

УДК 635.252:631.147

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-115-124

IN VITRO РЕГЕНЕРАЦИЯ РАСТЕНИЙ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО (ALLIUM SATIVUM L.) ИЗ ВОЗДУШНЫХ ЛУКОВИЧЕК

Поляков А.В., Азопкова М.А., Лебедева Н.Н., Муравьёва И.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»

140153, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500.

Аннотация. Статья посвящена вопросу получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого *in vitro* из воздушных луковичек. В статье проведен анализ влияния возраста соцветия сортов чеснока озимого, гормонального состава питательной среды MS на морфогенез воздушных луковичек чеснока в культуре *in vitro*. Установлено, что использование воздушных луковичек для введения чеснока озимого в культуру *in vitro*, изолированных из нераскрывшихся соцветий диаметром до 25 мм, позволяет получить свободные от внутренней инфекции растения. Доказано, что культивирование воздушных луковичек на среде MS, содержащей БА в концентрации 2 мг/л и НУК – 1 мг/л, сопровождается образованием проростков, а затем – растений, в основании которых формируются луковички. Адаптация таких растений к условиям *ex vitro* сопровождается получением однозубковых луковиц, из которых в условиях открытого грунта образуются многозубковые луковицы.

Ключевые слова: чеснок озимый, регулятор роста, регенерант, адаптация, оздоровление посадочного материала.

IN VITRO REGENERATION OF WINTER GARLIC PLANTS (ALLIUM SATIVUM L.) FROM BULBILS

A. Polyakov, M. Azopkova, N. Lebedeva, I. Murav'eva

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of Federal State Budgetary Research Enterprise “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”

Vereya, b. 500, 140153 Ramenskiy district, Moscow region, Russian Federation

Abstract. We investigated the problem of obtaining healthy planting material of winter garlic *in vitro* from bulbils. The influence of the inflorescence age of winter garlic cultivars and the hormonal composition of MS basal medium on the morphogenesis of garlic bulbils in an *in vitro* culture is analyzed. It is found that when bulbils isolated from unopened inflorescences with a diameter of up to 25 mm are used to introduce winter garlic into an *in vitro* culture, one can obtain plants free from internal infections. It is proved that the cultivation of bulbils on MS medium supplemented with 2 mg/l BA and 1 mg/l NAA is accompanied by the formation of sprouts and eventually of plants with bulbils at the base. Adaptation of such plants to *ex vitro* conditions

results in the production of single-clove bulbs, from which multi-clove bulbs of garlic is formed under open ground conditions.

Key words: winter garlic, medium, growth regulator, regenerant, adaptation, improvement.

Введение

Чеснок посевной (*Allium sativum* L.) – ценная овощная и лекарственная культура, широко применяемая в питании человека, в медицине, в ветеринарии, борьбе с вредителями и болезнями некоторых сельскохозяйственных культур [5; 10; 11]. Растение чеснока имеет богатый химический состав: аскорбиновая кислота – около 80 мг%, аллицин – 0,10–1,30 %, сахара примерно 6%, селеносодержащие аминокислоты, в вызревших зубках чеснока содержится 6–8% сырого белка, много эфирных масел, а также зольные элементы [16].

Чеснок, как вегетативно размножаемое растение, подвержен многочисленным вирусным, бактериальным, грибным и другим инфекциям, которые передаются потомству, что приводит к снижению урожайности, потере качества, лежкоспособности и вырождению сортов [9; 17; 19]. Поражение чеснока вирусами приводит к уменьшению урожая луковиц на 78%¹.

Таким образом, оздоровление посадочного материала чеснока является необходимым условием в современных технологиях семеноводства этого вида культурного растения.

Использование *in vitro* технологий дает возможность получения оздоровленного посадочного материала различных видов растений [3; 4; 6; 18; 21]. Исследования, проведенные В.Л. Налобовой с соавторами по выявлению вирусов OYDV и GaCLV, показали

присутствие их во всех анализированных органах чеснока (зубках, луковицах, воздушных луковичках и стебле); снижение урожайности от вирусов OYDV и GaCLV может достигать 20–25%, а снижение урожая воздушных луковичек – более 75%. Установлено, что больше всего вирусной инфекции накапливается в зубках (до 94,1 %), меньше – в воздушных луковичках (88,2%) и стебле растений [2; 14]. Использование культуры *in vitro* способствовало получению 76,5% растений с концентрацией вируса GarCLV и 41,2% растений с концентрацией вируса OYDV ниже порогового значения, а применение Рибавирина в концентрации 10 мг/л в составе питательной среды приводит к подавлению вирусов GarCLV и OYDV у 94,1% и 47% растений-регенерантов, соответственно, до концентрации ниже порогового значения [15]. Исследования, проведенные М. Иби (2000) с соавторами, показывают отсутствие вируса мозаики на растениях, полученных *in vitro* из незрелых воздушных луковичек диаметром около 0,4 мм [22].

