

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ АГРОФИЛ И ПОЛИГУМАТОВ САПРОПЕЛЯ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ *ALLIUM SERA L.* ПРИ РОСТЕ В ОМАГНИЧЕННОЙ ГИДРОКУЛЬТУРЕ

ПАНФЁРОВА Тамара Валерьевна, ООО НПО «БиоЭкоТех»

ПУХАЛЬСКИЙ Ян Викторович, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина

МИТЮКОВ Алексей Савельевич, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

ВОРОБЬЕВ Николай Иванович, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии»

КАМПУТИН Иван Викторович, ООО НПО «БиоЭкоТех»

КОЖЕМЯКОВ Андрей Петрович, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии»

ЛАКТИОНОВ Юрий Владимирович, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии»

ЛОСКУТОВ Святослав Игоревич, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина

ЯКУБОВСКАЯ Алла Ивановна, ФГБУН «НИИСХ Крыма»

ИВАХНЮК Григорий Константинович, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Рассмотрены вопросы влияния биопрепарата *Агрофил* (штаммы *Agrobacterium radiobacter*) и ультразвуковой кавитации экстракта сапропеля, на формирование хозяйственно-ценных свойств (длина, биомасса и пигментный комплекс) зеленых листьев лука репчатого (*Allium sera L.*) сорта Штутгартер Ризен, выращенного при интенсивной светокультуре в условиях гидропонной системы на омагниченной питательной среде. Эксперимент проводили в многоярусной гидропонной установке с LED-светильниками полного спектра. Магнитную обработку осуществляли двумя различными способами: методом электромагнитного воздействия с переменным частотно-модулированным потенциалом (ТУ) и прибором преимущественно с магнитной индукцией (ТЕМП). Применение физического и биологического факторов как по отдельности, так и сообща при выгонке лука севка сорта Штутгартер Ризен на перо способствовало увеличению биомассы растений и активности фотосинтетического аппарата. Комбинированное воздействие полигуматов с биопрепаратом и магнитной обработкой оказывало статичный эффект на увеличение длины листьев. Максимальный выход биомассы листьев зафиксирован на варианте ТЕМП+полигуматы. Наибольшие показатели накопления хлорофилла зафиксированы в варианте с совместным применением *Агрофила* и полигуматов. В результате совместного влияния обоих биостимуляторов и фактора магнитного облучения растительно-микробная система продолжала свободно развиваться без ущерба в морфо-физиологических реакциях растительной культуры, но при этом растения получались более низкорослые.

Введение. Репчатый лук (*Allium sera L.*) является овощной культурой с высокой степенью экономической значимости после томатов. Он принадлежит к семейству *Amaryllidaceae*, подсемейству *Allioideae*. Культура возделывается как минимум в 135 странах мира, включая Китай, США и Индию. В России до сих пор не решена проблема стабильного снабжения населения репчатым луком, дефицит которого остро ощущает-

ся в начале лета. Если производство репчатого лука по современным сборам в мире достигает более 50 т/га, то в России средняя урожайность чуть более 20 т/га.

Лук является универсальным тест-объектом для выявления физиологических изменений, происходящих в растительной биосистеме при изменении внешних факторов окружающей среды.





Повсеместно основным трендом в аграрном секторе экономики становится биологизация сельского хозяйства и органическое земледелие. Современные агропромышленные комплексы, в частности в отрасли овощеводства, для увеличения выхода экологически чистой продукции активно внедряют использование подобных методов в свою работу [6]. К перспективным агротехнологиям здесь следует отнести использование природных лигандов (комплексов полигуматов) [14] и бактериальных удобрений [1, 2]. Биопрепараты содержат в основе своего действующего начала рост-стимулирующие штаммы ризобактерий, которые при интродукции в среду улучшают минеральное питание растений, его фотосинтетическую активность и накопление низкомолекулярных веществ в биомассе. Полигуматы, благодаря проявлению гормоноподобной активности также стимулируют рост растений при нормализации биохимических процессов метаболизма (фотосинтез, дыхание) и оптимизации режима питания за счет лучшего усвоения биофильных элементов из субстрата, а также способствуют лучшей колонизации корней полезной микрофлорой при образовании ассоциативных симбиозов.

