

Р.Т. Мусина^{1*}, А.К. Зейниденов¹, М.М. Силантьева²¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

*Автор для корреспонденции: rosanna_1983@mail.ru

Лазерная биостимуляция семенного материала *Lychnis chalconica*

В статье представлены данные о влиянии лазерного облучения на показатели жизнеспособности семенного материала *Lychnis chalconica*, рассмотрена динамика прорастания семян и проанализированы морфометрические параметры проростка. Семенной материал исследуемого вида предварительно депонировался в течение суток в парах жидкого азота, затем подвергался воздействию ионизирующего излучения в течение 30 с, 1, 2, 4 мин. В результате проведенных исследований было установлено, что лазерная биостимуляция приводит к улучшению показателей прорастания на 2,75 % по сравнению с контролем, то есть наблюдается 100-процентная всхожесть. Семена начинают прорастать на 2-е сутки, тогда как в контроле на 3-и сутки. Морфометрические параметры проростков изменились незначительно, но оказались более жизнеспособными по сравнению с контролем. Рекомендуется семена предварительно депонировать в жидком азоте, а затем облучать He-Ne лазером в течение 1 либо 4 мин.

Ключевые слова: семена, *Lychnis chalconica*, облучение, He-Ne лазер, криохранение, всхожесть, энергия прорастания, морфометрические параметры.

Введение

Изучение влияния лазерной биостимуляции в настоящее время является весьма перспективным направлением, так как воздействующие высоко когерентное излучение способствуют повышению урожайности хозяйственно-полезных культур и улучшению показателей прорастания семенного материала. Существует предпосевная обработка семян пищевых и кормовых культур. Но мало изучены вопросы биостимуляции семян лекарственных и декоративных растений, а также возможность криогенного хранения облученных семян в парах жидкого азота.

На основании проведенного анализа научных статей и монографий было определено положительное влияние лазерной биостимуляции на урожайность сельскохозяйственных культур, путем предпосевной обработки. В научных исследованиях различных ученых все чаще рассматриваются механизмы воздействия и лазерное облучение на растительный организм на молекулярно-генетическом уровне. Наблюдается улучшение показателей жизнеспособности семенного материала, за счет снижения грибковой и бактериальной активности, молодые проростки оказываются наиболее жизнеспособными. В семенах при воздействии лазерного луча происходит поглощение лучей отдельными структурами семенной оболочки, клетками эндосперма и зародыша, в дальнейшем наблюдается его вторичное излучение, в результате чего наблюдается энергообмен между семенами. Одним из основных свойств лазерной биостимуляции является монохроматичность луча. Подобная фотоактивация катализирует биохимические процессы на клеточном уровне и стимулирует рост и развитие проростка.

В результате антропогенной нагрузки на естественные фитоценозы ежегодно происходит фрагментация местообитания, снижение биологической продуктивности, резкое обеднение видового состава растительных сообществ, в результате сокращения численности [1–4]. В связи с этим возникает необходимость сохранения биологического разнообразия видов различными способами, одним из перспективных способов является сохранение растительных образцов в парах жидкого азота [5, 6].

В настоящее время проводятся различные научные исследования, посвященные изучению воздействия, лазерное облучение на растительный организм, сохранение жизнеспособности семян хозяйственно-полезных видов растений, в том числе и лекарственных.

Одним из таких мало изученных растений является декоративно-лекарственный вид *Lychnis chalconica* L. (сем. *Caryophyllaceae*). Данный вид обладает противовоспалительными и антимикотическими свойствами, является хорошим медоносом, морозостоек, засухоустойчив [7].

Материалы и методы исследования

В лабораторных исследованиях был использован семенной материал *L. chalconica*. Это многолетнее травянистое корневищное растение, достигающее в высоту до 100 см, с головчатыми шаровидными соцветиями до 10 см в диаметре, расположенными на верхушке побега [8].

Было проведено 2 варианта эксперимента: семена предварительно погружались в сжиженный азот на одни сутки, затем подвергались облучению гелий-неоновым лазером в течение 30 с, 1, 2 и 4 мин; семена, облученные лазером, высевались в чашки Петри. Длина волны лазерного луча составила 632,8 нм, а интенсивность воздействия — 5 мВт/см².