В качестве эксплантов в условиях *in vitro* используются различные части и органы растений чеснока: листья [25], соцветия [28], базальные сегменты зубков [29], апикальные меристемы [13; 20; 24; 26], воздушные луковички [8; 19; 23].

В этих исследованиях показана высокая эффективность использования питательной среды MS [27], обогащенной 6-бензиладенином (БА) и а-нафтилуксусной кислотой (НУК) в

¹ См. информацию на сайте «Чеснок» (<http://chesnochny.ru>).

различных концентрациях и сочетаниях.

Таким образом, цель исследований – разработка технологии массового получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого из воздушных луковичек в условиях *in vitro*.

Материалы и методы

Основные исследования проведены во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО на воздушных луковичках (бульбочках) чеснока озимого сортов Гладиатор и Император, а также клонах: Мещера, ПАВ 16, Вита 17, Вита 12, Китайский 1, Китайский 2.

Лабораторные исследования проведены в соответствии с методическими указаниями по культуре ткани и органов растений» [3; 4; 18].

Для введения *in vitro* применяли ступенчатую стерилизацию, которая включала: промывку соцветий проточной водой в течение 30–60 минут, выдерживание соцветий в 1% растворе марганцовокислого калия в течение 15–20 минут, затем – в 70%-ом растворе этанола в течение 30 секунд, стерилизацию в 1,0%-ом растворе гипохлорита натрия в течение 20 минут, трехкратную промывку стерильной водой в течение 20 минут.

Воздушные луковички культивировали на среде MS, содержащей 6-бензилладенин (БА) в концентрации 1 мг/л и 2 мг/л в сочетании с *a*-нафтилуксусной кислотой (НУК), используемой в концентрации 0,1 мг/л. Микролуковички культивировали на среде, содержащей БА в концентрации 0,5 мг/л и 1,0 мг/л. Растительный материал культивировали при постоянной температуре 20°C, освещенности 5000 люкс и 16/8

часовом фотопериоде. В зависимости от этапа длительность культивирования составляла 21–56 суток.

При культивировании органов и тканей *in vitro* отмечали долю жизнеспособных эксплантов, рост луковичек и листьев, а также образование корней и каллусной ткани.

Агротехника на опытном участке применялась согласно «Методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» [1].

При обработке экспериментальных данных использовали общепринятые математико-статистические методы [7; 12].

Результаты и их обсуждение

Анализ соцветий сортов и клонов чеснока озимого показал, что по числу и массе воздушных луковичек у исследуемых образцов наблюдаются большие различия. Так, среднее число воздушных луковичек в одном соцветии у сорта Гладиатор в среднем составляло 78,5 шт., у сорта Император – 69,3 шт., масса воздушной луковички 0,10 г и 0,12 г, соответственно. У клонов же ПАВ 16 число воздушных луковичек в соцветии в среднем составляло 28,5 шт., Мещера – 282,2 шт., Китайский 2 – 101,2 шт. У образцов чеснока озимого Вита 12 и Китайский 1 число воздушных луковичек в среднем составило от 39,7 шт. и 92,0 шт. Масса воздушных луковичек у клонов ПАВ 16 составила 0,48 г, Мещера – 0,02 г, Вита 12 – 0,21 г, Китайский 1 – 0,06 г, Вита 12 – 0,16 г

Генотип растения – наиболее важный фактор, влияющий на эффективность индукции морфогенеза. Проведенные нами исследования показали, что изучаемые сорта чеснока озимого

характеризуются высоким морфогенетическим потенциалом. Сорт Император существенно превосходил сорт Гладиатор по жизнеспособности в культуре *in vitro* на всех этапах культивирования. Так, доля жизнеспособных эксплантов сорта Император составляла 74,2%, а сорта Гладиатор – 56,3%. При культивировании воздушных луковичек на питательной среде MS, содержащей БА в концентрации 2 мг/л и НУК – 0,1 мг/л, на 21 сутки возможно получить 77,8% и 79,3% микролуковичек с листьями.

