

Учреждение образования  
«Барановичский государственный университет»

## *Вестник БарГУ*

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 г.

Выпуск 7, сентябрь, 2019.

Серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)»

---

*Учредитель:* учреждение образования «Барановичский государственный университет».

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Главный редактор журнала* Кочурко Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, Заслуженный работник образования Республики Беларусь, ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

*Заместитель главного редактора журнала* Климук Владимир Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, проректор по научной работе учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

#### Главный редактор серии

Рындевич Сергей Константинович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

#### Редактор текстов на английском языке

Карапетова Елена Геннадьевна, кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и практики перевода №1 учреждения образования «Минский государственный лингвистический университет» (Минск, Республика Беларусь).

Абарова Елена Эдуардовна (*ответственный за направление «Агрономия»*), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор обособленного структурного подразделения «Ляховичский государственный аграрный колледж» учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Ляховичи, Республика Беларусь);

Земоглядчук Алексей Владимирович (*ответственный за направление «Общая биология»*), кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь);

Александрович Олег Родославович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии Поморской академии в Слупске (Слупск, Польша);

Бизюкова Татьяна Тимофеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь);

Бушуева Вера Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь);

Гриб Станислав Иванович, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии Беларуси наук по земледелию» (Жодино, Республика Беларусь);

Гричик Василий Витальевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Джус Максим Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Ерошов Анатолий Иванович, доктор биологических наук, профессор, академик Международной академии экологии, профессор кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь);

Кильчевский Александр Владимирович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор биологических наук, профессор, главный ученый секретарь Национальной академии наук Беларуси (Минск, Республика Беларусь);

Лукашевич Нина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормопроизводства учреждения образования «Витебская ордена “Знак почёта” государственная академия ветеринарной медицины» (Витебск, Республика Беларусь);

Прокин Александр Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук» (п. Борок, Российская Федерация);

Цзя Фенлонг, доктор, профессор, Институт энтомологии, факультет естественных наук, Университет имени Сунь Ятсена (Гуанчжоу, Китайская Народная Республика);

Шаманаев Виктор Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры агрономии и экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия» (Смоленск, Российская Федерация).

Шофман Леонид Исаакович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Республиканского унитарного предприятия «Минская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси» (п. Натальевск, Республика Беларусь);

Янчуревич Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии и физиологии человека и животных учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Гродно, Республика Беларусь).

*Адрес редакции:*

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.

Телефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: [vestnik@barsu.by](mailto:vestnik@barsu.by).

*Подписные индексы:* 00993 — для индивидуальных подписчиков; 009932 — для организаций.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

*В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим наукам (общая биология), сельскохозяйственным наукам (агрономия).*

*Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включён в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-1/2016.*

*Издатель:* учреждение образования «Барановичский государственный университет».

Выходит на русском, белорусском и английском языках.

Журнал распространяется на территории Республики Беларусь.

---

*Заведующий редакционно-издательской группой* С. А. Березнюк

*Технический редактор* А. Ю. Сидоренко

*Компьютерная вёрстка* С. А. Березнюк

*Корректор* С. А. Березнюк

Подписано в печать 13.09.2019. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 18,50. Уч.-изд. л. 14,10. Тираж 75 экз. Заказ

Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014.

Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 Слоним, Гродненская обл.

© БарГУ, 2019

Установа адукацыі  
«Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт»

## *Веснік БарДУ*

Штоквартальны навукова-практычны часопіс

Выдаецца з сакавіка 2013 г. Выпуск 7, верасень, 2019.

Серыя «Біялагічныя навукі (агульная  
біялогія). Сельскагаспадарчыя  
навукі (аграномія)»

*Заснавальнік:* установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

### РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ

*Галоўны рэдактар часопіса* Качурка Васіль Іванавіч, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, акадэмік Беларускай інжынернай акадэміі, акадэмік Міжнароднай акадэміі тэхнічнай адукацыі, акадэмік Міжнароднай акадэміі навук педагагічнай адукацыі, акадэмік Акадэміі эканамічных навук Украіны, Заслужаны работнік адукацыі Рэспублікі Беларусь, рэктар установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

*Намеснік галоўнага рэдактара часопіса* Клімук Уладзімір Уладзіміравіч, кандыдат эканамічных навук, дацэнт, прарэктар па навуковай рабоце ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

### РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ СЕРЫІ

#### Галоўны рэдактар серыі

Рындзевіч Сяргей Канстанцінавіч, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

#### Рэдактар тэкстаў на англійскай мове

Карапетава Алена Генадзьеўна, кандыдат філалагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры тэорыі і практыкі перакладу № 1 установы адукацыі «Мінскі дзяржаўны лінгвістычны ўніверсітэт» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Абарава Алена Эдуардаўна (*адказы за напрамак «Аграномія»*), кандыдат сельскагаспадарчых навук, дацэнт, дырэктар адасобленага структурнага падраздзялення «Ляхавіцкі дзяржаўны аграрны каледж» установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Ляхавічы, Рэспубліка Беларусь);

Земаглядчук Аляксей Уладзіміравіч (*адказы за напрамак «Агульная біялогія»*), кандыдат біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь);

Александровіч Алег Радаслававіч, доктар біялагічных навук, прафесар, загадчык кафедры заалогіі Паморскай акадэміі ў Слупску (Слупск, Польшча);

Бізюкова Таццяна Цімафееўна, кандыдат сельскагаспадарчых навук, старшы выкладчык кафедры прыродазнаўчых дысцыплін установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь);

Бушуева Вера Іванаўна, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, прафесар кафедры селекцыі і генетыкі ўстановы адукацыі «Беларуская дзяржаўная ордэнаў Кастрычніцкай Рэвалюцыі і Працоўнага Чырвонага Сцяга сельскагаспадарчая акадэмія» (Горкі, Рэспубліка Беларусь);

Грыб Станіслаў Іванавіч, акадэмік Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, галоўны навуковы супрацоўнік Рэспубліканскага ўнітарнага прадпрыемства «Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па земляробстве» (Жодзіна, Рэспубліка Беларусь);

Грычык Васіль Вітальевіч, доктар біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры агульнай экалогіі і методыкі выкладання біялогіі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Джус Максім Анатольевіч, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры батанікі Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Ерашоў Анатоль Іванавіч, доктар біялагічных навук, прафесар, акадэмік Міжнароднай акадэміі экалогіі, прафесар кафедры энергаэфектыўных тэхналогій установы адукацыі «Міжнародны дзяржаўны экалагічны ўніверсітэт імя А. Д. Сахарова» Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Кільчэўскі Аляксандр Уладзіміравіч, член-карэспандэнт Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар біялагічных навук, прафесар, галоўны навуковы сакратар Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (Мінск, Рэспубліка Беларусь);

Лукашэвіч Ніна Пятроўна, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, загадчык кафедры кормавытворчасці ўстановы адукацыі «Віцебская ордэна «Знак пашаны» дзяржаўная акадэмія ветэрынарнай медыцыны» (Віцебск, Рэспубліка Беларусь);

Прокін Аляксандр Аляксандравіч, кандыдат біялагічных навук, старшы навуковы супрацоўнік федэральнай дзяржаўнай бюджэтнай установы навуки «Інстытут біялогіі ўнутраных водаў імя І. Д. Папаніна Расійскай акадэміі навук» (п. Барок, Расійская Федэрацыя);

Цзя Фенлонг, доктар, прафесар, Інстытут энтамалогіі, факультэт прыродазнаўчых навук, Універсітэт імя Сунь Ятсена (Гуанчжоу, Кітайская Народная Рэспубліка);

Шаманаеў Віктар Анатольевіч, доктар сельскагаспадарчых навук, старшы навуковы супрацоўнік, прафесар кафедры аграноміі і экалогіі федэральнай дзяржаўнай бюджэтнай адукацыйнай установы вышэйшай прафесійнай адукацыі «Смаленская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія» (Смаленск, Расійская Федэрацыя).