Изучение чувствительности растительно-микробных систем к воздействию слабых магнитных полей необходимо для получения качественной продукции в большом объеме для животных и человека. К настоящему моменту времени нет или только начинает формироваться четкое понимание внутренних механизмов в растениях и микроорганизмах, обусловленных биохимическими, физиологическими и сигнальными процессами в ответ на магнитную обработку. Кроме этого, магнитобиологические опыты с симбиосистемами *in vitro* и *in vivo* затрудняются отсутствием возможности контролировать корректирующие факторы внешней среды. Однако в последние годы некоторые гипотезы в отношении их влияния на сигнальные взаимодействия в микробно-растительных ассоциациях нашли свое экспериментальное подтверждение в междисциплинарных научных исследованиях. Так, были сделаны выводы о том, что слабые (постоянные и переменные) магнитные поля могут изменять интенсивность процессов экссудации сахаров, жирных кислот и липидов, а также накопление основных катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}) у всех видов макросимбионтов. Выявлена тенденция к замедлению роста и развития, снижению уровня дыхания (в том числе и у бактерий), водообмена и фотосинтеза на всех стадиях онтогенеза растений. Не исключено, что одной из причин подобных проявлений может явиться защитный характер воздействия магнитных полей, связанный с увеличением внутренней самоорганизации живых объектов при воздействии неблагоприятных факторов внешней среды [5]. Если в области здравоохранения людей

влияние магнитных полей уже достаточно хорошо изучено и используется как оздоравливающий фактор, то в области магнитобиологии растений подобные воздействия находятся в состоянии научной дискуссии. Как правило, большинство магнитобиологических экспериментов проводят в упрощенных модельных биосистемах на гидропонных культурах. Выращивание растений в искусственных условиях на гидропонике актуально в связи с задачами освоения территорий, непригодных для сельскохозяйственного производства, в условиях орбитальных станций или крайнего севера. Поэтому, у многих исследователей возрос интерес к опосредованному изучению влияния магнитных полей не только на растения, но и на водную питательную среду с растворенными в ней соединениями солей. Исходя из положений квантовой физики, слабые магнитные поля могут изменять пространственную ориентацию (конформацию) молекул воды и образовать в ней фрактальные водные кластеры. В структурированной таким образом жидкости заметно возрастает скорость диффузии и адсорбции сигнальных молекул, биогенных веществ, растительных экссудатов и движения бактерий, что создает особые комфортные условия для роста и развития симбиосистем.

Целью данной работы была оптимизация морфо-физиологических реакций растительно-микробной системы лука-севка сорта Штутгартер Ризен, выращенного в условиях гидропонной культуры с применением омагниченной воды, для получения лучшей урожайности продукции. Сорт отличается высокими показателями содержания сахаров (7,0%), что отражается в его остром вкусе. При возделывании его из севка на дерново-подзолистой почве в условиях Ленинградской области он продемонстрировал наименьшие показатели урожайности в 2015 г. [8]. Возможно, это было связано с климатическими особенностями данного года. В задачи исследования входило определение влияния применения биологического и физического факторов как по отдельности, так и сообща на изменение морфометрических показателей (длину и биомассу) и содержание общего хлорофилла в листьях-перьях.

Методика исследований. Эксперимент проводили в лабораторных условиях в многоярусной гидропонной установке (1550×760×21000 мм) с LED-фитосветильниками полного спектра (Reogen Systems, Russia) на базе экспериментального комплекса научно-производственного объединения ООО «БиоЭкоТех» (СПб). Схематичное изображение вида гидропонной фитоустановки для опыта приведено на рис. 1.

Луковицы дают хорошие всходы при длине дня 12–15 ч (в среднем 13,75 ч). Культурные сорта лука различного происхождения дают наилучшие урожаи при длительном фотопериоде: до 17 ч светового дня [9]. В нашем опыте фото-



периодизм составил: 14/10 ч – день/ночь. Температура и влажность воздуха внутри комнаты поддерживались на уровне 26°C и 60 % соответственно. Концентрация углекислоты в воздухе равнялась 500 ppm. Луковицы высаживались в пластиковые поддоны с ячейками, заполненные раствором питательной жидкости.