Морфогенез воздушных луковичек в условиях *in vitro* зависит от их возраста. В проведенных нами исследованиях при культивировании воздушных луковичек чеснока озимого сортов Гладиатор и Император в течение 21 суток, изолированных на 7

сутки с момента выхода соцветий из листовых розеток, доля жизнеспособных микролуковичек с листьями составляла 65,0% и 76,4% в зависимости от сорта. Культивирование воздушных луковичек, изолированных на 14 и 21 сутки с момента выхода соцветий из листовых розеток, сопровождается их 100%-ным ростом с образованием листьев и микролуковичек, средний размер которых от 4 до 5 мм.

Для дальнейшего роста микролуковички были пересажены на питательную среду MS с концентрацией БА 0,5 мг/л и 1 мг/л. Выявлено (см. табл.), что данные варианта среды дают близкие результаты и позволяют получить в среднем 1–2 корня длиной 1–1,5 см и 2 листа длиной 4,5–6,5 см в пересчете на 1 микролуковичку при культивировании в течение 21 суток.

Таблица

Характеристика микролуковичек чеснока озимого, образовавшихся в условиях *in vitro*, на 21 сутки культивирования

Сорт чеснока озимого	Гладиатор		Император	
	БА 0,5 мг/л	БА 1 мг/л	БА 0,5 мг/л	БА 1 мг/л
Проанализировано микролуковичек, шт.	137	145	140	145
Число корней на 1 микролуковичку, шт.	2,0	1,6	1,8	1,3
Длина корня, см	1,5	1,0	1,4	0,9
Число листьев на 1 микролуковичку, шт.	2,0	2,0	2,0	2,0
Длина листа, см	4,5	5,0	5,5	6,5

В связи с тем, что растительные культуры *in vitro* не могут синтезировать необходимое для их нормального развития количество сахаров, в питательные среды добавляют сахарозу. Для повышения активности роста растений чеснока, полученных из воздушных луковичек в условиях *in*

vitro, нами было исследовано влияние сахарозы в концентрации 3, 5, 7 и 10%. Так, при содержании сахарозы в питательной среде в концентрации 3% и 5%, были получены растения (см. рис.) с длиной листа 3,2 см и 7,2 см, корня длиной 3,2–5,2 см и микролуковичками диаметром 2,1–2,6 мм. Установле-

но, что при использовании сахарозы в концентрации 10% возможно сохранить жизнеспособность растительного материала в течение 5–6 месяцев.

Культивирование микролуковичек в течение 5–8 недель на беспересадочной среде приводит к дальнейшему их

росту и образованию минилуковичек массой до 1,0–1,5 г. Однако использование такой технологии сопровождается формированием микролуковичек с пониженной жизнеспособностью, для улучшения качества которых нужны дальнейшие исследования.

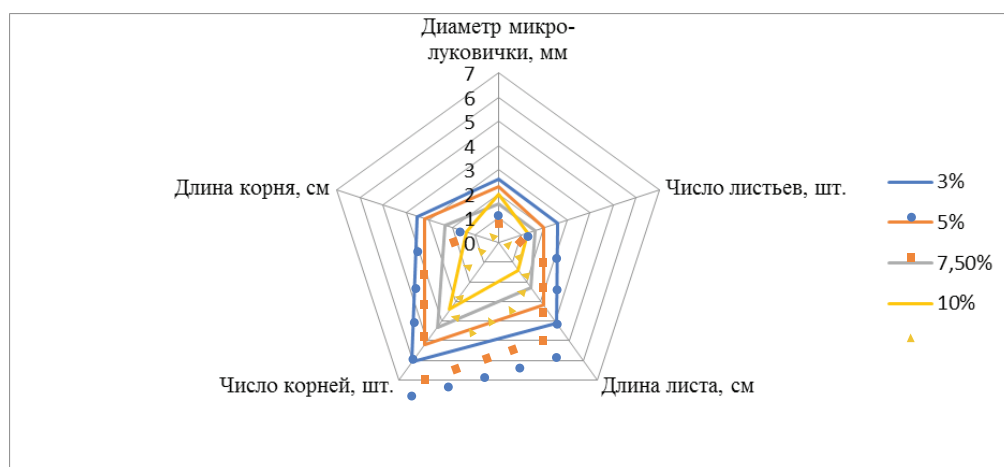


Рис. А. Влияние концентрации сахарозы на рост растений чеснока *in vitro* сорта Гладиатор