Шофман Леанід Ісаакавіч, доктар сельскагаспадарчых навук, старшы навуковы супрацоўнік Рэспубліканскага ўнітарнага прадпрыемства «Мінская абласная сельскагаспадарчая доследная станцыя Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (п. Натальеўск, Рэспубліка Беларусь);

Янчурэвіч Вольга Віктараўна, кандыдат біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры заалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл установы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы» (Гродна, Рэспубліка Беларусь).

*Адрас рэдакцыі:*

вул. Войкава, 21, 225404 г. Баранавічы.

Тэлефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by .

*Падпісныя індэксы:* 00993 — для індывідуальных падпісчыкаў; 009932 — для арганізацый.

Пасведчанне аб рэгістрацыі сродкаў масавай інфармацыі № 1533 ад 30.07.2012, выдадзенае Міністэрствам інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

*У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 21 студзеня 2015 г. № 16 навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» серыя «Біялагічныя навукі (агульная біялогія). Сельскагаспадарчыя навукі (аграномія)» уключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных навуках (агульная біялогія), сельскагаспадарчых навуках.*

*Навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» уключаны ў РІНЦ (Расійскі індэкс навуковага цытавання), ліцэнзійны дагавор № 06-01/2016.*

*Выдавец:* установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

Выходзіць на рускай, беларускай і англійскай мовах.

Часопіс распаўсюджваецца на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь.

---

*Загадчык рэдакцыйна-выдавецкай групы* С. А. Беразнюк

*Тэхнічны рэдактар* Г. Ю. Сідарэнка

*Камп'ютарная вёрстка* С. А. Беразнюк

*Карэктар* С. А. Беразнюк

Падпісана да друку 13.09.2019. Фармат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Папера афсетная. Друк лічбавы. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 18,50. Ул.-выд. арк. 14,15. Тыраж 75 экз. Заказ

Кошт свабодны.

Паліграфічнае выкананне: Гродзенскае абласное ўнітарнае паліграфічнае прадпрыемства «Слоніўская тыпаграфія». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/203 ад 07.03.2014, № 2 ад 25.02.2014.

Адрас: вул. Хлюпіна, 16, 231800 Слонім, Гродзенская вобл.

© БарДУ, 2019

Education institution  
“Baranovichi State University”

*BarSU Herald*

**A quarterly scientific-and-practical journal**

Published since March 2013

Volume 7, September 2019.

Series “Biological sciences  
(general biology). Agricultural  
sciences (agronomy)”

---

*Promoter:* educational institution “Baranovichi State University”.

#### **EDITORIAL BOARD**

*Editor-in-Chief* Vasilii I. Kochurko, Doctor of Agriculture, Professor, Member of the Belarusian Academy of Engineering, Member of the International Academy of Technical Education, Member of the International Academy of Pedagogical Education, Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Distinguished Educator of the Republic of Belarus, Rector of Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

*Deputy Editor-in-Chief* Vladimir V. Klimuk, Ph. D. in Economic Sciences, associate professor, Vice-rector for Scientific Work of Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

#### **EDITORIAL BOARD OF THE SERIES**

##### **Editor of the issue**

Sergey K. Ryndevich, Ph. D. in Biology, associate professor at the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus).

##### **English Text Editor**

Yelena G. Karapetova, Ph. D. in Philology, Head of the Translation and Interpreting Department No 1 at the Education Institution “Minsk State Linguistic University” (Minsk, the Republic of Belarus).

Yelena E. Abarova (*responsible for the topic area “Agronomy”*), Ph. D. in Agriculture, associate professor, Head of the economically autonomous structural subdivision “Lyakhovichi State Agricultural Colledge” at the Education Institution “Baranovichi State University” (Lyakhovichi, the Republic of Belarus);

Aleksey V. Zemoglyadchuk (*responsible for the topic area “General Biology”*), Ph. D. in Biology, associate professor, Head of the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus);

Oleg R. Alexandrovich, D. Sc. in Biology, Professor, Head of the Department of Zoology at Pomorsk Academy in Slupsk (Slupsk, Poland);

Tatyana T. Bizyukova, Ph. D. in Agriculture, Senior Lecturer of the Department of Sciences, the Education Institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus);

Vera I. Bushueva, D. Sc. in Agriculture, professor at the Department of Selection and Genetics, the Education Institution “The Belarusian State Agricultural Academy in the name of order of the October Revolution and Labor Red Banner” (Gorki, the Republic of Belarus);

Stanislav I. Grib, D. Sc. in Agriculture, member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head Researcher at the Republican Unitary Enterprise “The Scientific-and-Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming” (Zhodino, the Republic of Belarus);

Vitaly V Grichik, D. Sc. in Biology, Head of the Department of General Ecology and Methods of Teaching Biology the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Maxim A. Dzhus, Ph. D. in Biology, associate professor at the Department of Botany the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Anatoly I. Eroshov, D. Sc. in Biology, Member of the International Academy of Ecology, Professor at the Department of Energy Efficient Technologies, at the Education Institution “The International State University of Ecology named after A. D. Sakharov” the Belarusian State University (Minsk, the Republic of Belarus);

Alexander V. Kilchevskiy, D. Sc. in Biology, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, Chief Scientific Secretary of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, the Republic of Belarus);

Alexander A. Prokin, Ph. D. in Biology, Senior Researcher at the Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences (Borok, the Russian Federation);

Nina P. Lukashevich, D. Sc. in Agriculture, Head of the Department of Fodder Cropping at the Education Institution “Vitebsk of the Badge of Honor Order State Academy of Veterinary Medicine” (Vitebsk, the Republic of Belarus);

Fenglong Jia, Ph. D. in Biology, Institute of Entomology, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University (Guangzhou, China);  
Viktor A. Shamanayev, D. Sc. in Agriculture, Senior Researcher at the Department of Agronomical Science and Ecology,  
the Federal State Education Institution of Higher Vocational Education “Smolensk State Academy of Agriculture” (Smolensk,  
the Russian Federation).

Leonid I. Shofman, D. Sc. in Agriculture, Senior Researcher at the Republican Unitary Enterprise “Minsk Regional  
Agricultural Experimental Station” of the National Academy of Sciences of Belarus (Natalyevsk, the Republic of Belarus);

Olga V. Yanchurevich, Ph. D. in Biology, Head of the Department of Zoology and Physiology of Man and Animals, the  
Education Institution “Grodno State University named after Yanka Kupala” (Grodno, the Republic of Belarus).

*Editorial address:*

21 Voykova Str., 225404 Baranovichi. Phone: +375 163 45 46 28.

E-mail: [vestnik@barsu.by](mailto:vestnik@barsu.by).

*Subscription indexes:* 00993 — for individual subscribers; 009932 — for companies.

The certificate of the registration of mass media № 1533 of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information of Belarus.

*In accordance with the order of the board of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus on January 21, 2015 № 16 the scientific-and-practical journal “BarSU Herald”, the series “Biological sciences (general biology). Agricultural sciences (agronomy)” was included on the list of the scientific publications of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological sciences (general biology), agricultural sciences (agronomy).*

*Scientific-and-practical journal “BarSU Herald” is included into RSCI (Russian Science Citation Index), license agreement № 06-01/2016.*

*Published:* educational institution “Baranovichi State University”.

Issued in Russian, Belarusian and English.

The journal is distributed on the territory of the Republic of Belarus.

---

*Managing editor* S. A. Bereznyuk  
*Technical editor* A. Y. Sidorenko  
*Desktop Publishing* S. A. Bereznyuk  
*Proofreader* S. A. Bereznyuk

Signed to print 13.09.2019. Format 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Offset paper. Digital printing. Headset Times. Cond. print. l. 18.50. Acc.-pub. l. 14.15.  
Circulation: 75 copies. Order

Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary Enterprise “Slonim printing establishment”. The state registration certificate of the publisher, manufacturer and publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2 of 25.02.2014.