Питательный раствор был приготовленной на основе дистиллированной воды. Его состав был выбран на основе модифицированной среды Данстена и Шорта (BDS) без добавления регуляторов роста (μM): KNO_3 , 2000; NH_4NO_3 , 1000; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 2000; KCl , 1000; NaCl , 10; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1000; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1000; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 50; H_3BO_3 , 49; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 45; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5; $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,1; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,1; KI , 4,5; NiCl , 0,1; KBr , 0,1; LiCl , 0,1; K_2CrO_4 , 0,1. Начальные значения физико-химических показателей всех типов вод без добавления солей биофильных элементов приведены в табл. 1.

Замеры проводили с помощью: прецизионного монитора pH/ОВП/Электропроводности и температуры PH-2613 (Amtast, USA) по методическим указаниям из [4]. Кислотность раствора

во всех вариантах была доведена до оптимальных ее значений ($\text{pH} = 6,5$) при выращивании лука [10]. Для аэрации раствора использовали аквариумный промышленный компрессор Jebo 45P (China).

Обработку слабым магнитным полем проводили двумя различными способами: методом электромагнитного воздействия с переменным частотно-модулированным потенциалом (ТУ) (СПБГТИ) и прибором с преимущественно магнитной индукцией (ТЕМП) (ФГБНУ ВНИИСХМ) – индукция составляла 10–15 мТл. Облучение поддонов с жидкостью проводили ежедневно по 1 часу.

На каждый вариант с физической обработкой приходился один с разовой интродукцией в питательный раствор водной суспензии микроорганизмов с начальным титром $7,0 \times 10^8$ КОЕ/мл и/или полигуматов сапропеля, обогащенных ионами калия, фосфора, натрия микроэлементами, с частицами размером 86–89 нм. В качестве микробного инокулянта при создании биосистемы использовался штамм *Agrobacterium radiobacter*, входящий в активное начало биопрепарата Агрофил (ООО «Экос», СПб), широко применя-

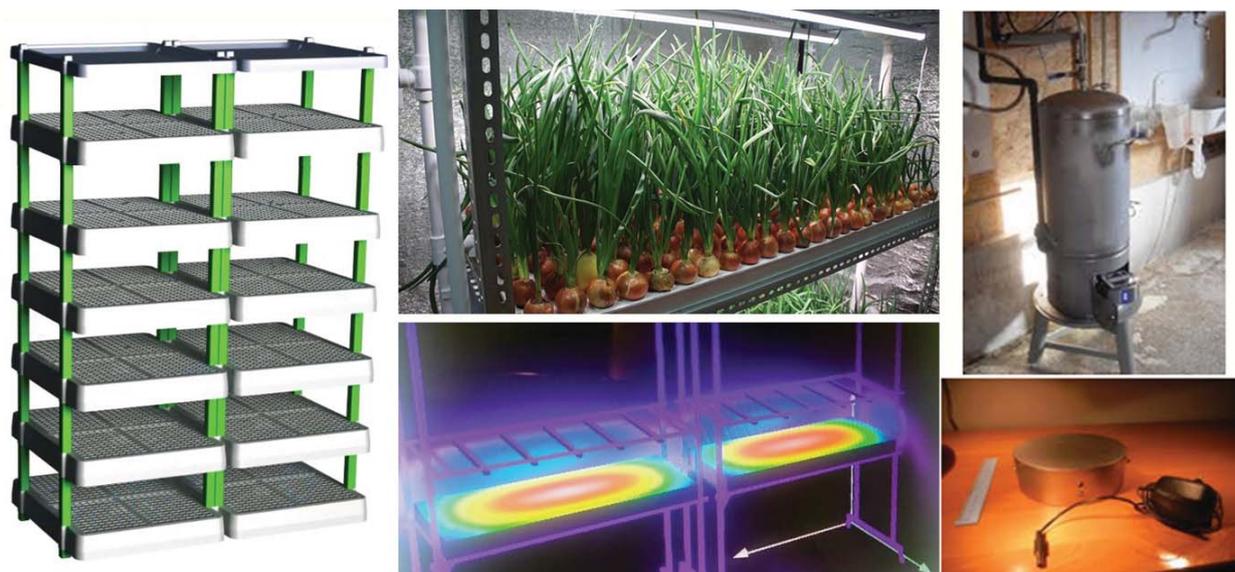


Рис. 1. Схематичное изображение установки для выгонки лука севка сорта Штутгартер Ризен на перо в условиях гидропонной культуры с использованием LED-освещения и установок для получения омагнитченной воды