Замораживание семенного материала изучаемого вида осуществляли в криобирках в сосуде Дьюара в течение 24 ч при температуре –196°С [9].

Сразу после проведенных манипуляций семена высевали в чашки Петри на увлажненной дистиллированной водой фильтровальной бумаге в 4-кратной повторности. Семенной материал до посева подвергался протравливанию 0,5 % перманганатом калия в течение 5–6 мин. Чашки Петри с исследуемыми семенами помещали в климатическую камеру с постоянным температурным режимом +24 °С.

Исследование всхожести и энергии прорастания семенного материала производили согласно методическим указаниям М.С. Зориной и С.П. Кабанова [10], М.В. Мальцевой [11]. Наблюдения за ростом и развитием проростка проводили в течение 14 дней с момента наклевывания семени. Статистическую обработку данных, полученных в результате эксперимента, проводили согласно методическим указаниям Н.Л. Удольской [12] и с использованием онлайн калькулятора *medstatistic.ru* [13].

Результаты и их обсуждение

При проведении исследований было изучено влияние лазерной биостимуляции на жизнеспособность семенного материала *L. chalconica* была рассмотрена динамика прорастания семян. Семена исследуемого вида облучались лазерным лучом в течение 30 с, 1, 2 и 4 мин, затем оценивалась энергия прорастания и всхожесть семян с контрольной группой.

Всхожесть и энергия прорастания семенного материала наблюдались у семян, облученных лазерным лучом в течение 2 мин без предварительного нахождения в жидком азоте, и в варианте опыта с предварительной криоконсервацией в течение суток с последующим облучением в течение 1 и 4 мин — 100±0%, по сравнению с контрольными значениями показатели улучшились на 2,5 % (рис. 1, 2).

В вариантах опыта с облученным семенным материалом в течение 1 и 4 мин без предварительного криохранения оказалось, что энергия прорастания сравнима с показателями контрольной группы. А при облучении семян в течение 2 мин данный показатель увеличился на 2,5 %, в случае с воздействием ионизирующего излучения в течение 30 с — снизился на 5 %.

Проанализировав показатель энергии прорастания семян с предварительной криоконсервацией, было установлено увеличение на 2,5 % в варианте эксперимента с воздействием лазерного луча в течение 1 и 4 мин, снижение данного показателя наблюдалось у семян, облученных в течение 30 с на 2,5 %, 2 мин — 51,25 %.

Всхожесть семян исследуемого вида сравнима с контрольными значениями в следующих вариантах опыта: облученных в течение 4 мин без предварительного криохранения, подвергнутых воздействию ионизирующего излучения в течение 30 с и 2 мин с предварительным нахождением в течение суток в парах жидкого азота. В остальных вариантах эксперимента всхожесть увеличилась на 2,5 %.