Address: 16 Hlyupin St., 231800 Slonim, Grodno region.

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Общая биология

<b>Заика Ю. В., Аникина Н. Ю.</b> О новых местонахождениях микроостатков морских организмов в отложениях верхнего кайнозоя Беларуси . . . . .	9
<b>Земоглядчук К. В.</b> Стациальное распределение особей <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) в Борисовском районе . . . . .	26
<b>Крылов А. В.</b> Новые ордовикские трилобиты из Ленинградской и Архангельской областей (Trilobita: Phacopida: Pterygometeropidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae) . . . . .	34
<b>Крылов А. В., Марке Р.</b> Новые данные по кайнозойским моллюскам родов <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> и <i>Neptunea</i> (Mollusca: Niatellidae, Myidae, Buccinidae) полуостровов Канин и Югорский . . . . .	45
<b>Лукашэня М. А.</b> Жесткокрылые — обитатели плодовых тел ксилотрофных грибов (Insecta: Coleoptera) Национального парка «Беловежская пушча» . . . . .	59
<b>Лундышев Д. С.</b> Жесткокрылые семейств Histeridae и Silphidae (Coleoptera) Барановичской равнины (Беларусь) . . . . .	66
<b>Мороз Д. С., Шпак М. Ю., Петровская Е. А., Медведик С. Е.</b> Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. в условиях светодиодного освещения . . . . .	73
<b>Плакс Д. П.</b> Новый вид акантодовой рыбы из Костюковичского горизонта (средний девон, эйфель) Беларуси . . . . .	83
<b>Рындэвич С. К.</b> Энтомофауна (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) ненарушенных водных экосистем некоторых особо охраняемых природных территорий Беларуси. . . . .	98

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

#### Агрономия

<b>Абраскова С. В., Шишлова Н. П.</b> Изменение кормовой ценности зерна тритикале в зависимости от сортовых различий и условий выращивания. . . . .	108
<b>Бученков И. Э., Рышкель И. В.</b> Анализ признаков селекционного материала <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> MILL., созданного на основе метода автополиплоидии. . . . .	116
<b>Поух Е. В.</b> Оценка интродуцированных клоновых подвоев яблони в маточнике в южной зоне плодоводства Республики Беларусь . . . . .	124
<b>Релина Л. И., Вечерская Л. А., Голик О. В.</b> Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов редких тетраплоидных пшениц . . . . .	130
<b>Шиянова Т. П., Супрун О. Г., Богуславский Р. Л.</b> Жирнокислотный состав масла эндоспермальных мутантов кукурузы в связи с долговечностью семян при хранении . . . . .	139

#### ЗМЕСТ

### БІЯЛАГІЧНЫЯ НАВУКІ

#### Агульная біялогія

<b>Заіка Ю. У., Анікіна Н. Ю.</b> Аб новых месцазнаходжаньнях мікраарэшткаў марскіх арганізмаў у адкладах верхняга кайназою Беларусі . . . . .	9
<b>Земаглядчук К. У.</b> Стацыяльнае размеркаванне асобін <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) у Барысаўскім раёне . . . . .	26
<b>Крылоў А. У.</b> Новыя ардовікскія трылабіты з Ленінградскай і Архангельскай абласцей (Trilobita: Phacopida: Pterygometeropidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae) . . . . .	34
<b>Крылоў А. У., Марке Р.</b> Новыя звесткі па кайназойскіх малюсках родаў <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> і <i>Neptunea</i> (Mollusca: Niatellidae, Myidae, Buccinidae) паўастравой Канін і Югорскі . . . . .	45
<b>Лукашэня М. А.</b> Цвёрдакрылыя — насельнікі пладовых целаў ксілатрофных грыбоў (Insecta: Coleoptera) Нацыянальнага парка «Белавежская пушча» . . . . .	59
<b>Лундышаў Д. С.</b> Цвёрдакрылыя сямействаў Histeridae і Silphidae (Coleoptera) Баранавіцкай раўніны (Беларусь) . . . . .	66
<b>Мароз Д. С., Шпак М. Ю., Пятроўская Е. А., Мядзведзік С. Я.</b> Асаблівасці адаптацыі мерыстэмных раслін суніц садовых <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. ва ўмовах светадыёднага асвятлення . . . . .	73
<b>Плакс Д. П.</b> Новы від акантодавай рыбы з Касцюковіцкага гарызонту (сярэдні дэвон, эйфель) Беларусі . . . . .	83
<b>Рындзевіч С. К.</b> Энтамафаўна (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) непарушаных водных экосістэм некаторых асабліва ахоўваемых прыродных тэрыторый Беларусі . . . . .	98

# СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫЯ НАВУКІ

## Аграномія

<b>Абраскова С. В., Шышлова Н. П.</b> Змяненне кармавой каштоўнасці зерня трыцікале ў залежнасці ад сартавых адрозненняў і ўмоў вырошчвання	108
<b>Бучанкоў І. Э., Рышкель І. В.</b> Аналіз прыкмет селекцыйнага матэрыялу <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> Mill., створанага на аснове метаду аўтаполіпладыі	116
<b>Поух А. В.</b> Ацэнка інтрадучыраваных клонавых падвояў яблыні ў матачніку ў паўднёвай зоне пладаводства Рэспублікі Беларусь	124
<b>Рэліна Л. І., Вячэрская Л. А., Голік А. В.</b> Утрыманне бялку і мінералаў у зерні некаторых відаў рэдкіх тэтраплоідных пшаніц	130
<b>Шыянава Т. П., Супрун А. Г., Багуслаўскі Р. Л.</b> Тлустакіслотны склад алею эндаспермальных мутантаў кукурузы ў сувязі з даўгавечнасцю насення пры захоўванні	139

## CONTENTS

### BIOLOGICAL SCIENCES

#### General Biology

<b>Zaika Yu. U., Anikina N. Yu.</b> On new localities of marine microfossils in Upper Cenozoic deposits of Belarus	9
<b>Zemoglyadchuk K. V.</b> Station distribution of <i>Succinea putris</i> (L.) (Gastropoda, Succineidae) individuals in Borisov area	26
<b>Krylov A. V.</b> New ordovician trilobites from Leningrad and Arkhangelsk regions (Trilobita: Phacopida: Pterygomotopidae; Asaphida: Nielidae, Niobidae; Agnostida: Agnostidae)	34
<b>Krylov A. V., Marquet R.</b> New data on the Cenozoic molluscs of the genera <i>Mya</i> , <i>Cyrtodaria</i> and <i>Neptunea</i> (Mollusca: Hiatelidae, Myidae, Buccinidae) of the Kanin and Jugorskii peninsulas	45
<b>Lukashenia M. A.</b> Beetles (Insecta: Coleoptera) inhabiting the fruiting bodies of xylotrophic fungi in the National park "Belovezhskaya pushcha"	59
<b>Lundyshev D. S.</b> Beetles of families of Histeridae and Silphidae (Coleoptera) of the Baranovichy plain (Belarus)	66
<b>Moroz D. S., Shpak M. Y., Petrovskaya E. A., Medvedik S. E.</b> The adaptation features of strawberry <i>Fragaria</i> × <i>Ananassa</i> Duch. meristemic plants under led lighting conditions	73
<b>Plax D. P.</b> A new species of the acanthodian fish from the Kostyukovichy regional stage (Middle Devonian, Eifelian) of Belarus	83
<b>Ryndevich S. K.</b> Entomofauna (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) of intact water ecosystems of some specially protected natural areas of Belarus	98

