Bringers of energy (Humic substances). M. RIF "Antiqua". 2004. 163 p. In Rus.
10. Sakharchuk T.N., Polixenova V.D., Naumova G.V., Makarova N.A. Influence of preparations of humic nature on germination of seeds and growth of seedlings of tomato // Bulletin of Belorussian State University. Series 2. №2. Biology. P.53-57. In Rus.
11. Varanini Z, Pinton R. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P, eds. The Rhizosphere. Basel: MarcelDekker. 2001. P.141-58.
12. Chen Y., Aviad T. Effects of humic substances on plant growth / In: Mac Carthy P., Malcolm R.L., Clapp C.E., Bloom P.R., eds. // Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, Madison: American Soc of Agron and Soil Sci Soc. 1990. P.161-187.
13. Kozhukhar' G.V., Kirichenko E.V., Kokhan S.S. Influence of mineral fertilizers and presowing seed treatment with biological preparations on the content of chlorophyll in the leaves of winter wheat // Agrochemistry. 2010. № 1. P.61-67. In Rus.
14. Pishchik V.N., Vorobyev N.I., Ostankova Yu.V., Semenov A.V., Totolian Areg A., Popov A. A., Khomyakov Y. V., Udalova O. R., Shibanov D. V., Vertebny V. E., Dubovitskaya V. I., Sviridova O. V., Walsh O. S. and Shafian S. Impact of *Bacillus subtilis* on tomato plants growth and some biochemical characteristics under combined application with humic fertilizer // International Journal of Plant & Soil Science. 2018. V.22. №6. P.1-12.
15. Zavalin A.A. Bio-preparations, fertilizers and harvest. Moscow, Publishing house of All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named by D.N. Pryanishnikov, 2005.
16. http://www.agrophys.com/Agrophys_files/Stimullife/stimullife.html
17. Pishchik V.N., Vorobyev N.I., Walsh O.S., Surin V.G., Khomyakov Y.V. Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements // Journal of Plant Nutrition. 2016. 8(39). P.1074-1086.
18. Abdulaev Kh.A., Karimov Kh.Kh. Indices of photosynthesis in cotton breeding / Dushambe: Tadjik Agrarian University. 2001. 156 p. In Rus.
19. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruanskiy Yu.V., Lukvnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods of biochemical analysis of plants. Leningrad: Agro-industry Publishing house. 3rd ed. 1987. 430 p.
20. Kulaeva O.N. Determination of cytokinin activity of substances by means of biotests / Methods of definition of phytohormones, inhibitors of growth, defoliant and herbicides, M: Science of 1983. Page 63-73.
21. Nichiporovich A.A. Photosynthesis and the the high yields reaching theory // XV K.E. Timiryazev reading. Scientific work collection. Moscow: USSR Academy of Sciences. 1956. P.94-103. In Rus.
22. Garcia J.A.I. Probanza A., Ramos B., Palomino M.R., Manero F.J.G. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper // Agronomie. 2004. V.24. №4. P.169-176.