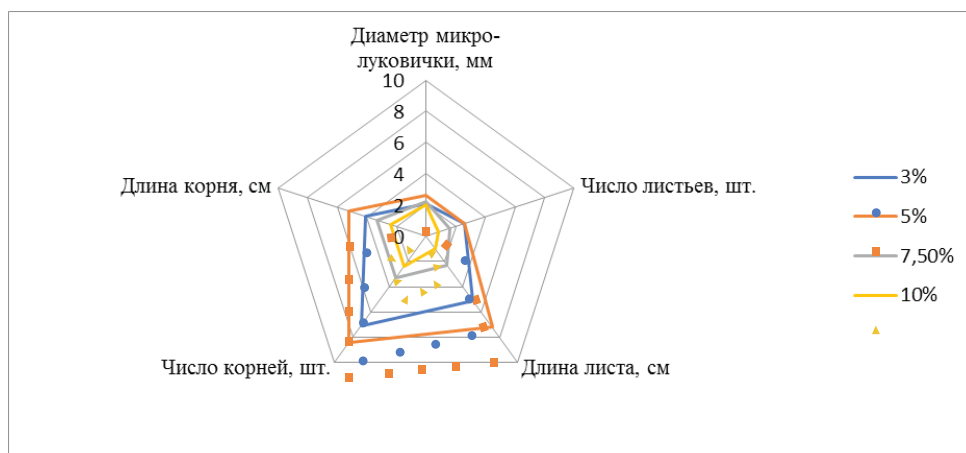


Рис. Б. Влияние концентрации сахарозы на рост растений чеснока *in vitro* сорта Император

Заключение

Представлены экспериментально обоснованные элементы технологии получения оздоровленного посадочного материала чеснока озимого из

воздушных луковичек *in vitro*. Установлена высокая эффективность ступенчатой стерилизации и использования воздушных луковичек чеснока озимого, изолированных из нераскрывшихся

ся соцветий диаметром до 25 мм, для введения в культуру *in vitro*, что позволяет получить свободные от внутренней инфекции растения. Проведенные исследования показали, что по жизнеспособности в культуре *in vitro* сорт Император превосходил сорт Гладиатор на всех этапах культивирования. Так, при культивировании воздушных луковичек на питательной среде MS, содержащей БА в концентрации 2 мг/л и НУК – 0,1 мг/л доля жизнеспособных эксплантов сорта Император составляла 74,2%, а сорта Гладиатор – 56,3%, а на 21 сутки культивирования возможно получить 77,8% и 79,3% микро-

луковичек с листьями. При культивировании изолированных воздушных луковичек в возрасте 7 суток с момента выхода соцветий из листовых розеток в течение 21 суток, доля жизнеспособных микролуковичек с листьями составляла 65,0% и 76,4% в зависимости от сорта. Культивирование воздушных луковичек более старшего возраста сопровождается их 100%-ным ростом с образованием листьев и микролуковичек. Адаптация полученных растений к условиям *ex vitro* сопровождается получением однозубковых луковиц.

Статья поступила в редакцию 05.07.2018

ЛИТЕРАТУРА

1. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992. 320 с.
2. Берговина И.Г. Оценка исходного материала озимого чеснока для создания сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Горки, 2012. 21 с.
3. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
4. Бутенко Р.Г. Культура изолированных растительных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 270 с.
5. Голубкина Н.А., Пименова В.В., Кошелева О.В. Некоторые биохимические показатели *Allium sativum* L. // Гавриш. 2008. № 1. С. 37–39.
6. Деменко В.И. Микроразмножение садовых растений: учебное пособие. М.: МСХА, 2007. 55 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 416 с.
8. Ивченко Т.В., Виценя Т.И. Усовершенствование технологии клонального микроразмножения чеснока в культуре *in vitro* // Наукові праці Південного філ. "Кримський агротехнологічний університет" Національного аграрного університету. 2009. Вип. 127. С. 191–194.
9. Кокарека Н.Н., Плешакова Т.И. Вирусы лука и чеснока: диагностика и профилактика // Картофель и овощи. 2013. № 6. С. 13–14.
10. Комиссаров В.А. Об эволюции культурного чеснока *A.sativum* L.// Известия ТСХА. 1964. Вып. 4. С. 70–73.
11. Кузнецов А.В. Чеснок. М.: Сельхозиздат, 1954. 117 с.
12. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 650 с.
13. Марьяхина И.Я. Получение безвирусного посадочного материала чеснока, лука-шалота и многоярусного лука с использованием биотехнологических приемов: метод. рекомендации. М.: ВАСХНИИЛ, 1987. 45 с.