Таблица 1

Физико-химические показатели воды, полученной различными способами

Показатель/Вариант	Дистиллированная вода	ТЕМП	ТУ
Кислотность (pH)	6,0±0,2	5,5±0,3	5,6±0,4
ppm	1,2±0,1	0,9±0,1	1,0±0,1
Температура, °C	23,0±0,1	23,0±0,1	23,0±0,1
ОВП (Re-dox), mV	297,0±0,6	206,7±0,9	199,7±1,2
Поверхностное натяжение, °	27,7±0,5	50,7±0,9	122,8±1,2
Угол смачивания, мДж/м ²	81,1±0,2	51,7±0,2	91,5±0,4
Площадь растекания, мм ²	475,0±1,5	325,3±2,3	487,3±3,6
Масса испарения с поверхности, г	0,3±0,0	0,2±0,0	0,2±0,0
Осмотическое давление, мм	33,3±0,9	34,3±0,7	33,3±0,9

Примечание: указаны средние значения ± ошибки средних.



емого в посевах овощных культур [1, 2]. Норму внесения суспензии микросимбионта брали исходя из стандартной методики производителя (3,0%-й раствор). Ультрадисперсная гумато-сапропеливая суспензия (УДГСС) была получена в результате ультразвуковой кавитация гелиевой структуры на установке ПСБ-ГАЛС 18035-05 (частота 35 кГц, ультразвуковое давление 2 Вт/см²). Экологически чистый сапропель был получен из месторождения деревни Ермолино Псковской области. В табл. 2 приведен качественный и количественный состав биофильных элементов и низкомолекулярных соединений полигуматов, полученный с помощью масс-спектрометра Agilent 7500 (USA) и ВЭЖХ LC 1200 (Agilent Technologies, USA). В эксперименте использовали 1,0%-ю концентрацию полигуматов по действующему веществу.

Общая продолжительность эксперимента составила 30 суток. На каждый из вариантов приходилось по 38 луковиц.

По окончании эксперимента в зеленой массе измеряли содержание хлорофилла. Анализ флуоресценции проводили до полудня с использованием оптического счетчика SPAD 502 (Minolta Camera Co, Ltd, Japan). В России исследования с использованием указанного прибора носят фрагментарный характер [3, 11]. Основное его преимущество заключается в том, что он может обеспечивать быстрые оценки с высокой точностью без разрушения биологической ткани листьев. Как правило, SPAD измеряет поглощение листьев в диапазоне от 650 до 940 нм [13]. Итерационные замеры проводили в разных местоположениях листа, и затем по значениям во всех измеренных точках рассчитывали среднее приближенное содержание хлорофилла в ед. SPAD. Также общее содержание хлорофилла в экстрактах биомассы листьев в пересчете на

мг/г определяли на спектрофотометре UV-2700 (Shimadzu, Japan) в ацетоновой вытяжке по методике Lichtenthaler et al. [12]. Для этого мелкий порошок из свежеприготовленных влажных листьев в количестве 0,2 г экстрагировали при комнатной температуре в течение 24 ч в 8 мл 80%-го ацетона в темноте. Гомогенат отфильтровывали, а пигменты определяли на приборе при длинах волн 663 и 645 нм, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов а и b [15]. На основании полученных данных с разных приборов рассчитывали уравнение взаимосвязи этих чисел.

Результаты измерений были подвергнуты математической обработке в программе Excel (Microsoft, v. 2007).

Результаты исследований. Результаты опытов по определению морфометрических показателей представлены на рис. 2, 3, и свидетельствуют о широком варьировании значений в зависимости от варианта.

В обоих случаях наблюдался положительный эффект от действия биоудобрения или биопрепарата в сравнении с контролем.