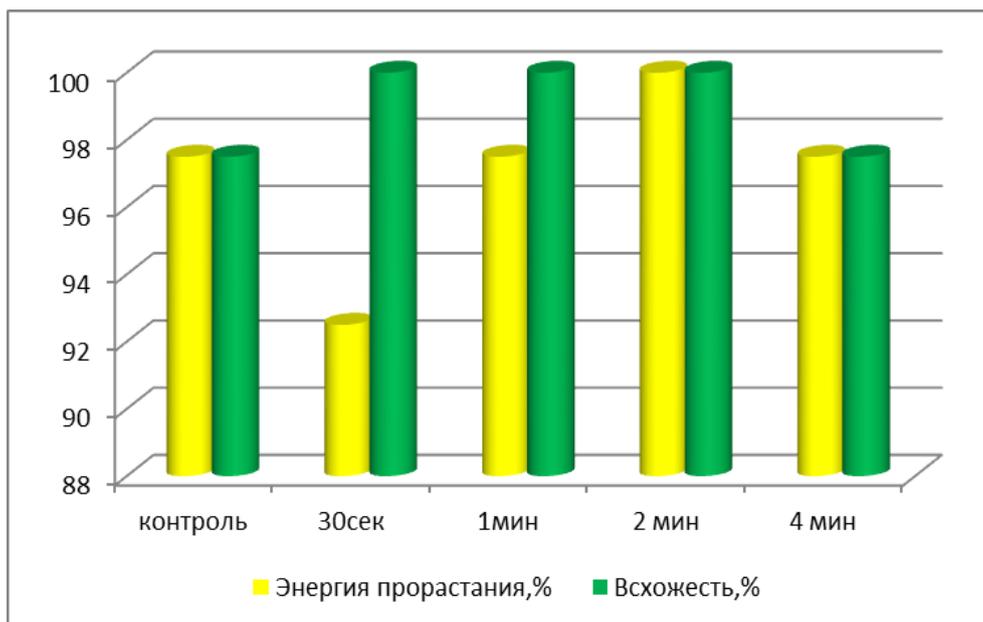


Рисунок 1. Показатели прорастания семян *Lychnis chalcedonica*, облученных лазерным лучом без предварительной криоконсервации

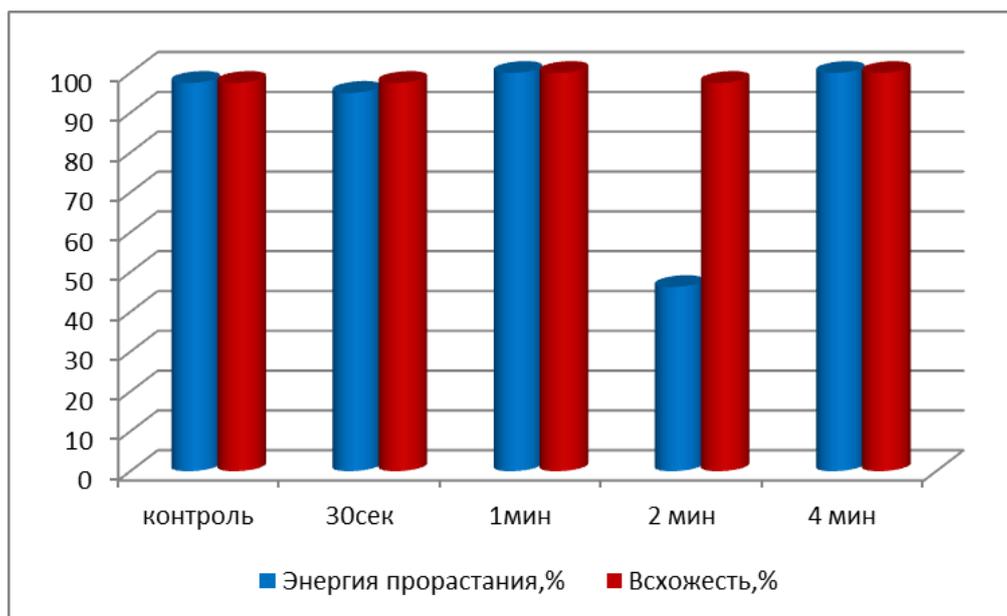


Рисунок 2. Жизнеспособность семенного материала *Lychnis chalcedonica* с предварительным криогенным хранением и последующим облучением лазером

Рассмотрев динамику прорастания семенного материала *L. chalcedonica* в различных вариантах эксперимента, было установлено, что облученные семена в течение 1, 2, 4 мин без предварительного криохранения начинают прорастать на 3-и сутки, а также семена, предварительно находившиеся в сжиженном азоте в течение 24 ч с последующим облучением в течение 30 с, 1, 2 и 4 мин. На 5-е сутки наблюдалось прорастание семян, облученных в течение 30 с, без предварительной криоконсервации. По сравнению с контрольными образцами, облученные семена прорастают быстрее на 1-е сутки (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Динамика прорастания облученных лазерным лучом семян *Lychnis chalconica*