14. Налобова В.Л., Купреенко Н.П., Войтехович И.М., Корецкий В.В. Анализ сортообразцов лука репчатого и чеснока озимого на наличие вирусной инфекции // Сборник научных трудов Института овощеводства (Минск). 2013. Т. 21. С. 142–147.
15. Никонovich Т.В., Берговина И.Г., Скорина В.В. Оздоровление растений-регенерантов озимого чеснока в условиях культуры *in vitro* при помощи Рибавирина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 4. С. 77–81
16. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М.: ВНИИССОК, 2001. 500 с.
17. Поляков А.В. Важнейшие вопросы развития чесноководства в России // Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции. М.: ФГБНУ ВНИИО, 2014. С. 436–442.
18. Поляков А.В. Получение регенерантов овощных культур и их размножение *in vitro*: методические рекомендации. М.: ГНУ ВНИИО Россельхозакадемии, 2005. 36 с.
19. Поляков А.В., Зубалий А.В., Линник Т.А. Морфогенез чеснока (*Allium sativum* L.) *in vitro* // Материалы III Междунар. научной конф. «Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств», 25–29 марта 2015. Тверь: ТГУ, 2015. С. 154–157.
20. Тюкавин Г.Б. Получение безвирусных растений чеснока *in vitro* // Селекция овощных культур: сборник научных трудов. М.: ВНИИССОК, 1989. С. 116–119.
21. Шевелуха В.С., Воронин Е.С., Калашникова Е.А., Ковалев В.М., Ковалев А.А., Кочиева Е.З. Сельскохозяйственная биотехнология / 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2008. 710 с.
22. Ebi M., Kasai N., Masuda K. Small inflorescence bulbils are best for micropropagation and virus elimination in garlic // J. Hort. Sci., 2000. Vol. 35. P. 735–737.
23. Haque M.A. Effect of 2,4-D and BAP on *in vitro* Regeneration of Garlic // OnLine Journal of Biological Sciences. 2003. №2 (12). P. 771–774.
24. Hassan M.N., Haque M.S., Hassan M.M. An efficient protocol for somatic embryogenesis of garlic (*Allium sativum* L.) using root tip as explants // J. Bangladesh agril. univ. 2014 № 12(1). P. 1–6.
25. Kim S.S., Guo D.P., Jung D.C. Multiple Shoots Regeneration and *in vitro* Bulblet Formation from Garlic Callus // J. Plant Biotechnology. 2003. №5 (2). P. 95–99.
26. Mujica H., Sanabria M.E., Mogolln N. Formacion *in vitro* del bulbo del ajo morado (*Allium sativum* L.) // *In vitro* formation of purple garlic (*Allium sativum* L.) bulb // Rev. Fac. Agron., 2008. Vol. 25. P. 197–210.
27. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.*, 1962. Vol.15. №13. P. 473–497.
28. Salam A.M., Ali M.R., Alam K.A. Callus Induction and Regeneration of Indigenous Garlic (*Allium sativum* L.) // *American Journal of Plant Physiology*. 2008. №3 (1). P. 33–39.
29. Zel J. The effect of jasmonic acid, sucrose and darkness on garlic (*Allium sativum* L. cv. 'Ptujski' Jesenski) bulb formation *in vitro* // *Cellular & Developmental Biology Plant*, 1997, Vol. 33. P. 231–235.

REFERENCES

1. Belik V.F. Metodika opytnogo dela v ovoshchevodstve i bakhchevodstve [The technique of skilled business in vegetable growing and melon growing]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1992. 320 p.
2. Bergovina I.G. Otsenka iskhodnogo materiala ozimogo chesnoka dlya sozdaniya sortov, obladayushchikh kompleksom khozyaistvenno tsennykh priznakov: avtoref. dis. ... kand. s.-