### AGRICULTURAL SCIENCES

#### Agronomy

<b>Abraskova S. V., Shishlova N. P.</b> Change of fodder value of grain of triticale depending on high-quality distinctions and conditions of cultivation	108
<b>Butschenkov I. E., Ryshkel I. V.</b> The analysis of the features of breeding material <i>Ribes Nigrum</i> L., <i>R. Rubrum</i> L., <i>Grossularia Reclinata</i> Mill. created on the basis of the auto-polyploidy method	116
<b>Poukh A. V.</b> Evaluation of introduced apple clonal rootstocks in mother plantings in the Southern zone of fruit growing of the Republic of Belarus	124
<b>Relina L. I., Vecherska L. A., Golik O. V.</b> Protein and mineral contents in the grain of some underutilized tetraploid wheats	130
<b>Shyianova T.P., Suprun O.G., Boguslavskiy R.L.</b> Fatty acid composition of oil of maize endospermal mutants in connection with seed longevity in storage	139

УДК 57.017.32:58.035.4:634.752

Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская, С. Е. Медведик  
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Министерство образования Республики Беларусь, ул. Войкова, 21, 225404 Барановичи,  
Республика Беларусь, +375 (163) 48 74 01, d.s.moro7@gmail.com

## ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH. В УСЛОВИЯХ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В работе представлены данные о влиянии светодиодного освещения различного спектрального состава на процессы укоренения и адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. к нестерильным условиям. Полученные данные указывают на перспективность использования светодиодов в качестве источников света по сравнению с люминесцентными лампами, поскольку обеспечивают нормальный рост и развитие растений-регенерантов. Установлено положительное влияние синего спектра света на процесс ризогенеза земляники садовой сорта Мерлан как в условиях *in vitro*, так и *ex vitro*. Увеличение доли красного света в свою очередь положительно влияет на накопление биомассы надземной части растений-регенерантов.

**Ключевые слова:** земляника садовая; адаптация; ризогенез; растения-регенеранты; Мерлан; светодиодное освещение; нестерильные условия.

Рис. 3. Табл. 3. Библиогр.: 24 назв.

D. S. Moroz, M. Y. Shpak, E. A. Petrovskaya, S. E. Medvedik  
Baranovichi State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, 21, Voykova str.,  
Baranovichi 225404, Brest obl., the Republic of Belarus, +375 (163) 48 74 01, d.s.moro7@gmail.com

## THE ADAPTATION FEATURES OF STRAWBERRY *FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH. MERISTEMIC PLANTS UNDER LED LIGHTING CONDITIONS

The paper presents data on the effect of LED lighting of various spectral composition on the rooting and adaptation processes of meristem strawberry plants *Fragaria* × *ananassa* Duch. to non-sterile conditions. The data obtained indicate the promising use of LEDs as light sources compared with fluorescent lamps, as they provide normal growth and development of a regenerated plant. The positive effect of the blue light spectrum on the process of rhizogenesis of the strawberry variety Merlan is established both *in vitro* and *ex vitro*. The increase in the share of the red light has a positive effect on biomass accumulation of the aerial part of regenerant plants.

**Key words:** strawberry; adaptation; rhizogenesis; regenerated plants Merlan; LED lighting; non-sterile conditions.

Fig. 3. Table 3. Ref.: 24 titles.

**Введение.** Земляника садовая *Fragaria* × *ananassa* Duch. является одной из основных ягодных культур в Республике Беларусь [1]. Она характеризуется высокой урожайностью, отличными вкусовыми качествами и высоким содержанием витаминов и других биологически активных веществ [2—5]. Традиционно размножение данной культуры осуществляется вегетативным способом, однако в этом случае высока вероятность передачи различных заболеваний [6; 7]. Для массового получения оздоровленного посадочного материала, в том числе и земляники садовой, а также быстрого размножения элитных и ремонтантных сортов, отличающихся низкой усообразующей способностью, в настоящий момент применяют технологию клонального микроразмножения [8—12]. Данная технология обладает рядом преимуществ [8; 12] и состоит из нескольких этапов: введение в

культуру *in vitro*, собственно микроразмножение, укоренение и адаптация [8; 11; 12]. Размноженные таким способом растения существенно отличаются от тех, которые были получены традиционным путем [13]. Одной из слабых сторон методики клонального микроразмножения является этап адаптации растений к нестерильным условиям, которая проводится в теплицах, в условиях повышенной влажности и пониженной освещенности [13; 14], что в свою очередь может спровоцировать развитие грибковой инфекции на поверхности субстрата и тем самым привести к полной или частичной гибели растений.

Адаптационный период сопровождается развитием корневой системы и формированием мощного листового аппарата, обеспечивающего нормальную транспирацию и фотосинтез. Исследования многих авторов указывают, что на данном этапе важна не только интенсивность освещения, но и качественный состав света, поскольку именно свет является важным регуляторным фактором морфогенеза, в том числе указанных выше процессов корнеобразования и формирования надземной части [8; 13; 15].

В настоящее время для искусственного освещения используются различные источники света, однако наиболее перспективными являются светодиодные облучатели. Данные технологии позволяют разрабатывать осветители с заданной мощностью и необходимым — для каждой конкретной культуры — спектральным составом, в том числе регулируемым. Кроме того, LED-облучатели имеют направленный поток светового излучения, отделенный от теплового, не содержат загрязняющих окружающую среду веществ и позволяют существенно снизить расход электроэнергии [15—20].

Целью данной работы было выявить воздействие светодиодного освещения различного спектрального состава на процессы укоренения и адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. к нестерильным условиям.

**Материалы и методы исследований.** Объектом изучения служили растения-регенеранты земляники садовой ремонтантного гибрида Мерлан. Исследования проводились на базе лаборатории кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии учреждения образования «Барановичский государственный университет». Для изучения особенностей укоренения в работе использовались меристемные растения земляники садовой. Укоренение микророзеток проводили в течение 30 дней на модифицированной питательной среде по прописи Мурасиге—Скуга половинного состава ( $1/2$  MS). Условия культивирования были следующими: температура  $+20—25^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха — 70 %, световой день 16 ч. После формирования корневой системы *in vitro* растения пересаживались в пластмассовые горшки объемом 0,5 л с универсальным торфяным грунтом.

Перед посадкой растения пинцетом доставали из культурального сосуда, корневую систему тщательно отмывали водопроводной водой от остатков питательной среды, на несколько секунд помещали в слабый раствор перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ) и затем высаживали их в предварительно увлажненный и пролитый раствором  $\text{KMnO}_4$  почвенный грунт. В каждый горшок высаживали по одному растению, имеющему хорошо развитую корневую и надземную систему. Для сохранения влажности субстрата горшок накрывали пищевой пленкой в один слой. Дальнейшее развитие растений проходило в адаптационной комнате в течение 30 суток при тех же условиях. По мере отрастания растений и появления новых листьев делали небольшое вентиляционное отверстие в пищевой пленке. На этапе адаптации к почвенным условиям молодые растения поливали солевым раствором  $1/2$  MS по мере необходимости, так как на приживаемость растений губительно влияет как высыхание почвы, так и ее переувлажнение. Через 30 суток окрепшие растения полностью открывали и оставляли в условиях адаптационной комнаты.

Досветку опытных растений осуществляли светодиодными осветителями TL-PROM FITO с плотностью потока фотонов  $250 \text{ мкмоль} / \text{м}^2\text{с}$  со следующими пропорциями спектра:

вариант 1 — 730 нм — 13 %, 660 нм — 17 %, 450 нм — 70 % (синий); вариант 2 — 730 нм — 13 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 50 % (белый); вариант 3 — 730 нм—58 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 29 % (красный). В качестве контроля использовали люминесцентные лампы белого света Cool Daylight (765 нм) марки OSRAM с мощностью напряжения 36 Вт.

У растений исследовались следующие биометрические показатели: количество корней 1-го и 2-го порядка, длина корневой системы, высота розетки, количество листьев, сырая и сухая масса наземной и подземной частей растений.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы MS Excell 2007. В таблицах приведены средние значения со стандартными ошибками. Также для сравнения данных с контрольным вариантом использовался двухвыборочный *t*-тест с учетом дисперсий, достоверно отличающиеся данные отмечены знаком «\*».

**Результаты исследований и их обсуждение.** На первом этапе было изучено влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре *in vitro* (таблица 1).