Дни прорастания	Контроль	Всхожесть, %							
		без криоконсервации				с криоконсервацией			
		30 с	1 мин	2 мин	4 мин	30 с	1 мин	2 мин	4 мин
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	30,0± 11,55	20,0± 6,67	15,0± 3,33	40,0± 10,54	52,5± 8,6	27,5± 5,53	35,5±10
4	97,5± 2,89	-	30,0± 11,55	100,0±0	55,0± 7,45	40,0± 10,54	52,5± 8,6	27,5± 5,53	35,5±10
5	97,5± 2,89	92,5±5,53	97,5± 2,9	100,0	84,75± 14,03	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0
6	97,5± 2,89	92,5±5,53	100,0	100,0	97,5± 2,9	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0
7	97,5± 2,89	100,0	100,0	100,0	97,5± 2,9	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0
8	97,5± 2,89	100,0	100,0	100,0	97,5± 2,9	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0
9	97,5± 2,89	100,0	100,0	100,0	97,5± 2,9	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0
10	97,5± 2,89	100,0	100,0	100,0	97,5± 2,9	95,0± 3,33	100,0	97,5± 2,9	100,0

Изучено влияние лазерной биостимуляции на морфометрические параметры проростка. Установлено, что проростки, выросшие из семян без предварительного криогенного хранения, облученные в течение 30 с и 1 мин имеют меньшую длину корешка по сравнению с контролем в среднем на 0,86 мм, но большую длину гипокотилия в среднем на 4,62 мм. Длина семядолей превышает контрольные значения в среднем на 1,28 мм, а высота растений на 2,3 мм. С воздействием на семена ионизирующего излучения в течение 2 и 4 мин продемонстрировали удлинение корешка в среднем по сравнению с контрольной группой на 5,15 мм, гипокотилия на 2,33 мм, семядолей на 0,76 мм, высоты проростка на 3,95 мм. В вариантах опыта с предварительным хранением семян в парах жидкого азота и последующем облучении наблюдалось увеличение морфометрических параметров проростков: длина корешка в среднем увеличилась на 1,67 мм, длина гипокотилия уменьшилась в среднем на 0,94 мм, длина семядолей увеличилась на 1,41 мм, ширина семядолей изменилась незначительно, на 0,06 мм, высота проростка в среднем уменьшилась на 1,09 мм (табл. 2)

Т а б л и ц а 2

Морфометрические параметры проростков *Lychnis chalconica* в различных вариантах эксперимента с применением лазерной биостимуляции

Параметры проростка	Контроль	Без предварительного криохранения				С предварительным криохранением			
		30 с	1 мин	2 мин	4 мин	30 с	1 мин	2 мин	4 мин
Длина корешка, мм	17,2± 0,8	16,64±1,05	16,04±2,5	17,05±0,01	22,5± 1,6	17,46±1,04	20,09±0,79	18,27±0,27	19,68±1,37
Длина гипокотилия, мм	10,8± 0,35	16,78±1,25	14,07±0,06	13,75±1,68	12,62±1,72	10,08±0,42	10,05±0,08	9,7±1,2	9,25± 1,7
Длина семядолей, мм	3,0± 0,25	4,81±0,33	3,76± 1,5	3,01±0,02	2,25±1,6	4,38±0,3	4,71±0,11	3,65± 2,5	4,90± 0,19
Ширина семядолей, мм	1,25± 0,2	1,25±0,01	1,26±0,07	1,27±0,1	1,35±0,01	1,27±0,5	1,25±0,5	1,35±0,6	1,27± 0,17
Высота растения, мм	30,5± 0,4	33,01±1,04	32,25±1,02	29,7±1,07	35,27±1,07	27,64±1,04	30,70±0,99	30,07±0,8	29,23±1,41

Исходя из изложенного выше можно сделать вывод, что лазерная биостимуляция положительно влияет на развитие проростков. Наблюдается незначительное изменение в морфометрических параметрах, в целом, проростки хорошо развиты. При использовании предварительного криохранения семян исследуемого вида и последующего облучения, семена дают более жизнеспособные проростки, хорошо развит корешок с придаточными корешками, высота проростка меньше на 1,09 мм, чем в контрольной группе, но, тем не менее, молодое растение имеет лучшие жизненные показатели.