- kh. nauk [Assessment of initial material of winter garlic to produce varieties possessing a complex of economic valuable attributes: PhD Thesis of Agricultural Sciences]. Gorky, 2012. 21 p.
3. Butenko R.G. *Biologiya kletok vysshikh rastenii in vitro i biotekhnologii na ikh osnove* [Biology of cells of higher plants in vitro and biotechnology based on them]. Moscow, FBK-PRESS Publ., 1999. 160 p.
 4. Butenko R.G. *Kul'tura izolirovannykh rastitel'nykh tkanei i fiziologiya morfogeneza rastenii* [Culture of isolated plant tissues and physiology of plant morphogenesis]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 270 p.
 5. Golubkina N.A., Pimenova V.V., Kosheleva O.V. [Some biochemical parameters of *Allium sativum* L.] In: *Gavrish*, 2008, no. 1, pp. 37–39.
 6. Demenko V.I. *Mikroklonal'noe razmnozhenie sadovykh rastenii: uchebnoe posobie* [Micropropagation of garden plants: a tutorial]. Moscow, MSKHA Publ., 2007. 55 p.
 7. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow, Kolos Publ., 1985. 416 p.
 8. Ivchenko T.V., Vitsenya T.I. [Improvement of technology of clonal micropropagation of garlic in vitro] In: *Naukovi pratsi Pivdenogo fil. "Krim'skii agrotekhnologicheskii universitet" Natsional'nogo agrarnogo universitetu* [Scientific papers of the Southern Branch of Crimean Agrotechnological University" of National Agricultural University], 2009, no. 127, pp. 191–194.
 9. Kokareka N.N., Pleshakova T. I [The viruses of onions and garlic: diagnosis and prevention] In: *Kartofel' i ovoshchi*, 2013, no. 6, pp. 13–14.
 10. Komissarov V.A. [About the evolution of cultural garlic *A. sativum* L.]. In: *Izvestiya TSKHA*, 1964, no. 4, pp. 70–73.
 11. Kuznetsov A.V. *Chesnok* [Garlic]. Moscow, Sel'khozizdat Publ., 1954. 117 p.
 12. Litvinov S.S. *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* [Methodology of field experiment in vegetable production]. Moscow, GNU VNIIO Publ., 2011. 650 p.
 13. Mar'yakhina I.Ya. *Poluchenie bezvirusnogo posadochnogo materiala chesnoka, luka-shalota i mnogoyarusnogo luka s ispol'zovaniem biotekhnologicheskikh priemov: metod. rekomendatsii* [Obtaining disease-free planting material of garlic, shallot and onion stacked with the use of biotechnological methods: methods and recommendations]. Moscow, VASKHNIL Publ., 1987. 45 p.
 14. Nalobova B.L., Kupreenko N.P., Voitekhovich I.M., Koretskii V.V. *Analiz sortoobraztsov luka repchatogo i chesnoka ozimogo na nalichie virusnoi infektsii* [Analysis of the genotypes of onion and winter garlic for the presence of viral infection]. In: *Sbornik nauch. trudov Instituta ovoshchevodstva (Minsk)* [Collection of scientific papers of the Institute of Vegetable Growing (Belarus)], 2013, vol. 21, pp. 142–147.
 15. Nikonovich T.V., Bergovina I.G., Skorina V.V. [Recovery of regenerated plants of winter garlic in the conditions of culture in vitro with Ribavirin]. In: *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2011, no. 4, pp. 77–81.
 16. Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. *Lukovye kul'tury* [Onion culture]. Moscow, VNI-ISSOK Publ., 2001. 500 p.
 17. Polyakov A.V. *Vazhneishie voprosy razvitiya chesnokovodstva v Rossii* [Critical issues for the development of Chesnokovka in Russia]. In: *Ekologicheskie problemy sovremennogo ovoshchevodstva i kachestvo ovoshchnoi produktsii* [The environmental problems of modern vegetable production and quality of vegetable products]. Moscow, FGBNU VNIIO Publ., 2014. pp. 436–442.
 18. Polyakov A.V. *Poluchenie regenerantov ovoshchnykh kul'tur i ikh razmnozhenie in vitro: metodicheskie rekomendatsii* [Obtaining regenerants of vegetable crops and their proliferation in vitro: guidelines]. Moscow, GNU VNIIO Rossel'khozakademii Publ., 2005. 36 p.