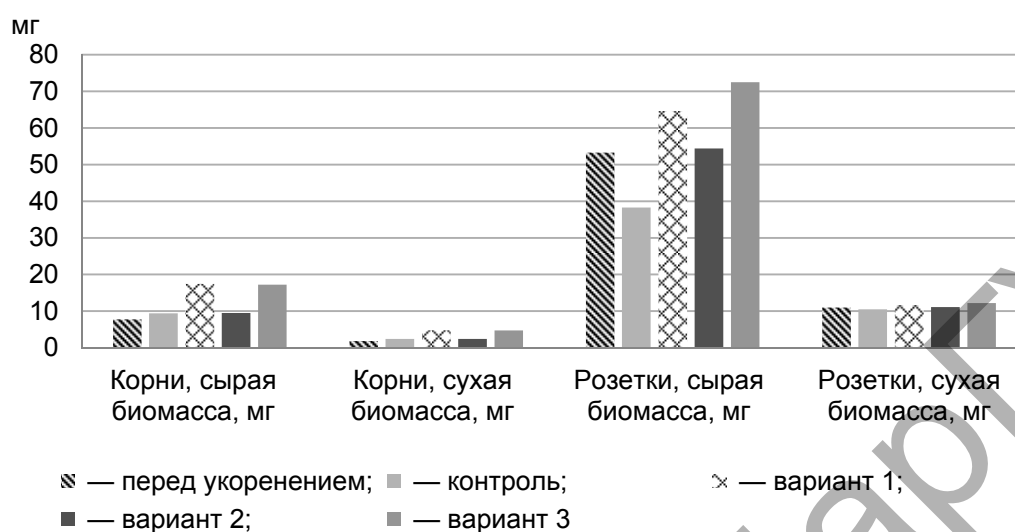
Согласно полученным данным, растения, культивируемые под светодиодным освещением, не уступают по морфометрическим показателям растениям, выращенным под люминесцентными лампами. При этом светодиодное освещение с большими долями синего и красного спектров (вариант 1 и вариант 3 соответственно) способствует росту корней как первого, так и второго порядка, а также увеличению их длины по сравнению с контрольным и белым светодиодным освещением (вариант 2). Полученные результаты соотносятся с литературными данными, согласно которым синий свет способствует развитию корневой системы [15; 21—23].

При анализе показателей сырой и сухой биомассы растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. на этапе укоренения в культуре *in vitro* (рисунок 1) были получены сходные закономерности. Растения, выращенные под светодиодным освещением с большей долей синего и красного света (вариант 1 и вариант 3 соответственно), характеризуются более высокой биомассой как надземной, так и подземной частей растения.

Т а б л и ц а 1. — Влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре *in vitro*, \* — значения достоверно отличаются от контрольных

T a b l e 1. — The effect of different spectral composition LED light on the biometric features of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants-regenerants growing under laboratory conditions at the stage of rooting in culture *in vitro*, \* — values are significantly different from the control

Вариант	Количество корней 1-го порядка, шт.	Количество корней 2-го порядка, шт.	Длина корневой системы, см	Высота розетки, см	Количество листьев, шт.
Перед укоренением	5,6 ± 0,69	4,6 ± 1,65	2,3 ± 0,43	3,1 ± 0,14	11,1 ± 1,03
Контроль	7,4 ± 1,23	2,8 ± 1,01	1,6 ± 0,15	3,0 ± 0,19	11,6 ± 1,26
Вариант 1	8,5* ± 0,82	8,4* ± 1,89	4,4* ± 0,44	3,2 ± 0,37	12,6 ± 1,1,0
Вариант 2	6,6 ± 0,60	2,1 ± 0,91	1,9 ± 0,33	2,7 ± 0,25	11,5 ± 1,05
Вариант 3	8,9* ± 1,61	4,6* ± 1,61	2,3* ± 0,35	3,0 ± 0,30	12,4 ± 1,59



**Рисунок 1.** — Биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре *in vitro*: перед укоренением — растения на искусственной питательной среде *in vitro* под люминесцентными лампами; контроль — люминесцентные лампы белого света Cool Daylight (765 нм)

**Figure 1.** — Biometric features of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants-regenerants at the stage of rooting in culture *in vitro*: before rooting — plants on an artificial nutrient medium *in vitro* under fluorescent lamps; control — fluorescent lamps of white light Cool Daylight (765 nm)

*Примечание.* Здесь и далее в рисунках 2, 3: вариант 1 — светодиодный осветитель со спектром 730 нм — 13 %, 660 нм — 17 %, 450 нм — 70 % (синий); вариант 2 — светодиодный осветитель со спектром 730 нм — 13 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 50 % (белый); вариант 3 — светодиодный осветитель со спектром 730 нм — 58 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 29 % (красный).

Hereinafter in the figures variant 1 — LED lamp with a spectrum of 730 nm — 13 %, 660 nm — 17 %, 450 nm — 70 % (blue); variant 2 — LED lamp with a spectrum of 730 nm — 13 %, 660 nm — 37 %, 450 nm — 50 % (white); variant 3 — LED lamp with a spectrum of 730 nm — 58 %, 660 nm — 37 %, 450 nm — 29 % (red).

Таким образом, установлено, что на этапе ризогенеза *in vitro* земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. ремонтантного гибрида Мерлан эффективно использовать LED-облучатели с большей долей синего света в спектре излучения, который способствует развитию корневой системы и общему увеличению биомассы растений.

При последующей пересадке растений в торфяной грунт *ex vitro* и выращивании в нестерильных условиях нами были подтверждены полученные закономерности: светодиодное освещение обеспечивает развитие растений-регенерантов земляники садовой, не уступающее по своим морфометрическим параметрам растениям, выращенным под люминесцентными лампами. Выявлена положительная зависимость показателей укоренения от доли синего спектра в свете излучения светодиодных облучателей при адаптации растений к нестерильным условиям [24]. Результаты исследований представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

В процессе адаптации к нестерильным условиям увеличилось число корней первого порядка у всех вариантов. При этом количество корней 2-го порядка даже несколько уменьшилось. Это, вероятно, связано с тем, что эти корни отмерли при первоначальной

Т а б л и ц а 2. — Влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на этапе адаптации к нестерильным условиям, \* — значения достоверно отличаются от контрольных

T a b l e 2. — The effect of different spectral composition LED light on the biometric features of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants-regenerants growing under laboratory conditions at the stage of adaptation to non-sterile conditions, \* — values are significantly different from the control

Вариант	Количество корней 1-го порядка, шт.	Количество корней 2-го порядка, шт.	Длина корневой системы, см	Высота розетки, см	Количество листьев, шт.
Перед адаптацией	8,9 ± 1,00	0	3,0 ± 0,42	2,8 ± 0,21	9,3 ± 0,75
Контроль	12,8 ± 0,86	1,0 ± 0,63	3,7 ± 0,45	5,2 ± 0,36	10,0 ± 1,64
Вариант 1	11,3 ± 1,11	5,4* ± 1,55	4,0 ± 0,39	4,3 ± 0,48	14,1* ± 1,03
Вариант 2	9,0* ± 0,71	1,0 ± 0,58	3,3 ± 0,35	5,18 ± 0,24	12,0 ± 0,83
Вариант 3	10,9 ± 1,13	5,6* ± 2,02	3,0 ± 0,35	4,0 ± 0,38	11,8 ± 1,58