Таким образом, облученные He-Ne лазером семена *L. chalconica* продемонстрировали показатели прорастания, сравнимые с контрольными значениями, в отдельных вариантах опыта наблюдалось увеличение жизнеспособности на 2,5 %, проростки хорошо развиты и оказались более жизнеспособны, по сравнению с контрольной группой. В экспериментах установлено лучшее время воздействия ионизирующего излучения — 1–4 мин, с предварительным криохранением семян.

Заклучение

Согласно проведенному патентно-информационному поиску было установлено, что лазерная биостимуляция оказывает положительное воздействие на показатели жизнеспособности семян испытуемого вида и на онтогенез проростков. В целях долгосрочного депонирования рекомендуется семяна *L. chalconica* предварительно депонировать в парах жидкого азота, а затем воздействовать He-Ne лазером в течение 1–4 мин.

Исследования выполнены в рамках грантового проекта Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, № AP09259548.

Список литературы

- 1 Флора Казахстана. — Алма-Ата: Наука, 1964. — Т. 7. — 345 с.
- 2 Мухитдинов Н.М. Лекарственные растения / Н.М. Мухитдинов, Г.Н. Паршина. — Алматы: Қазақ университеті, 2002. — 313 с.
- 3 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы, 2014. — 200 с.
- 4 Красная книга Казахстана. — Т. 2. Растения. — Астана: ТОО Арт Print XXI, 2014. — 452 с.
- 5 Dixit S. Cryopreservation: a potential tool for long-term conservation of medicinal plants / S. Dixit, A.A. Narula, P.S. Srivastava // Plant Biotechnology and Molecular Markers. — New-Delhi: Anamaya Publisher, 2004. — P. 278–288. https://doi.org/10.1007/1-4020-3213-7_19
- 6 Chen S.-L. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress and prospects / S.-L. Chen, H.-M. Luo, Q. Wu, C.-F. Li, A. Steinmetz // Chinese Medicine. — 2016. — Vol. 11 (37). — P. 2–10. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>
- 7 Лекарственное растительное сырье. Фармакогнозия: учеб. пос. / под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой. — СПб.: Специальная литература, 2004. — 763 с.
- 8 Байтенов М.С. Флора Казахстана / М. С. Байтенов. — Алматы: Ғылым, 2001. — 331 с.
- 9 Додонова А.Ш. Рекомендации по криоконсервации семенного материала лекарственных и эндемичных видов растений / А.Ш. Додонова, Е.А. Гаврилькова, М.Ю. Ишмуратова, С.У. Глеукунова. — Караганда: Полиграфист, 2017. — 76 с.
- 10 Зорина М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / М.С. Зорина, С.П. Кабанов // Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1986. — С. 75–85.
- 11 Мальцева М.В. Пособие по определению посевных качеств семян лекарственных растений / М.В. Мальцева. — М., 1950. — 56 с.
- 12 Удольская Н.Л. Методика биометрических расчетов / Н.Л. Удольская. — Алма-Ата: Наука, 1976. — 45 с.
- 13 Medstatistic. Сайт для статистической обработки данных. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://medstatistic.ru/>

Р.Т. Мусина, А.К. Зейниденов, М.М. Силантьева

***Lychnis chalconica*–ның тұқымдық материалының лазерлік биостимуляциясы**

Мақалада *Lychnis chalconica*–ның тұқымдық материалының өміршеңдік көрсеткіштеріне лазерлік сәулеленудің әсері туралы мәліметтер келтірілген, тұқымның өну динамикасы қарастырылған және өскіннің морфометриялық параметрлері талданған. Зерттелетін түрдің тұқымдық материалы бір тәулік ішінде сұйық азот буларында алдын-ала сақталды, содан кейін 30 секунд, 1, 2, 4 минут ішінде иондаушы сәулелендіру әсеріне ұшырады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде лазерлік биостимуляцияның бақылаумен салыстырғанда өну көрсеткіштерінің 2,75% жақсаруына әсер ететіні анықталды, яғни 100% өну байқалған. Тұқымдар 2 тәулікте, ал бақылауда 3 тәулікте өсе бастайды. Көшеттердің морфометриялық өлшемдері айтарлықтай өзгерген жоқ, бірақ бақылаумен салыстырғанда өміршен

болды. Тұқымдарды алдымен сұйық азотқа салып, содан кейін 1 немесе 4 минут бойы He-Ne лазермен сәулелендіру ұсынылған.

