

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*) НА ЭТАПЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

**Е. В. ПОУХ, Т. П. КОБРИНЕЦ, О. С. ИВАНОВА**

РУП «Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция  
Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Пружаны, Республика Беларусь, 225133, e-mail: elena.v.poukh@yandex.by

(Поступила в редакцию 09.06.2023)

*В статье представлены результаты исследований за 2021–2022 гг. по изучению влияния фитоламп с различным спектральным составом света на длину рожка, количество листьев, коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой на пяти пассажах. Исследования проводились в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в лабораторных условиях с сортами земляники садовой Азия, Альба, Флоренс. Установлена зависимость ( $p < 0,001$ ) длины рожка, количества листьев сортов земляники садовой от спектрального состава света, сортовых особенностей и от совместного действия этих двух факторов. В ходе исследований установлено преимущество влияния на длину рожка растений-регенерантов земляники садовой спектрального состава света «полный спектр»  $5,8 \pm 1,00$  мм, «красный, синий»  $5,7 \pm 0,04$  мм на втором пассаже, «красный, синий»  $6,1 \pm 0,08$  мм на третьем пассаже, «полный спектр»  $6,3 \pm 0,55$  мм, «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет»  $6,6 \pm 0,16$  мм, «красный, синий»  $6,4 \pm 0,06$  мм на четвертом пассаже, «полный спектр»  $7,1 \pm 0,04$  мм на пятом пассаже у сорта Альба. А также спектрального состава света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет»  $6,7 \pm 0,24$  мм и  $7,1 \pm 0,31$  мм у сортов Азия и Флоренс соответственно. Установлено преимущество влияния на количество листьев спектрального состава света «красный, синий»  $6,3 \pm 0,11$  шт. на втором пассаже,  $7,3 \pm 0,82$  шт. на третьем,  $6,08 \pm 1,77$  шт. на пятом пассаже у сорта Азия. Лучший коэффициент размножения на третьем-пятом пассажах был при спектральном составе света «полный спектр» у сорта Флоренс  $1,9 \pm 0,11$ ,  $5,3 \pm 0,06$ ,  $4,3 \pm 0,13$  и статистически значимо отличался от других вариантов.*

**Ключевые слова:** земляника садовая, длина рожка, количество листьев, коэффициент размножения, растения-регенеранты, *in vitro*, спектральный состав.

*The article presents the results of studies for 2021–2022 of the influence of phytolamps effects with different spectral composition of light on crown branch length, number of leaves, propagation rate of garden strawberry regenerated plants in five passages. The research was carried out in the fruit growing Department of RUE «Brest OSHOS NAS of Belarus» under laboratory conditions with garden strawberry varieties Asia, Alba, Florence. The dependence ( $p < 0.001$ ) of the crown branch length and the number of leaves of garden strawberry varieties on the spectral composition of light, varietal characteristics and on the combined action of these two factors was established. During the studies we established the advantage of the influence on the crown branch length of garden strawberry regenerated plants of the spectral composition of light «full spectrum»  $5.8 \pm 1.00$  mm, «red, blue»  $5.7 \pm 0.04$  mm in the second passage, «red, blue»  $6.1 \pm 0.08$  mm at the third passage, «full spectrum»  $6.3 \pm 0.55$  mm, «red, blue, infrared, ultraviolet»  $6.6 \pm 0.16$  mm, «red, blue»  $6.4 \pm 0.06$  mm at the fourth passage, «full spectrum»  $7.1 \pm 0.04$  mm at the fifth passage in the variety Alba. As well as the spectral composition of light «red, blue, infrared, ultraviolet»  $6.7 \pm 0.24$  mm and  $7.1 \pm 0.31$  mm in varieties Asia and Florence respectively. The effect of «red, blue» light spectral composition  $6.3 \pm 0.11$  units in the second passage,  $7.3 \pm 0.82$  units in the third passage,  $6.08 \pm 1.77$  units in the fifth passage in the variety Asia was found to be advantageous in the number of leaves. The best propagation rate in the third to fifth passages was at «full spectrum» light spectral composition in varieties Florence  $1.9 \pm 0.11$ ,  $5.3 \pm 0.06$ ,  $4.3 \pm 0.13$  and it was showing statistically significant difference from other variants.*

**Key words:** garden strawberry, crown branch length, number of leaves, propagation rate, regenerated plants, *in vitro*, spectral composition.