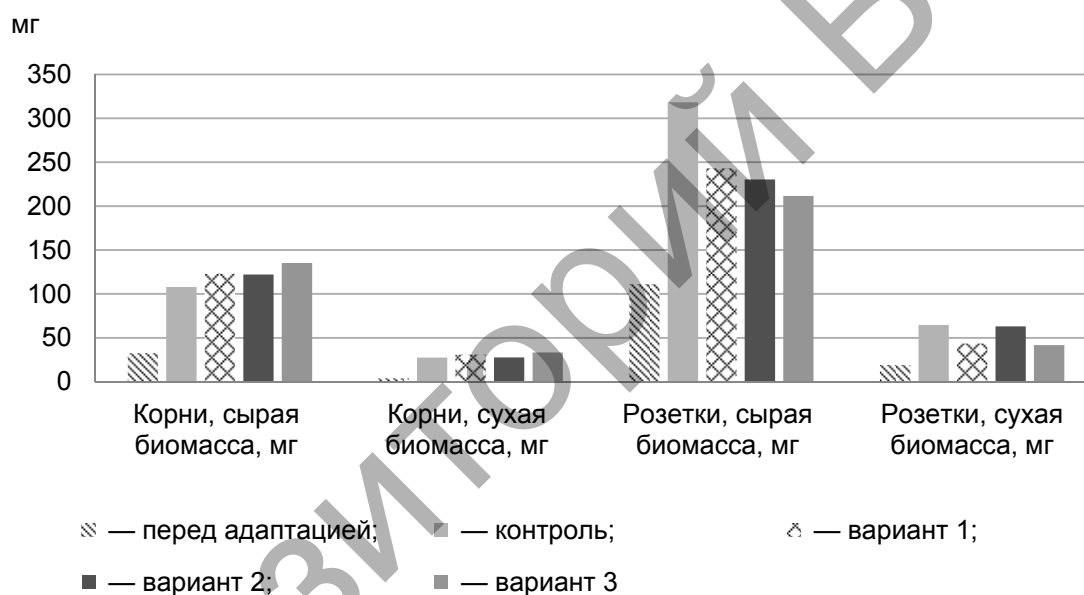


Рисунок 2. — Биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) на этапе адаптации к нестерильным условиям: перед адаптацией — растения на искусственной питательной среде *in vitro* под люминесцентными лампами; контроль — люминесцентные лампы белого света Cool Daylight (765 нм)

Figure 2. — Biometric features of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants-regenerants at the stage of adaptation to non-sterile conditions: before adaptation — plants on an artificial nutrient medium *in vitro* under fluorescent lamps; control — fluorescent lamps of white light Cool Daylight (765 нм)

адаптации к новому типу субстрата. Однако увеличение общего числа корней говорит, что растения успешно адаптируются за счет образования новых корней. Существенный прирост длины корневой системы можно отметить только для контрольного варианта и варианта 1, который характеризуется большей долей синего света. Высота розетки также значительно увеличилась во всех вариантах, при этом наибольшие значения данного параметра характерны для контрольного варианта ( $5,2 \pm 0,36$  см) и варианта 2 ( $5,18 \pm 0,24$  см)

с близкими спектральными составами (соотношение красной области спектра к синей — 1:1). При этом максимальное количество листьев сформировалось у растений-регенерантов, выращиваемых в условиях первого варианта освещения ( $14,1 \pm 1,03$  шт.). Кроме того, увеличение доли синего спектра света также способствует морфогенезу листового аппарата, при этом растения варианта 3 отличались меньшей высотой розетки ( $4,0 \pm 0,38$  см).

На рисунке 2 представлены данные о сырой и сухой биомассе растений-регенерантов земляники садовой после адаптации в течение 30 дней в условиях *ex vitro*. Полученные данные хорошо согласуются с морфометрическими параметрами. Так, существенное увеличение как сырой, так и сухой биомассы наблюдалось у всех биологических объектов под всеми экспериментальными вариантами освещения. При этом несколько больший сырой вес корней отмечался у растений-регенерантов, культивируемых под светодиодным освещением, в сравнении с контрольной группой. Однако наибольшая сырая и сухая масса надземной части микрорастений, напротив, отмечалась для контрольных растений. При этом по сухой массе лидировали варианты с соотношением красной части спектра к синей 1:1 — контроль (64,7 мг) и вариант 2 (63,1 мг).

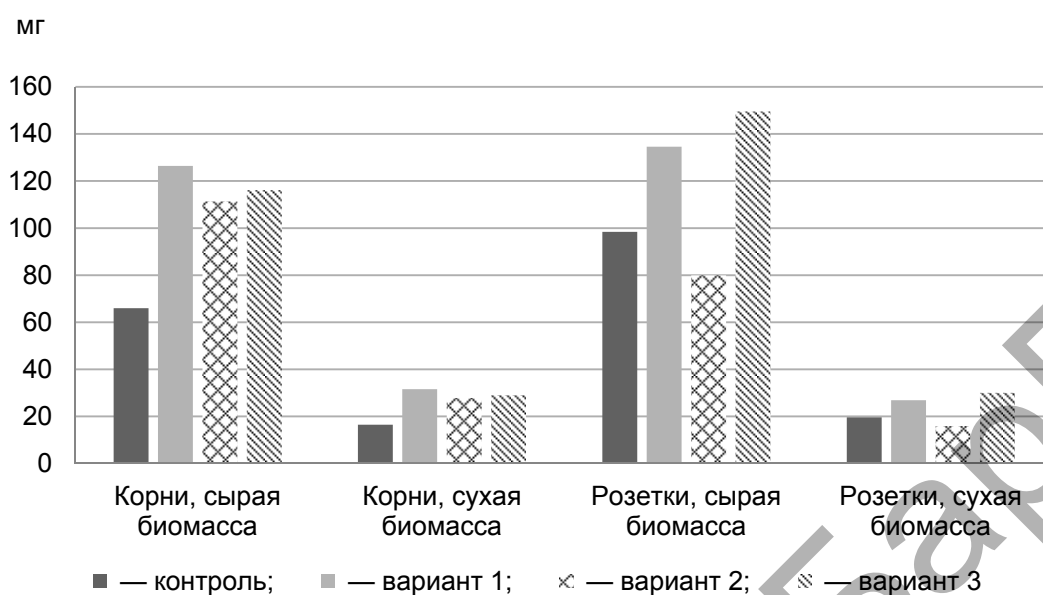
Спустя 30 дней растения-регенеранты земляники садовой постепенно адаптировали к лабораторным условиям с более низкой влажностью. У растений были измерены вышеуказанные биометрические показатели (таблица 3 и рисунок 3). Количество корней первого порядка и длина корневой системы в ходе вегетации растений-регенерантов в лабораторных условиях достоверно не изменились, что характерно для всех вариантов освещения. Тем не менее, количество корней 2-го порядка увеличилось во всех вариантах, а особенно в контрольном ( $7,0 \pm 3,61$  шт.) и варианте с белым светом ( $15,0 \pm 2,64$  шт.). Полученные данные говорят, что дальнейшее развитие корневой системы, после адаптации растений к нестерильным условиям, идет не за счет образования новых корней 1-го порядка, а за счет ветвления уже имеющихся. Увеличение объема корневой системы растений наиболее активно протекает в условиях белого светодиодного освещения.

Строение микророзетки в ходе адаптации к новым условиям среды также претерпело значительные изменения. Листья растений-регенерантов, образованные в культуральном сосуде, пожухли, однако на их месте образовались новые, с характерной для земляники тройчатой формой. В силу этого количество листьев сократилось по сравнению с предыдущим этапом для всех вариантов, особенно для варианта 1. Вместе с тем, достоверных различий между вариантами на данном выявить этапе не удалось. Высота розетки также несколько уменьшилась во всех вариантах, что связано с образованием новых листьев, которые имеют более толстые и короткие черешки.

