

Елена Николаевна Барсукова^{1✉}, Алексей Григорьевич Клыков², Елена Леонидовна Чайкина³

^{1,2}Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Приморский край, Россия

³Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток, Россия

¹enbar9@yandex.ru

²alex.klykov@mail.ru

³chaykin.dima@yandex.ru

СЕЛЕКЦИЯ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КУЛЬТУРЫ *IN VITRO*

Цель исследования – получение на селективных средах в культуре *in vitro* стрессоустойчивых растений-регенерантов гречихи и отбор в полевых условиях образцов с улучшенными селекционными характеристиками. Объект исследования – сорта Китавадесоба (Япония), Изумруд (Россия), гибрид Изумруд × Китавадесоба. Исследование по получению растений-регенерантов гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) проведено на базе лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Микрочеренки и каллус гречихи культивировали в течение 25 дней на селективных средах с минеральной основой по Мурасиге и Скугу (МС) без добавления гормонов, дополненных, в зависимости от варианта опыта: сульфатом цинка – 202, 404, 606 мг/л или сульфатом меди – 23, 46, 69, 161, 184 мг/л. Контроль – безгормональная среда МС, содержащая 0,025 мг/л сернокислой меди и 8,6 мг/л сернокислого цинка. Микрочеренки растений гречихи сорта Изумруд пассировали на среды с содержанием салициловой кислоты (СК) в культуре *in vitro* 6,9; 13,8; 20,7; 27,6 мг/л в течение 24 ч, 48 ч и 24 сут. Накопление рутина возросло на 33,6 % по сравнению с контролем после культивирования микропобегов гречихи сорта Изумруд в условиях *in vitro* на среде с повышенным содержанием сульфата меди (161 мг/л). В последующих поколениях у растений, выращиваемых в селекционном питомнике, повышенный биосинтез рутина сохранился. Кратковременное воздействие в течение 2 сут салициловой кислотой (6,9 и 13,8 мг/л) на ткани микропобегов способствовало увеличению содержания рутина в растениях-регенерантах на 91,8 и 69,2 % соответственно. Изучение в полевых условиях селекционного питомника семенного потомства 11 регенерантных линий, толерантных к ионам меди и цинка, позволило отобрать 5 перспективных линий, выделившихся по комплексу ценных признаков (продуктивность, крупнозерность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость).

Ключевые слова: гречиха посевная, селекция *in vitro*, селективная среда, сульфат меди, сульфат цинка, салициловая кислота, растения-регенеранты, рутин, селекционный питомник

Для цитирования: Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Селекция гречихи посевной с применением культуры *in vitro* // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 17–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-17-23.

Elena Nikolaevna Barsukova^{1✉}, Alexey Grigorievich Klykov², Elena Leonidovna Chaikina³

^{1,2}Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Primorsky Region, Russia

³G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry of FEB RAS, Vladivostok, Russia

¹enbar9@yandex.ru

²alex.klykov@mail.ru

³chaykin.dima@yandex.ru

THE BREEDING OF COMMON BUCKWHEAT USING *IN VITRO* CULTURE METHODS

The purpose of the study is to obtain stress-resistant plants – buckwheat regenerants on selective media *in vitro* culture and to select samples with improved breeding characteristics in the field. The object of the study is the varieties Kitawasesoba (Japan), Izumrud (Russia), the hybrid Izumrud × Kitawasesoba. A study on the production of regenerated plants of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) was carried out on the basis of the laboratory of agricultural biotechnology of the Federal Scientific Center for Agricultural Biotechnology of the Far East named after I.I. A.K. Chaika. Microcuttings and callus of buckwheat were cultivated for 25 days on selective media with a mineral base according to Murashige and Skoog (MS) without the addition of hormones, supplemented, depending on the variant of the experiment: zinc sulfate – 202, 404, 606 mg/l or copper sulfate – 23, 46, 69, 161, 184 mg/l. Control – hormone-free MS medium containing 0.025 mg/l copper sulfate and 8.6 mg/l zinc sulfate. Microcuttings of Izumrud buckwheat plants were passaged on media containing salicylic acid (SA) in an *in vitro* culture of 6.9; 13.8; 20.7; 27.6 mg/l for 24 hours, 48 hours and 24 days. The accumulation of rutin increased by 33.6 % compared with the control after cultivation of buckwheat microshoots of the Izumrud variety under *in vitro* conditions on a medium with a high content of copper sulfate (161 mg/l). In subsequent generations, in plants grown in a breeding nursery, the increased biosynthesis of rutin was preserved. Short-term exposure for 2 days to salicylic acid (6.9 and 13.8 mg/l) on microshoot tissues contributed to an increase in the content of rutin in regenerated plants by 91.8 and 69.2 %, respectively. The field study of the breeding nursery of seed progeny of 11 regenerative lines tolerant to copper and zinc ions made it possible to select 5 promising lines distinguished by a complex of valuable traits (productivity, coarse grain, stress resistance, genetic flexibility).