### Введение

Свет, как важнейший фактор для фотосинтеза и развития растений, оказывает влияние на рост, морфологию, плодоношение растений. Управляя параметрами и характеристиками света, существует возможность оказывать влияние на вышеперечисленные качества растений. Основными характеристиками света, влияющими на развитие растений, являются спектральный состав, интенсивность, изменение спектрального состава [7, 10].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что среди факторов культивирования большое значение имеет спектральный состав света. На сегодняшний день, перспективным направлением является использование светодиодного освещения для культивирования растений в условиях *in vitro* [12].

Известно, что развитие растительных объектов в условиях *in vitro* значительно отличается в зависимости от их культивирования при различном светодиодном освещении. Что происходит с генетическим аппаратом таких объектов и как это в дальнейшем влияет на физиологическое развитие растений неизвестно [3]. Существующие методики клонального микро размножения требуют совершенствования с учетом применения современных ресурсосберегающих технологий на основе света искусственных диодов. Эффективность светодиодных установок обусловлена их высокой светоотдачей, отсутствием теплового и ультрафиолетового излучения, энергоемкостью и длительностью работы. Актуальность исследований состоит в том, что корректировка качественного и количественного состава света необходима на каждом этапе технологии получения безвирусного посадочного материала, так как действие света способно контролировать и направлять морфофизиологические процессы, протекающие в растительном организме [11]. Новые технологии позволяют разрабатывать осветители с необходимым спектральным составом для конкретной культуры [4, 5].

Исследования по изучению влияния спектрального состава света являются перспективными и актуальными для изучения. Использование ламп различного спектрального состава может разнонаправлено влиять на процесс ризогенеза плодовых и ягодных культур при клональном микроразмножении, как повышая его, так и снижая [1]. В Барановичском государственном университете было экспериментально установлено, что синий свет стимулирует корнеобразование и увеличение биомассы земляники садовой в условиях *in vitro* и *ex vitro* [6, 8].

Известно, что на этапе собственно микроразмножения, или пролиферации всех культур главным является увеличение коэффициента размножения. На пролиферацию земляники садовой существенное влияние оказывает как питательная среда, так и спектральный состав облучателей [5].

Целью нашего исследования было изучение влияния различного спектрального состава света на морфометрические показатели, сортовые различия растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*.

#### Основная часть

Работа проводилась в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. в лабораторных условиях. Объекты исследований – растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

В качестве экспериментальных источников освещения использовали фитолампы с различным спектральным составом света: лампа светодиодная белого цвета – контроль, 40 Вт; светильник светодиодный (полный спектр), 21,5 Вт; светильник светодиодный (сине-красный спектр: красный 660 нм, синий 430 нм, инфракрасный 730 нм, ультрафиолетовый 400 нм, 14 Вт); светильник светодиодный (красно-синий спектр 5:1: красный 650 нм, синий 450 нм, 15 Вт); фито светильник светодиодный (красный 610–650 нм, синий 450–465 нм, оранжевый 610–620 нм), 18 Вт.

Для культивирования растений-регенерантов использовали питательную среду Мурасиге-Скуга по основному составу с добавлением бензиладенина (БА) в концентрации 0,5 мг/л, индолилмасляной кислоты (ИМК) – 0,1 мг/л и гибберелловой кислоты (ГК<sub>3</sub>) – 0,1 мг/л. Растения культивировали в течение 3–4 недель при температуре +23 – +25 °С, освещенности 2,5–3,5 тыс. лк., световом режиме 16/8 часов [9]. Повторность двукратная, по 10 растений в повторности.

Для оценки эффективности воздействия источника искусственного освещения на развитие растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro* на этапе пролиферации были изучены следующие биометрические показатели: длина рожка (определяли путем измерения растения-регенеранта от корневой шейки до первого самостоятельного листа, мм), количество листьев (общее количество у растения-регенеранта, шт.), коэффициент размножения (количество микророзеток от отдельного растения-регенеранта, шт.). Статистическую обработку проводили, используя ANOVA, двухфакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана при  $p < 0,05$  для сравнения средних величин ( $n=3$ ) в программе *Statistica 10.0.*, построение графика в программе MS Excel 2010. В таблице данные представлены в виде «среднее значение ± стандартная ошибка».