Т а б л и ц а 3. — Влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) при выращивании в лабораторных условиях, \* — значения достоверно отличаются от контрольных

T a b l e 3. — The effect of different spectral composition LED light on the biometric features of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) plants-regenerants growing under laboratory conditions, \* — values are significantly different from the control

Вариант	Количество корней 1-го порядка, шт.	Количество корней 2-го порядка, шт.	Длина корневой системы, см	Высота розетки, см	Количество листьев, шт.
Контроль	$12,6 \pm 3,06$	$7,0 \pm 3,61$	$3,0 \pm 0,81$	$3,7 \pm 0,61$	$8,0 \pm 2,0$
Вариант 1	$8,0 \pm 1,73$	$6,0 \pm 1,73$	$3,9 \pm 0,51$	$3,3 \pm 0,76$	$7,7 \pm 1,15$
Вариант 2	$8,0 \pm 1,0$	$15,0^* \pm 2,64$	$3,6 \pm 0,80$	$3,9 \pm 0,25$	$6,3 \pm 1,52$
Вариант 3	$10,0 \pm 1,73$	$5,0 \pm 1,00$	$2,8 \pm 0,25$	$3,6 \pm 0,29$	$6,0 \pm 1,0$



**Рисунок 3. — Биометрические показатели растений — регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в лабораторных условиях: контроль — люминесцентные лампы белого света Cool Daylight (765 нм)**

**Figure 3. — Biometric features of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants-regenerants under laboratory conditions: control — fluorescent lamps of white light Cool Daylight (765 nm)**

На рисунке 3 представлены средние значения сырой и сухой биомассы растений-регенерантов после 30 дней выращивания в лабораторных условиях. Как видно из представленных данных, у растений земляники садовой в контрольном варианте значительно уменьшилась как сухая, так и сырая биомасса. В то же время у растений под светодиодным освещением биомасса корней значимых изменений не претерпела, а масса розеток снизилась, что можно объяснить отмиранием старых и образованием на их месте новых листьев. При этом стоит отметить, что увеличение доли синего спектра света стимулирует развитие корневой системы, а красного — листьев, хотя на первом этапе адаптации в условиях повышенной влажности развитие листового аппарата шло более активно под LED-облучателями с большей долей синего спектра света.

**Заключение.** Экспериментально установлено, что свет искусственных диодов может быть успешно использован на этапе укоренения и адаптации растений-регенерантов земляники садовой ремонтантного гибрида Мерлан.

На этапе ризогенеза в условиях *in vitro* синий свет стимулирует корнеобразование и увеличение биомассы. Увеличение доли синего спектра света при переносе растений в нестерильные условия *ex vitro* с повышенной влажностью также способствовало развитию корневой системы, как за счет увеличения длины, так и количества корней. Вероятно, на фоне более развитой корневой системы растения-регенеранты при таком освещении сформировали большее количество листьев по сравнению с контролем. Однако большее накопление сухой биомассы наблюдалось у групп растений, культивируемых под белым светодиодным и люминесцентным освещением. Последующее выращивание растений в условиях постепенного снижения влажности также подтверждает эффективность использования светодиодного освещения по сравнению с люминесцентным. В данном случае бо-

лее выражено положительное воздействие синего света на корневую систему, а красного спектра — на накопление биомассы надземной части. Полученные данные могут быть использованы при разработке режима освещения на основе светодиодов для растений-регенерантов земляники садовой, что обеспечит лучшую адаптацию микроклонов к нестерильным условиям и снизит расходы на электроэнергию.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Б18М-147).

#### Список цитируемых источников

1. Криворот, А. М. Влияние способа содержания почвы на лежкоспособность ягод земляники садовой / А. М. Криворот, Г. А. Новик // Теория и практика современного ягодоводства: от сорта до продукта : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 16—18 июля 2014 г. / РУП «Ин-т плодородия». — Самохваловичи, 2014. — С. 233—237.
2. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники / М. Ю. Акимов [и др.] // Вопросы питания. — 2019. — № 88 (2). — С. 64—72.
3. Говорова, Г. Ф. Земляника: прошлое, настоящее, будущее / Г. Ф. Говорова, Д. Н. Говоров. — М. : Росинформагротех, 2004. — 348 с.
4. Kähkönen, M. P. Berry phenolics and their antioxidant activity / M. P. Kähkönen, A. I. Hopia, M. Heinonen // J. Agricult. Food Chem. — 2001. — Vol. 49. — P. 4076—4082.
5. Da Silva, F. L. Anthocyanin pigments in strawberry / F. L. Da Silva, M. T. Escribano-Bailon, J. Alonso // LWT — Food Sci. and Technol. — 2007. — Vol. 40 (2). — P. 374—382.
6. Фитофтороз земляники / И. Н. Александров [и др.] // Защита и карантин растений. — 2007. — № 5. — С. 32—35.
7. Комплексная устойчивость сортов земляники к болезням и вредителям / Г. Ф. Говорова [и др.] // Защита и карантин растений. — 2012. — № 9. — С. 23—24.
8. Никонович, Т. В. Биотехнология в растениеводстве : курс лекций / Т. В. Никонович, А. Н. Иванистов, В. В. Французёнок. — Горки : БГСХА, 2017. — 84 с.
9. Микроклональное размножение земляники садовой / О. В. Мацнева [и др.] // Селекция и сорторазведение садовых культур. — 2017. — Т. 4, № 1—2. — С. 93—96.
10. Мацнева, О. В. Оптимизация сроков введения земляники в культуру *in vitro* [Электронный ресурс] / О. В. Мацнева, Л. В. Ташматова // Современное садоводство. — 2018. — № 2 (26). — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-srokov-vvedeniya-zemlyaniki-v-kulturu-invitro> — Дата доступа: 19.06.2019.
11. Шпак, М. Ю. Метод культуры *in vitro* как перспективный способ сохранения редких видов и получения высококачественного, оздоровленного посадочного материала культурных растений / М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская, Е. А. Маркова // Содружество наук. Барановичи — 2017 : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, г. Барановичи, 18—19 мая 2017 г. — Барановичи : БарГУ, 2018. — С. 180.
12. Линник, Т. А. Повышение эффективности способов размножения сортов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.), характеризующейся низкой усообразующей способностью : дис. ... канд. с/х наук : 06.01.05 / Т. А. Линник ; ФГБНУ ВНИИО. — М., 2014. — 141 л.
13. Кутас, Е. Н. Адаптация регенерантов интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной, регенерированных в культуре *in vitro*, к условиям *ex vitro* / Е. Н. Кутас // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы : материалы Респ. науч.-практ. конф. (17 авг. 2012 г., Минск, Беларусь). — Минск, 2012. — С. 29—35.
14. Бородулина, И. Д. Адаптация растений-регенерантов земляники садовой сорта Московский деликатес к условиям *ex vitro* / И. Д. Бородулина, Т. В. Плаксина // Acta Biologica Sibirica. — 2015. — No 1-2. — С. 74—84.
15. Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2018. — Т. 63, № 2. — С. 35—41.
16. Исследование влияние светодиодного освещения на рост и развитие растений / А. Ю. Хомяков [и др.] // Электронные средства и системы управления. — 2015. — № 1. — С. 259—262.
17. Yeh, N. Light-emitting diodes' light qualities and their corresponding scientific applications / N. Yen, T. J. Ding, P. Yeh // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — Vol. 51. — P. 55—61.

18. Gupta, S. D. Fundamentals and applications of light emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis / S. D. Gupta, B. Jatothu // Plant Biotechnology Reports. — 2013. — Vol. 7. — P. 211—220.
19. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light emitting diodes (LEDs) / D. T. Nhut [et al.] // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. — 2003. — Vol. 73 (1). — P. 43—52.
20. LED light for in vitro and ex vitro efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) / C. D. Hung [et al.] // Acta Physiologia Plantarum. — 2016. — Vol. 38. — P. 152.
21. Шпак, М. Ю. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в культуре in vitro при различном освещении / М. Ю. Шпак, Т. В. Никонович / Вестник БГСХА. — 2015. — № 3. — С. 73—78.
22. Шпак, М. Ю. Изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в культуре in vitro / М. Ю. Шпак // Техника и технологии: инновации и качество : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Барановичи, 19 дек. 2017 г. — Барановичи : БарГУ, 2018. — 176 с.
23. Высоцкий, В. А. Спектральный состав света как регуляторный фактор при клональном микро-размножении ягодных растений / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ. — М. : ВСТИСП, 2016. — Т. XXXIV. — С. 126—130.
24. Мороз, Д. С. Влияние света светодиодных осветителей различного спектрального состава на адаптацию растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria × Ananassa* Duch. к нестерильным условиям / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская // Перспективы развития науки в современном мире : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 7 марта 2019 г.). — Уфа : Дендра, 2019. — С. 101—107.