Keywords: common buckwheat, *in vitro* breeding, selective medium, copper sulfate, zinc sulfate, salicylic acid, regenerated plants, rutin, breeding nursery

For citation: Barsukova E.N., Klykov A.G., Chaikina E.L. The breeding of common buckwheat using *in vitro* culture methods // Bulliten KrasSAU. 2023;(5): 17–23. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-17-23.

Введение. В связи с глобальным ухудшением климата планеты, которое происходит в последние десятилетия, важнейшей проблемой современного растениеводства и селекции является повышение устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам [1]. Создание сортов, устойчивых к экологическим факторам среды, лимитирующим формирование потенциально возможной продуктивности, особенно актуально для Приморского края, как региона с муссонным климатом.

Для получения форм растений с повышенным уровнем стрессоустойчивости успешно используют новые биотехнологические подходы. Система *in vitro* является комплексным фактором, влияющим на генетическую программу растений. Получение клеточных культур из различных частей растения с использованием летальных доз ионов тяжелых металлов, манипуляции с ними могут служить базисом для последующего отбора вариантов с качественно новыми показателями [2, 3].

В ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки работа с применением в качестве селективного фактора тяжелых металлов при культивировании гречихи *in vitro* проводится с

2006 г. За это время получено более 60 образцов гречихи, толерантных к тяжелым металлам. В 2021 г. новый сорт гречихи Уссурочка, созданный при использовании в селекционном процессе толерантной к меди регенерантной линии, включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Дальневосточному региону [4].

Цель исследования – получение на селективных средах в культуре *in vitro* стрессоустойчивых растений-регенерантов гречихи и отбор в полевых условиях образцов с улучшенными селекционными характеристиками.

Объекты и методы. Исследование по получению растений-регенерантов гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) проведено на базе лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки по ранее описанной методике [5, 6]. Объектом исследования служили сорта: Китавадесоба (Япония), Изумруд (Россия), гибрид Изумруд × Китавадесоба. Микрочеренки и каллус гречихи культивировали в течение 25 дней на селективных средах с минеральной основой по Мурасиге и Скугу (МС) без добавления гормонов, дополненных (в зависи-

мости от варианта опыта): сульфатом цинка – 101, 404, 606 мг/л или сульфатом меди – 23, 46, 69, 161, 184 мг/л. Контроль – безгормональная среда МС, содержащая 0,025 мг/л сернистой меди и 8,6 мг/л сернистого цинка. Микроцеллюлозные растения гречихи сорта Изумруд пассировали на среды с содержанием салициловой кислоты (СК) в культуре *in vitro* 6,9; 13,8; 20,7; 27,6 мг/л в течение 24 ч, 48 ч и 24 сут.

Пробирочные растения выращивали в контролируемых условиях световой комнаты при 16-часовом дне, температуре 23 °С, освещенности 4 тыс. лк. Растения-регенеранты (R₀) высаживали в почву, размноженное семенное потомство регенерантов (R₁ и далее) изучали в полевых условиях селекционного питомника (СП). Содержание рутина в растительных пробах определяли по М.Н. Запрометову [7] в Тихоокеанском институте биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН. Адаптивные свойства селекционных образцов, толерантных к ионам тяжелых металлов, по признаку семенной продуктивности оценивали по параметрам стрессоустойчивости, генетической гибкости [8]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [9].

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в мировой и российской селекции гречихи актуальным направлением является выведение сортов с повышенным содержанием рутина [10–12]. Способность к повышенному синтезу фенольных соединений может служить критерием высокой устойчивости растений к действию стрессовых факторов [11, 13]. Отбор форм гречихи с повышенным содержанием флавоноидов способствует выведению адаптивных сортов, устойчивых к разнообразным стрессовым факторам внешней среды. В процессе эксперимента выявлен определенный токсический эффект солей меди и цинка в повышенных концентрациях, который привел к снижению регенерационной способности растений гречихи в культуре *in vitro*. Салициловая кислота индуцировала ранний переход растений-регенерантов к цветению. Все это затрудняло микроклональное размножение и дальнейшее изучение полученного опытного материала в полном объеме.