При использовании экспериментальных источников освещения на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* было установлено влияние спектрального состава света, сортовых особенностей и их взаимодействия ( $p < 0,01$ ) на рост и развитие земляники садовой. Статистическая обработка данных позволила выявить зависимость ( $p < 0,001$ ) длины рожка от спектрального состава, сортовых особенностей и от совместного действия этих двух факторов. Анализ полученных результатов показал, что на втором пассаже наибольшая длина рожка была у сорта Альба  $5,8 \pm 1,00$  мм при спектральном составе света «полный спектр» и  $5,7 \pm 0,04$  мм «красный, синий» (табл. 1).

Таблица 1. Влияние различных спектров на длину рожка сортов земляники садовой на этапе микроразмножения, мм

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	5,0±0,09abcd	5,6±0,16ab	4,7±0,29bcde	5,4±0,23cde	7,2±0,06a	5,1±0,06de
Полный спектр	4,7±0,14bcde	5,8±1,00a	2,5±0,05f	5,0±0,01e	5,8±0,37bcd	3,0±0,14h
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	4,9±0,47abcd	4,8±0,21abcd	3,9±0,12de	5,0±0,31ef	5,2±0,03de	4,0±0,20g
Красный, синий	5,3±0,14abc	5,7±0,04ab	4,5±0,02cde	5,2±0,45de	6,1±0,08b	4,7±0,16ef
Красный, синий, оранжевый	3,9±0,22de	5,0±0,23abc	3,7±0,09e	4,8±0,36ef	6,0±0,05bc	4,3±0,15fg
	IV			V		
Контроль	5,3±0,14de	5,5±0,05cde	4,7±0,36ef	5,3±0,06d	5,8±0,22c	5,2±0,09de
Полный спектр	6,1±0,01bc	6,3±0,55ab	4,2±0,23f	6,4±0,13b	7,1±0,04a	4,8±0,43de
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	6,7±0,24ab	6,6±0,16ab	7,1±0,31a	6,3±0,14bc	6,0±0,15bc	4,8±0,23de
Красный, синий	6,1±0,36bcd	6,4±0,06ab	5,1±0,17e	5,0±0,00de	6,2±0,02bc	4,7±0,25e
Красный, синий, оранжевый	4,8±0,25ef	4,9±0,11ef	5,2±0,04e	4,7±0,06e	4,9±0,14de	4,9±0,04de

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при  $p < 0,05$ .

На третьем пассаже так же сорт Альба отличался большей силой роста. Длина рожка составила  $6,1 \pm 0,08$  мм при спектральном составе «красный, синий»,  $6,0 \pm 0,05$  мм – «красный, синий, оранжевый»,  $5,8 \pm 0,37$  мм при освещении «полный спектр». Статистически значимо варианты не отличались друг от

друга. Длина рожка значимо больше  $7,2 \pm 0,06$  мм была только в варианте «контроль». Дальнейшее культивирование земляники садовой показало, что на четвертом пассаже лучшим спектральным составом для всех сортов был «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет», и длина рожка у сорта Флоренс составила  $7,1 \pm 0,31$  мм, Азия –  $6,7 \pm 0,24$  мм, Альба –  $6,6 \pm 0,16$  мм. Статистически значимо варианты не отличались друг от друга. На пятом пассаже достоверное влияние на длину рожка  $7,1 \pm 0,04$  мм оказал спектральный состав «полный спектр» для сорта Альба. Установлена зависимость количества листьев у растений-регенерантов от факторов спектральный состав, сортовых особенностей и их взаимодействия ( $p < 0,001$ ). При оценке этого показателя отмечается достоверное влияние лампы со спектральным составом «красный, синий» [2] для сорта Азия  $6,3 \pm 0,11$  шт. на втором пассаже (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных спектров на количество листьев земляники садовой на этапе микроразмножения, шт.