#### References

1. Krivorot A. M., Novik G. A. Vliyaniye sposoba soderzhaniya pochvy na lezhkosposobnost' yagod zemlyaniki sadovoy [Teoriya i praktika sovremennogo yagodovodstva: ot sorta do produkta: materialy mezhdunar. nauch. konf., Samokhvalovich, 16-18 iyulya 2014 g.]. RUP "In-t plodovodstva", Samokhvalovich, 2014. P. 233—237.
2. Akimov M. Y. [et. al] Pishchevaya tsennost plodov perspektivnykh sortov zemlyaniki [Voprosy pitaniya] 2019. No 88 (2). P. 64—72.
3. Govorova G. F., Govorov D. N. Zemlyanika: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye. M.: FGNU Rosinformagrotekh, 2004. 348 p.
4. Kähkönen M. P., Hopia A. I., Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity // J. Agricult. Food Chem., 2001. Vol. 49. P. 4076—4082.
5. Da Silva F. L., Escribano-Bailon M. T., Alonso J. Anthocyanin pigments in strawberry // LWT Food Sci. and Technol. 2007. Vol 40(2). P. 374—382.
6. Aleksandrov I. N. [et al.]. Fitoftoroz zemlyaniki [Zashchita i karantin rasteniy]. 2007. № 5. Pp. 32—35.
7. Govorova G. F., Govorov D. N., Govorov V. N., Bulanov A. Y. Kompleksnaya ustoychivost' sortov zemlyaniki k boleznyam i vreditelyam // Zashchita i karantin rasteniy. 2012. No 9. P. 23—24.
8. Nikonovich T. V., Ivanistov A. N., Frantsuzonok V. V. Biotekhnologiya v rasteniyevodstve: kurs lektsiy [Gorki : BGSKHA]. 2017. 84 p.
9. Matsneva O. V., Tashmatova L. V., Orlova N. Y., Shakhov V. V. Mikroklonal'noye razmnozheniye zemlyaniki sadovoy [Selektsiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur.]. 2017. Vol. 4, № 1—2. P. 93—96.
10. Matsneva O. V., Tashmatova L. V. Optimizatsiya srokov vvedeniya zemlyaniki v kul'turu in vitro [Electronic resource] // Sovremennoye sadovodstvo. 2018. No 2 (26). Mode of access: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-srokov-vvedeniya-zemlyaniki-v-kulturu-invitro>. Data of access: 19.06.2019.
11. Shpak M. Y., Petrovskaya E. A., Markova E. A. Metod kul'tury in vitro kak perspektivnyy sposob sokhraneniya redkikh vidov i polucheniya vysokokachestvennogo, ozdorovlennogo posadochnogo materiala kul'turnykh rasteniy [XIII Mezhdunarodnaya nauchno prakticheskaya konferentsiya molodykh issledovatelye "Sodruzhestvo nauk. Baranovich — 2017", g. Baranovich, 18—19 maya 2017 g.]. 2017. P. 180.
12. Linnik T. A. Povysheniye effektivnosti sposobov razmnozheniya sortov zemlyaniki sadovoy (*Fragaria × ananassa* Duch.), kharakterizuyushchiysya nizkoy usobrazuyushchey sposobnost'yu : dis. na soisk. uchen. step. kand. sel'khoz. nauk (06.01.05) [FGBNU VNIIO]. Moscow, 2014. 141 p.
13. Kutas E. N. Adaptatsiya regenerantov introdutsirovannykh sortov golubiki vysokoy i brusniki obyknovennoy, regenerirovannykh v kul'ture in vitro, k usloviyam ex vitro [Golubikovodstvo v Belarusi: itogi i perspektivy. Materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (17 avgusta 2012 g., Minsk, Belarus')]. Minsk, 2012. P. 29—35.
14. Borodulina I. D., Plaksina T. V. Adaptatsiya rasteniy-regenerantov zemlyaniki sadovoy sorta moskovskiy delikates k usloviyam ex vitro // Acta Biologica Sibirica. 2015. No 1-2. P. 74—84.

15. Markova M. G., Somova E. N. Vliyaniye pitatel'noy sredy i spektral'nogo sostava sveta na razmnozheniye zemlyaniki *in vitro* // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2018. T. 63. No 2. P. 35—41.
16. Khomyakov A. Y., Tuyev V. I., Gasanova T. T., Neznamova E. G. Issledovaniye vliyaniye svetodiodnogo osveshcheniya na rost i razvitiye rasteniy // Elektronnyye sredstva i sistemy upravleniya. 2015. No 1. P. 259—262.
17. Yen N., Ding T. J., Yeh P. Light-emitting diodes' light qualities and their corresponding scientific applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 51. P. 55—61.
18. Gupta S. D., Jatothu B. Fundamentals and applications of light emitting diodes (LEDs) in *in vitro* plant growth and morphogenesis // Plant Biotechnology Reports. 2013. Vol. 7. P. 211—220.
19. Nhut D. T. [et al.]. Responses of strawberry plantlets cultured *in vitro* under superbright red and blue light emitting diodes (LEDs) // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2003. Vol. 73 (1). P. 43—52.
20. Hung C. D. [et al.]. LED light for *in vitro* and *ex vitro* efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // Acta Physiologia Plantarum. 2016. Vol. 38. P. 152.
21. Shpak M. Y., Nikonovich T. V. Osobennosti razvitiya rasteniy-regenerantov zemlyaniki sadovoy (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) v kul'ture *in vitro* pri razlichnom osveshchenii // Vestnik BGSKHA, 2015. No 3. P. 73—78.
22. Shpak M. Y. Izucheniye vliyaniya sveta iskusstvennykh diodov razlichnogo spektral'nogo sostava na rizogenez zemlyaniki sadovoy (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) v kul'ture *in vitro* [Tekhnika i tekhnologii: innovatsii i kachestvo. Materialy IV Mezhd. nauch.-prakt. konf., g. Baranovichi, 19 dek. 2017 g.]. 2018. P. 176.
23. Vysotskiy V. A. Spektral'nyy sostav sveta kak regul'yatornyy faktor pri klonal'nom mikrorazmnozhenii yagodnykh rasteniy [Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. rabot]. M.: VSTISP. 2016. T. XXXIV. P. 126—130.
24. Moroz D. S., Shpak M. Y., Petrovskaya E. A. Vliyaniye sveta svetodiodnykh osvetiteley razlichnogo spektral'nogo sostava na adaptatsiyu rasteniy-regenerantov zemlyaniki sadovoy *Fragaria* × *Ananassa* Duch. k nesteril'nyim usloviyam [Perspektivy razvitiya nauki v sovremennom mire: Sbornik statey po materialam XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (7 marta 2019, Ufa)]. Ufa: Dendra, 2019. P. 101—107.

The article presents data on different composition LED lighting effect on the regenerated strawberry plants adaptation to non-sterile conditions. It was shown that LED light can be successfully used at the stage of rooting and adaptation of strawberry plants-regenerants remontant hybrid Merlan. At the stage of rhizogenesis *in vitro*, blue light stimulates root formation and biomass increase. The increase in the share of the blue light spectrum, when transferring plants to non-sterile *ex vitro* conditions with high humidity, also contributed to the development of the root system, both by increasing the length and number of roots. Probably, against the background of a more developed root system, regenerated plants under such illumination formed a larger number of leaves as compared with the control. The subsequent cultivation of plants under conditions of a gradual decrease in humidity also confirms the efficiency of using LED lighting in comparison with a fluorescent lamp. However, the positive effect of blue light on the root system is more pronounced, and the red spectrum effect is more significant for the aerial part biomass accumulation.

The research was supported by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (agreement No B18M-147).

Поступила в редакцию 02.07.2019