19. Polyakov A.V., Zubalii A.V., Linnik T.A. Morfogenez chesnoka (*Allium sativum* L.) *in vitro* [Morphogenesis of garlic (*Allium sativum* L.) *in vitro*] Materialy III Mezhdunar. nauchnoi konf. "Kachestvo i ekologicheskaya bezopasnost' pishchevykh produktov i proizvodstv", 25–29 marta 2015 [Proceedings of the III Intern. Scientific Conf. "Quality and ecological safety of food and production", March 25–29, 2015]. Tver, TGU Publ., 2015, pp. 154–157.
20. Tyukavin G.B. Poluchenie bezvirusnykh rastenii chesnoka *in vitro* [Obtaining virus-free garlic plants *in vitro*]. In: *Selektsiya ovoshchnykh kul'tur: sb. nauch. trudov* [Breeding of vegetable crops: collection of scientific works]. Moscow, VNISSOK Publ., 1989, pp. 116–119.
21. Shevelukha V.S., Voronin E.S., Kalashnikova E.A., Kovalev V.M., Kovalev A.A., Kochieva E.Z. Sel'skokhozyaistvennaya biotekhnologiya / 3-e izd., pererab. i dop. [Agricultural biotechnology / 3rd ed. rev.] Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2008. 710 p.
22. Ebi M., Kasai N., Masuda K. Small inflorescence bulbils are best for micropropagation and virus elimination in garlic. In: *J. Hort. Sci.*, 2000, vol. 35, pp. 735–737.
23. Haque M.A. Effect of 2,4-D and BAP on *in vitro* Regeneration of Garlic. In: *OnLine Journal of Biological Sciences*, 2003, no. 2 (12), pp. 771–774.
24. Hassan M.N., Haque M.S., Hassan M.M. An efficient protocol for somatic embryogenesis of garlic (*Allium sativum* L.) using root tip as explants. In: *J. Bangladesh agril. univ.*, 2014, no. 12 (1), pp. 1–6.
25. Kim S.S., Guo D.P., Jung D.C. Multiple Shoots Regeneration and *in vitro* Bulblet Formation from Garlic Callus. In: *J. Plant Biotechnology*, 2003, no. 5 (2), pp. 95–99.
26. Mujica H., Sanabria M.E., Mogollón N. Formación *in vitro* del bulbo del ajo morado (*Allium sativum* L.) *in vitro* formation of purple garlic (*Allium sativum* L.) bulb. In: *Rev. Fac. Agron.*, 2008, vol. 25, pp. 197–210.
27. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. In: *Physiol. Plant.*, 1962, vol.15, no. 13, pp. 473–497.
28. Salam A.M., Ali M.R., Alam K.A. Callus Induction and Regeneration of Indigenous Garlic (*Allium sativum* L.). In: *American Journal of Plant Physiology*, 2008, no. 3 (1), pp. 33–39.
29. Zel J. The effect of jasmonic acid, sucrose and darkness on garlic (*Allium sativum* L. cv. 'Ptujski' Jesenski) bulb formation *in vitro*. In: *Cellular & Developmental Biology Plant*, 1997, vol. 33, pp. 231–235.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Поляков Алексей Васильевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом биотехнологии и инновационных проектов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Азопкова Марина Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела биотехнологии и инновационных проектов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Лебедева Наталья Николаевна – научный сотрудник отдела биотехнологии и инновационных проектов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Муравьёва Ирина Владимировна – младший научный сотрудник отдела биотехнологии и инновационных проектов Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»;
e-mail: vniioh@yandex.ru

INFORMATION ON AUTHORS

Aleksey V. Polyakov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Biotechnological and Innovative Projects Department, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Enterprise “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Marina A. Azopkova – PhD in Agricultural Sciences, Researcher of Biotechnological and Innovative Projects Department, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Enterprise “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Natalya N. Lebedeva – Researcher of Biotechnological and Innovative Projects Department, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Enterprise “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”;
e-mail: vniioh@yandex.ru

Irina V. Murav'eva – Junior Researcher of Biotechnological and Innovative Projects Department, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Enterprise “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”;
e-mail: vniioh@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Поляков А.В., Азопкова М.А., Лебедева Н.Н., Муравьёва И.В. *In vitro* регенерация растений чеснока озимого (*Allium sativum* L.) из воздушных луковичек // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 4. С. 115–124.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-115-124

FOR CITATION

Polyakov A., Azopkova M., Lebedeva N., Murav'eva I. *In Vitro* Regeneration of Winter Garlic Plants (*Allium Sativum* L.) from Air Bulbils. In: *Bulletin of the Moscow State Regional University, Series: Natural Sciences*, 2018, no 4, pp. 115–124.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-115-124