Применение полигуматов опережало действие бактерий. У растения наблюдался ускоренный выход перьев и прирост их длины. Совместная обработка с биопрепаратом лишь немного снижала накопление биомассы, однако практически не стимулировала увеличение длины листьев. Возможно, питательный режим бактерий «переключался» на использование гуминовых соединения, в результате чего растения не успели сформировать эффективную симбиосистему при первом срезе; либо фракция фульвокислот, входящая в состав полигуматов УДГСС, оказывала бактериостатический эффект на раннем этапе роста, что также явилось сдерживающим фактором роста растений. В любом случае, биомасса являлась более

Таблица 2

Элементный и композиционный состав низкомолекулярных фракций УДГСС

Сахара, мг/л		Аминокислоты, мкг/л		Органические кислоты, мг/л		Ароматические кислоты, мкг/л								
Мелибиоза	168,30	Метионин	1,20	Фумаровая	0,13	Феруловая	16,10							
Мальтоза	534,00	Валин	22,80	Уксусная	51,24	Пара-кумаровая	13,77							
Ксилоза	87,87	Гистидин	4,60	Щавелевая	0,56	Сиреневая	15,58							
Рибоза	223,10	Глицин	1,41	Винная	0,38	Ванилиновая	18,10							
Глюкоза	0,61	Глутаминовая	15,81	Янтарная	0,24	Тирозин	5,00							
Галактоза	2,48	Серин	26,40	Галловая	0,02	Фенилаланин	0,90							
Арабиноза	23,00	Лейцин	10,80	Яблочная	0,05									
		Изо-лейцин	7,07	Адипиновая	0,08									
		Аспарагин	4,73											
		Аланин	1,47											
		Триптофан	0,18											
		Треонин	7,50											
		Лизин	15,00											
		Аргинин	10,00											
Элементный состав УДГСС, мг/г														
Ca	Na	K	Mg	Ba	B	Zn	Fe	Co	Mo	Cu	Ni	Al	Cd	Pb
12,3	5,5	10,4	1,3	0,1	0,02	0,05	9,4	0,0	0,0	0,02	0,0	2,8	0,0	0,0

информативным показателем формирования симбиосистемы.

Более интересный результат показало воздействие слабых магнитных полей. При оди-ночном влиянии физического фактора растения также запускали программу набора биомассы и длины, хотя и уступающую биологическому аспекту. Интерес представляли варианты с облуче-нием растений при одиночном или совместном применении биостимуляторов. Слабые магнит-ные поля еще более индуцировали удлинение листьев на одиночных вариантах с использо-ванием полигуматов или бактерий. При этом обработка жидкости на приборе ТЕМП также способствовала небольшому увеличению био-массы листьев (в среднем на 41 % при сравнении с одиночным воздействием на приборе ТЕМП; на 6,4 % с Агрофилом и на 8,9 % с полигумата-ми). Максимальный выход биомассы листьев зафиксирован на варианте ТЕМП+полигуматы (116,7 мг/г), в 3,6 раза выше контроля. Воздейст-вие всех факторов сообща резко снижало рост растений до уровня контроля и даже ниже. При этом «набор» биомассы сохранялся на уровне воздействия физического фактора в отдельности. Возможно, это также связано со статическим барьером из-за наличия фульвокислот в составе УДГСС, но есть предположение, что сверхсла-бое магнитное поле, не вызывая нагрева живых тканей, способно изменить активность сигналь-ных путей, управляющих жизнедеятельностью клетки, и как триггер запускать определенную программу развития всего организма—одну из многих, заложенных в нем изначально. В ре-зультате растительно-микробная система также

продолжает свободно развиваться без ущерба конечной питательной ценности для раститель-ной культуры, но при этом растения получают низкорослые.

Результаты изменения содержания общего хлорофилла (в ед. SPAD и мг/г) в листьях-перьях лука приведены на рис. 4. Содержания хлоро-филла *a* и *b* (мг/г) в листьях-перьях приведены на рис. 5.