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	$5,2 \pm 0,23b$	$4,7 \pm 0,09bcd$	$3,5 \pm 0,07ef$	$6,7 \pm 0,66ab$	$6,1 \pm 0,07bc$	$4,2 \pm 0,27de$
Полный спектр	$4,2 \pm 0,36cde$	$3,7 \pm 0,00ef$	$3,6 \pm 0,07ef$	$5,2 \pm 0,02cd$	$3,7 \pm 0,01e$	$3,7 \pm 0,23e$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$5,0 \pm 0,34bc$	$5,1 \pm 0,83bc$	$3,2 \pm 0,06f$	$5,6 \pm 0,22bc$	$5,9 \pm 0,03bc$	$4,1 \pm 0,10e$
Красный, синий	$6,3 \pm 0,11a$	$4,7 \pm 0,17bcd$	$3,8 \pm 0,09def$	$7,3 \pm 0,82a$	$6,0 \pm 0,23bc$	$4,2 \pm 0,14de$
Красный, синий, оранжевый	$4,7 \pm 0,24bcd$	$5,0 \pm 0,23bc$	$3,4 \pm 0,10ef$	$6,3 \pm 0,18ab$	$6,4 \pm 0,56ab$	$4,3 \pm 0,05de$
	IV			V		
Контроль	$5,4 \pm 0,17a$	$4,4 \pm 0,07bc$	$4,0 \pm 0,11cdef$	$5,8 \pm 0,33ab$	$5,7 \pm 0,33abc$	$5,6 \pm 0,33abcd$
Полный спектр	$3,4 \pm 0,03gh$	$3,4 \pm 0,22gh$	$3,1 \pm 0,01h$	$3,9 \pm 0,06de$	$4,4 \pm 0,09bcde$	$3,8 \pm 0,12e$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$3,4 \pm 0,17gh$	$4,0 \pm 0,05cd$	$3,5 \pm 0,04efgh$	$4,1 \pm 0,01cde$	$3,5 \pm 0,03e$	$4,4 \pm 0,09bcde$
Красный, синий	$4,4 \pm 0,33c$	$4,8 \pm 0,15b$	$3,5 \pm 0,19fgh$	$6,1 \pm 1,77a$	$4,4 \pm 0,37bcde$	$4,0 \pm 0,08de$
Красный, синий, оранжевый	$4,2 \pm 0,09c$	$4,0 \pm 0,09cde$	$3,7 \pm 0,05defg$	$4,9 \pm 0,00abcde$	$4,2 \pm 0,03bcde$	$4,6 \pm 0,15abcde$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при  $p < 0,05$ .

Как видно из представленных данных, наибольшее количество листьев на третьем пассаже  $7,3 \pm 0,82$  шт. у сорта Азия было при освещении «красный, синий». А также при спектральном составе света «красный, синий, оранжевый» у сортов Альба  $6,4 \pm 0,56$  шт. и Азия  $6,3 \pm 0,18$  шт., но статистически значимо варианты не отличались друг от друга. Значения количества листьев на четвертом и пятом пассажах были наибольшими при освещении «красный, синий» и «контроль». Достоверное влияние  $5,4 \pm 0,17$  шт. спектрального состава проявилось в варианте «контроль» только на четвертом пассаже у сорта Азия. Установлена зависимость коэффициента микроразмножения в течение четырёх пассажей от факторов сорт ( $p < 0,05$ ), спектрального состава ( $p < 0,001$ ) и их взаимодействия ( $p < 0,001$ ). На втором пассаже коэффициент микроразмножения был наибольшим  $1,7 \pm 0,00$  у сорта Азия при освещении «полный спектр», у сорта Флоренс  $1,7 \pm 0,09$  – «красный, синий, оранжевый» и  $1,7 \pm 0,24$  – «красный, синий» (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент микроразмножения земляники садовой на II-V пассажах