Кілт сөздер: тұқымдар, *Lychnis chalconica*, сәулелендіру, He-Ne лазері, криосақтау, өңгіштік, өну қарқыны, морфометриялық өлшемдер.

R.T. Musina, A.K. Zeinidenov, M.M. Silantieva

Laser biostimulation of seed material *Lychnis chalconica*

The article presents data on the effect of laser irradiation on the viability of the seed material of *Lychnis chalconica*, considers the dynamics of seed germination, and analyzes the morphometric parameters of the seedling. The seed material of the studied species was previously deposited for a day in liquid nitrogen vapor, then exposed to ionizing radiation for 30 seconds, 1, 2, 4 minutes. As a result of the studies, it was found that laser biostimulation leads to an improvement in germination rates by 2.75% compared to the control, i.e. 100% germination is observed. Seeds begin to germinate on the 2nd day, while in the control on the 3rd day. The morphometric parameters of the seedlings did not change significantly, but turned out to be more viable compared to the control. It is recommended to pre-deposit the seeds in liquid nitrogen, and then irradiate with a He-Ne laser for 1 or 4 minutes.

Keywords: seeds, *Lychnis chalconica*, irradiation, He-Ne laser, cryopreservation, germination, germination energy, morphometric parameters.

References

- 1 (1964). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 2 Mukhitdinov, N.M. & Parshina, G.N. (2002). Lekarstvennye rasteniia [Medicinal plants]. Almaty: Qazaq university [in Russian].
- 3 Grudzinskaia, L.M., Gemejjeva, N.G., Nelina, N.V. & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana [Annotated lists of medicinal plants of Kazakhstan]. Almaty [in Russian].
- 4 (2014). Krasnaia kniga Kazakhstana. T. 2. Rasteniia [The red book of Kazakhstan. Vol. 2. Plants]. Astana: «Art Print XXI» Ltd [in Russian].
- 5 Dixit, S., Narula, A.A. & Srivastava, P.S. (2004). Cryopreservation: a potential tool for long-term conservation of medicinal plants. *Plant Biotechnology and Molecular Markers*. New-Delhi: Anamaya Publisher, 278–288. https://doi.org/10.1007/1-4020-3213-7_19.
- 6 Chen, S.-L., Luo, H.-M., Wu, Q., Li, C.-F. & Steinmetz, A. (2016). Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress and prospects. *Chinese Medicine*, 11(37), 2–10. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>.
- 7 Lekarstvennoe rastitelnoe syre. Farmakognozia: Uchebnoe posobie [Medicinal raw materials. Pharmacognosy. Manual]. Saint-Petersburg: Nauka [in Russian].
- 8 Baitenov, M.S. (2001). *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Almaty: Gylym [in Russian].
- 9 Dodonova, A.Sh., Gavrilkova, E.A., Ishmuratova, M.Yu. & Tleukenova, S.U. (2017). *Rekomendatsii po kriokonservatsii semennogo materiala lekarstvennykh i endemichnykh vidov rastenii [Recommendation on cryopreservation of seed materials of medicinal and endemic plants]*. Karaganda: Polygraphist [in Russian].
- 10 Zorina, M.S. & Kabanov, S.P. (1987). Opredelenie semennoi produktivnosti i kachestva semian introdutsentov [Determination of seed productivity and quality of seeds of introduced plants]. *Metodiki introduktsionnykh issledovaniy — Methodology of introduction study in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka, 75–85 [in Russian].
- 11 Maltseva, M.V. (1950). Posobie po opredeleniiu posevnykh kachestv semian lekarstvennykh rastenii [Manual for determination of seed quality of medicinal plants]. Moscow [in Russian].
- 12 Udolskaia, N.L. (1976). Metodika biometricheskikh raschetov [Methodic of biometric accounts]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 13 Medstatistic. Sait dlia statisticheskoi obrabotki dannykh [Medstatistic. Site for statistical data processing]. Retrieved from <https://medstatistic.ru/> [in Russian].