Концентрация хлорофилла в листьях служит одним из показателей «физиологического комфо-рта» растения и обуславливает зеленую окраску ли-стьев. А цвет является одним из показателей «при-влекательности» (габитуса) товарной продукции. Из полученных данных видно, что максимальное количество синтезированного хлорофилла обна-ружено в варианте с совместным применением Аг-рофила и полигуматов. Значения были выше кон-троля в 1,4 раза, или на 38,7 %. Здесь же отмечено и наибольшее накопление хлорофилла *a* (в 2,2 раза, или на 118,7 %) более устойчивого пигмента к уменьшению интенсивности освещения в про-цессе фотосинтеза. По содержания хлорофилла *b* как основного сигнального регулятора процесса старения и устойчивости растений к стрессам су-щественных изменений в сторону его увеличения не обнаружено.

На основании комбинации из двух методов определения общего хлорофилла рассчитано полиномиальное уравнение регрессии взаимо-связи между содержанием экстрагируемого хло-рофилла (Y) в мг/г и числовыми показателями, полученными с помощью использования порта-тивного счетчика SPAD-502 (X) в листьях лука ($R^2 = 0,64$):

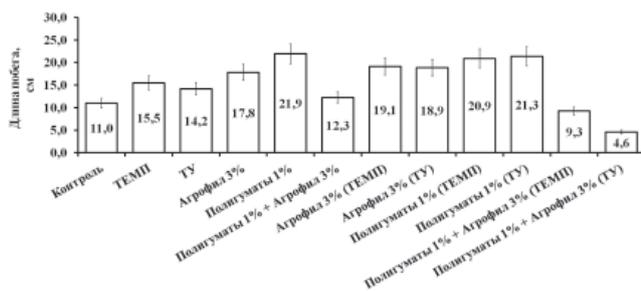


Рис. 2. Масса зеленых листьев растений лука сорта Штутгартер Ризен на конец эксперимента в вариантах опыта, мг/растение

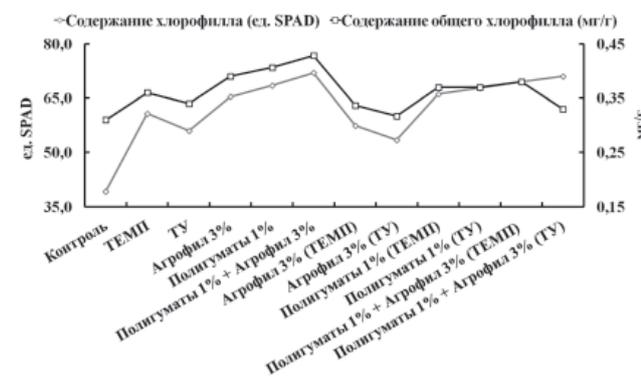


Рис. 4. Содержание общего хлорофилла в листьях-перьях лука

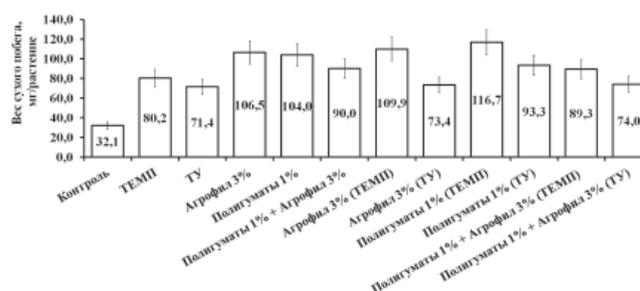


Рис. 3. Длина зеленых листьев растений лука сорта Штутгартер Ризен на конец эксперимента в вариантах опыта, см

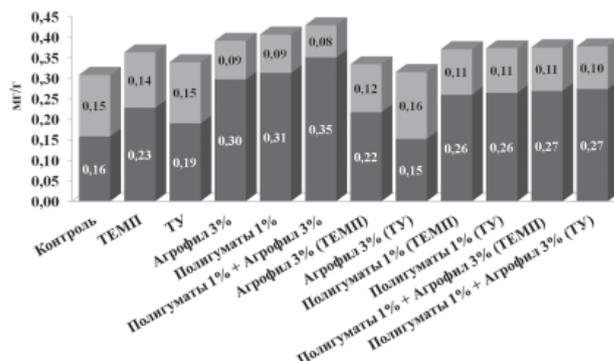


Рис. 5. Содержание хлорофилла *a* и *b* в листьях-перьях лука



$$y = -1E-05x^6 + 0,0003x^5 - 0,0038x^4 + 0,0193x^3 - 0,0454x^2 + 0,0715x + 0,2732.$$

Заключение. Применение физического и биологического факторов как по отдельности, так и сообща при выгонке лука севка сорта Штутгартер Ризен на переспособствовало увеличению биомассы растений и активности фотосинтетического аппарата. Полигуматы при комбинированном воздействии с биопрепаратом Агрофил и магнитной обработкой оказывали статичный эффект на увеличение длины листьев.