Вариант	Пассаж					
	II			III		
	Азия	Альба	Флоренс	Азия	Альба	Флоренс
Контроль	$1,3 \pm 0,05cde$	$1,4 \pm 0,00acde$	$1,5 \pm 0,11abcd$	$1,4 \pm 0,07cd$	$1,2 \pm 0,04d$	$1,2 \pm 0,05d$
Полный спектр	$1,7 \pm 0,00ab$	$1,5 \pm 0,00abcd$	$1,2 \pm 0,03e$	$1,5 \pm 0,06bc$	$1,7 \pm 0,03ab$	$1,9 \pm 0,11a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$1,6 \pm 0,05abcd$	$1,3 \pm 0,14cde$	$1,6 \pm 0,04abc$	$1,2 \pm 0,00d$	$1,2 \pm 0,06d$	$1,2 \pm 0,09d$
Красный, синий	$1,4 \pm 0,13cde$	$1,3 \pm 0,02de$	$1,7 \pm 0,24b$	$1,3 \pm 0,18cd$	$1,2 \pm 0,12d$	$1,2 \pm 0,06d$
Красный, синий, оранжевый	$1,5 \pm 0,02abcd$	$1,3 \pm 0,03cde$	$1,7 \pm 0,09b$	$1,4 \pm 0,03cd$	$1,2 \pm 0,11d$	$1,3 \pm 0,12cd$
	IV			V		
Контроль	$2,2 \pm 0,12ef$	$2,9 \pm 0,40bcd$	$2,5 \pm 0,31cde$	$2,6 \pm 0,38bcd$	$2,6 \pm 0,17bc$	$1,7 \pm 0,14g$
Полный спектр	$3,2 \pm 0,00b$	$3,0 \pm 0,00bc$	$5,3 \pm 0,06a$	$2,9 \pm 0,20b$	$2,4 \pm 0,00bcde$	$4,3 \pm 0,13a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$2,4 \pm 0,16cdef$	$2,3 \pm 0,20ef$	$1,8 \pm 0,03f$	$2,2 \pm 0,23cdef$	$2,9 \pm 0,12b$	$1,7 \pm 0,09g$
Красный, синий	$3,3 \pm 0,43b$	$1,8 \pm 0,26ef$	$2,5 \pm 0,20cde$	$1,8 \pm 0,17fg$	$2,1 \pm 0,03defg$	$1,9 \pm 0,03fg$
Красный, синий, оранжевый	$3,4 \pm 0,03b$	$3,4 \pm 0,06b$	$2,3 \pm 0,06def$	$2,8 \pm 0,09b$	$2,6 \pm 0,17bc$	$1,9 \pm 0,06efg$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при  $p < 0,05$ .

Статистически значимо варианты не отличались друг от друга. На третьем – пятом пассажах лучший коэффициент микроразмножения  $1,9 \pm 0,11$ ,  $5,3 \pm 0,06$ ,  $4,3 \pm 0,13$  был при спектральном составе «полный спектр» у сорта Флоренс и статистически значимо отличался от других вариантов.

Для получения наибольшего числа микророзеток растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс в условиях культуры *in vitro* целесообразно использовать спектральный состав «полный спектр» (рисунок). Суммарный коэффициент размножения растений-регенерантов вышеуказанных сортов составил  $9,3$ ;  $8,6$ ;  $12,6$  шт. Значения по данному показателю превышали контроль ( $7,5$ ;  $8,1$ ;  $6,8$  шт.) в  $1,2$ ;  $1,1$ ;  $1,9$  раза соответственно.

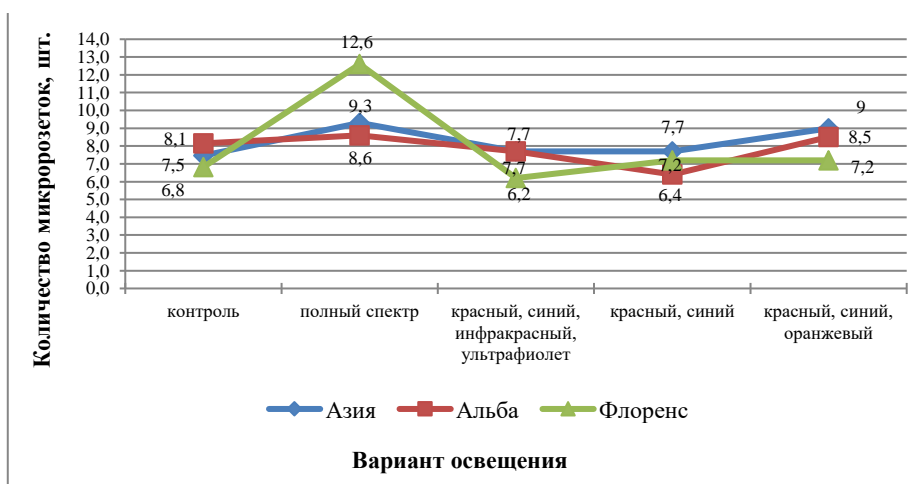


Рис. Влияние спектрального состава света на суммарный коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*