Максимальный выход биомассы листьев зафиксирован на варианте ТЕМП+полигуматы (116,7 мг/г), что превышало контроль в 3,6 раза. При этом наибольшие показатели накопления хлорофилла (72 ед. SPAD, или 0,43 мг/г) отмечены в варианте с совместным применением Агрофила и полигуматов.

Фактор физического воздействия, при совместном использовании обоих биостимуляторов, по-видимому, сыграл роль некоего триггера, провоцирующего запуск определенной программы развития растительно-микробной системы, заложенной в ее генетическом коде изначально; в результате чего растения становились низкорослыми, но без ущерба в наборе веса и фотосинтетической аппаратуре.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0002 и ФГБНУ ВНИИСХМ по теме № 0482-2021-0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завалин А.А., Кожемяков А.П. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия. – СПб: Химиздат, 2010. – 64 с.
2. Кожемяков А.П., Тимофеева С.В., Попова Т.А. Разработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия // Защита и карантин растений. – 2008. – № 2. – С. 42–43.
3. Королев К.П., Боме Н.А. О применении морфофизиологически маркеров в исследовании внутривидового полиморфизма льна обыкновенного (*Linum usitatissimum*L.) // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53(5). – С. 927–937.
4. Май Ч.Б. Влияние переменного электрического поля на физико-химические свойства воды в реакции фотосинтеза: дис. ... канд. хим. наук. – СПб., 2018. – 128 с.
5. Новицкий Ю.И., Новицкая Г.В. Действие постоянного магнитного поля на растения. – М.: Наука, 2017. – 352 с.
6. Научное обоснование агротехнических приемов повышения урожайности и качества лука репчатого на территории Астраханской области / Н.И. Матвеева [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 29–37.
7. Улибашев А.М. Сравнительная оценка сортов репчатого лука для получения севка в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 45. – С. 36–40.

8. Фомина Л.В., Олейникова Е.Н. Эффективность применения природных биостимуляторов при формировании хозяйственно ценных признаков зеленого лука // Вестник КРАСГАУ. – 2017. – Т. 12(135). – С. 34–43.

9. Atif M.J., Ahanger M.A., Amin B., Ghani M.I., Ali M., Cheng Z. Mechanism of allium crops bulb enlargement in response to photoperiod: a review // International Journal of Molecular Sciences, 2020, Vol. 21(4), P. 1325.

10. Kane C.D., Jasoni R.L., Peffley E.P., Thompson L.D., Green C.J., Pare P., Tissue D. Nutrient Solution and Solution pH Influences on Onion Growth and Mineral Content // Journal of Plant Nutrition, 2006, Vol. 29(2), P. 375–390.

11. Kapotis G., Zervoudakis G., Veltsistas T. Comparison of chlorophyll meter readings with leaf chlorophyll concentration in *Amaranthus villosus*: correlation with physiological processes // Russian Journal of Plant Physiology, 2003, Vol. 50(3), P. 395–397.

12. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in enzymology, 1987, Vol. 148, P. 350–382.

13. Naus J., Prokopova J., Rebcek J., Spundova Y.M. SPAD chlorophyll meter reading can be pronouncedly affected by chloroplast movement // Photosynthesis Research, 2010, Vol. 105, P. 265–271.

14. Pena-Mendez E.M., Havel J., Patočka J. Humic substances-compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment and biomedicine // Journal of Applied Biomedicine, 2005, Vol. 3, P. 13–24.

15. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophyll a and chlorophyll b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // Journal of Plant Physiology, 1994, Vol. 144, P. 307–313.

Панфёрова Тамара Валерьевна, инженер-биохимик, ООО «БиоЭкоТех». Россия.

190020, г. Санкт-Петербург, набережная Обводного канала, д. 148, корпус 2, офис № 401.