Использование спектрального состава «красный, синий, оранжевый» способствовало увеличению коэффициента размножения растений-регенерантов сорта Азия (9,0 шт.) в сравнении с контрольным вариантом (7,5 шт.) в 1,2 раза.

### Заключение

Выявлено положительное влияние светодиодного освещения с различным спектральным составом света на развитие растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс в культуре *in vitro*, по сравнению с люминесцентными. В ходе исследований на длину рожка микрорастений земляники садовой сорта Альба установлено преимущество влияния спектрального состава света «полный спектр»  $5,8 \pm 1,00$  мм на втором,  $6,3 \pm 0,55$  мм четвертом,  $7,1 \pm 0,04$  мм пятом пассажах; «красный, синий»  $5,7 \pm 0,04$  мм на втором,  $6,1 \pm 0,08$  мм третьем,  $6,4 \pm 0,06$  мм четвертом пассажах; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет»  $6,6 \pm 0,16$  мм на четвертом пассаже. А также спектрального состава «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет»  $6,7 \pm 0,24$  мм и  $7,1 \pm 0,31$  мм на четвертом пассаже у сортов Азия и Флоренс соответственно. На количество листьев установлено преимущество влияния спектрального состава «красный, синий»  $6,3 \pm 0,11$  шт. на втором пассаже,  $7,3 \pm 0,82$  шт. на третьем,  $6,1 \pm 1,77$  шт. на пятом пассаже у сорта Азия.

Для получения наибольшего числа микророзеток растений-регенерантов земляники садовой сортов Азия, Альба и Флоренс в условиях культуры *in vitro* целесообразно использовать спектральный состав света «полный спектр». Для культивирования растений-регенерантов сортов Азия, Альба еще и спектральный состав света «красный, синий, оранжевый».

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бьядовский, И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa*) *in vitro* / И. А. Бьядовский // Тр. по прикл. бот., генет. и сел.-и. – 2019. – Т. 180 (1). – С. 33–37.
- 2 Влияние различных спектров освещения на рост земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* / Е. В. Поух [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям: матер. Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: А. А. Татанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 36–41.
- 3 Генетический полиморфизм растений-регенерантов винограда, полученных при различном светодиодном освещении / Т. В. Никонович [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.: науч.-методич. журн. – 2019. – № 2. – С. 163–167.
- 4 Исследование влияние светодиодного освещения на рост и развитие растений / А. Ю. Хомяков [и др.] // Электронные средства и системы управления: материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2015. – № 1. – С. 259–262.
- 5 Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41.
- 6 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: сб. ст. по материалам XV междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 7 марта 2019 г. / редкол.: И. А. Соловьев [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 101–107.
- 7 Оптимизация условий освещения при культивировании микророзеток *Solanum tuberosum* L. сорта Луговойской *in vitro* / И. Ф. Головацкая [и др.] // Вестн. Томс. гос. ун-та. Биология. – 2013. – № 4 (24). – С. 133–144.
- 8 Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. биол. науки (общая биология). – 2019. – № 7. – С. 73–82.
- 9 Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.]; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск: «Беларуская навука», 2016. – 208 с.
- 10 Тихомиров, А. А. Спектральный состав света и продуктивность растений / А. А. Тихомиров, Г. М. Лисовский, Ф. Я. Сидько – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
- 11 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., Барановичи, 19 дек. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, Студен. науч. сообщество БарГУ; редкол.: В. В. Климух (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи, 2017. – С. 174–175.
- 12 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 // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.: науч.-методич. журн. – 2015. – № 3. – С. 73–78.