Тел.: 8(931) 954-46-36.

Пухальский Ян Викторович, младший научный сотрудник, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; агроэколог, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина. Россия.

196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9.

196605, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10.

Тел.: 8(812) 451-94-44.

Митюков Алексей Савельевич, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук». Россия.

196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9.

Тел.: 8(812) 387-02-60.

Воробьев Николай Иванович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии». Россия.



196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3.

Тел.: 8(812)470-51-00.

Кампутин Иван Викторович, канд. техн. наук, инженер-биохимик ООО НПО «БиоЭкоТех». Россия.

190020, г. Санкт-Петербург, набережная Обводного канала, д. 148, корпус 2, офис № 401.

Тел.: 8(931) 954-46-36.

Кожемяков Андрей Петрович, канд. биол. наук, заведующий лабораторией, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии». Россия.

Лактионов Юрий Владимирович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии». Россия.

196608, РФ, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3.

Тел.: 8(812)470-51-00.

Лоскутов Святослав Игоревич, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюд-

жетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; агроэколог, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина. Россия.

196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9.

196605, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10.

Тел.: 8(812) 451-94-44.

Якубовская Алла Ивановна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «НИИСХ Крыма». Россия.

295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150.

Тел.: 8(3652) 56-00-07.

Ивахнюк Григорий Константинович, проф., д-р хим. наук, зав. кафедрой, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Россия

190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 26.

Тел.: 8(812) 494-93-39.

Ключевые слова: структурированная вода; гидроропоника; Allium cepa L.; биопрепарат; сапропель; полигуматы; хлорофилл.

ESTIMATION OF THE APPLICATION BIOPREPARATION OF COMPLEX ACTION "AGROPHIL" AND THE POLYHUMATES OF SAPROPEL ON THE INTENSIFICATION OF THE PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF ALLIUM CEPA L. GROWTH IN A MAGNETIC HYDROCULTURE

Panferova Tamara Valerievna, engineer-biochemical, "BioEcoTech" LTD, Russia.

Pukhalsky Yan Viktorovich, Junior Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS) – Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Mityukov Alexey Savelievich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS) – Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Vorobyev Nikolay Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, FSBSI "ARRIAM", Russia.

Kamputin Ivan Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Engineer-biochemical, "BioEcoTech" LTD, Russia.

Kozhemyakov Andrey Petrovich, Candidate of Biological Sciences, FSBSI "ARRIAM", Russia.

Laktionov Yuri Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, FSBSI "ARRIAM", Russia.

Loskutov Svyatoslav Igorevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS) – Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Yakubovskaya Alla Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, FSBSI "SRIAC", Russia.

Ivakhnyuk Grigory Konstantinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Saint Petersburg State Institute of Technology, Russia.

Keywords: structured water; hydroponics; Allium cepa; biological product; sapropel; polyhumates; chlorophyll.

The article deals with the influence of the biological product Agrophil (strains of Agrobacterium radiobacter) and ultrafine humate-sapropel suspension (UDGSS) obtained by alkaline extraction and ultrasonic cavitation of sapropel extract on the formation of economically valuable properties (length and biomass of leaves, pigment complex) of green onion leaves (Allium cepa L.) variety StuttgarterRiesen grown under intensive photoculture under conditions of hydroponic culture on a magnetized nutrient medium. The experiment was carried out in a multi-tiered hydroponic setup with full spectrum LED lamps. Magnetic processing was carried out in two different ways: by the method of electromagnetic influence with a variable frequency-modulated potential and a device with predominantly magnetic induction. The use of physical and biological factors, both individually and collectively, when forcing onion sets of the StuttgarterRiesen variety on a feather, contributed to an increase in plant biomass and the activity of the photosynthetic apparatus. The combined effect of polyhumates with a biopreparation and magnetic treatment had a static effect on the increase in leaf length. The maximum yield of leaf biomass was recorded for the TEMP + Polygumate variant. The highest levels of chlorophyll accumulation were recorded in the variant with the combined use of Agrophil and Polygumates. As a result of the combined influence of both biostimulants and the factor of magnetic irradiation, the plant-microbial system continued to develop freely, without damage in the morpho-physiological reactions of the plant culture, but the plants turned out to be shorter