Биохимический анализ показал, что в контрольных растениях сорта Изумруд в культуре *in vitro* содержание рутина составляло 1,46 %, значение данного показателя в микрорастениях после обработки салициловой кислотой (СК) варьировало от 1,14 до 2,8 % (табл. 1).

Таблица 1

Содержание рутина в растительных образцах растений-регенерантов гречихи сорта Изумруд, полученных в результате воздействия различных селективных агентов в культуре *in vitro*

Селективный агент	Содержание селективного агента в культуральной среде, мг/л	Период культивирования		Содержание рутина, %
		сут	ч	
Контроль	0	25	–	1,46 ± 0,1
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	404,0	25	–	1,52 ± 0,1
	606,0	25	–	1,69 ± 0,1
CuSO ₄ · 5H ₂ O	161,0	25	–	1,95 ± 0,1*
	184,0	25	–	1,14 ± 0,0
Салициловая кислота	6,9	24	–	2,21 ± 0,1*
	20,7	24	–	1,23 ± 0,0
	13,8	–	24	2,10 ± 0,2*
	27,6	–	24	1,69 ± 0,1
	20,7	–	48	1,55 ± 0,1
	6,9	–	48	2,8 ± 0,1**
	13,8	–	48	2,47 ± 0,1**
$\bar{x} \pm S\bar{x}$				1,82 ± 0,14
HCP ₀₅				0,42

Здесь и далее: \bar{x} – среднее значение параметра; $S\bar{x}$ – ошибка среднего значения параметра; (*) – различия достоверны в сравнении с контролем; (**) – различия достоверны со средней по опыту и контролем при P < 0,05.

Максимальное содержание рутина (2,8 %) отмечено у растений сорта Изумруд, микропобеги которых культивировали в течение 2 сут на среде с содержанием СК 6,9 мг/л. При увеличении концентрации СК до 13,8 мг/л накопление рутина в растениях *in vitro* уменьшилось и составило 2,47 %. Длительная обработка в течение 24 сут и высокая концентрация СК в питательной среде (20,7 мг/л) отрицательно повлияли на биосинтезе рутина: происходило снижение его в растительных тканях до 1,23 %, что ниже, чем в контрольных растениях.

При воздействии сульфата меди в дозе 161 мг/л на микропобеги сорта Изумруд в условиях *in vitro* отмечено максимальное содержание рутина (1,95 %), на 33,6 % больше, чем в контроле. В полевых условиях наибольшее содержание рутина также наблюдалось в растениях гречихи сорта Изумруд, полученных при воздействии высоких концентраций сульфата

меди (184 и 161 мг/л) – 3,93 и 3,84 % соответственно, при содержании в контроле – 3,19 %.

В полевых условиях селекционного питомника в течение трех лет (2019–2021 гг.) оценивали семенное потомство 11 регенерантных линий, полученных в результате регенерации из каллуса и микропобегов на средах с высоким содержанием ионов меди и цинка (табл. 2). Превышение показателя продуктивности семян по сравнению с исходными формами и сортом стандартом Изумруд отмечено у растений семи линий, толерантных к меди (№ 3–9) и двух к цинку – № 11, № 13. Регенерантные линии гречихи характеризовались крупнозерностью, масса 1000 зерен составляла 32,0–39,1 г при низкой вариабельности данного показателя ($V = 6,2$ %). Исходную форму по данному признаку превысили три линии, полученные на селективной среде с ионами меди (№ 3–5) и одна – с ионами цинка (№ 13).

Таблица 2

Селекционные показатели образцов гречихи, полученных при воздействии высоких концентраций меди и цинка в питательной среде в культуре *in vitro* (СП, 2019–2021 гг.)

Номер линии	Сорт, регенерантная линия	Концентрация сульфата меди (цинка), мг/л	Продуктивность семян с 1-го растения, г			Стрессоустойчивость $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$	Масса 1000 зерен, г
			$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Y_2 (min)	Y_1 (max)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Изумруд (стандарт)	0	4,8±0,9	3,1	6,2	-3,1	4,7	35,8±1,1
2	Китавасесоба (исходный сорт)	0	5,3±0,6	4,1	6,2	-2,1	5,2	33,1±1,1
3	Изумруд × Китавасесоба 1 Cu ⁺² (МП)	11,5	6,1±1,0**	4,1	7,7	-3,6	5,9	39,1±1,5**
4	Изумруд × Китавасесоба 10 Cu ⁺² (МП)	115,0	5,4±0,9*	4,0	6,9	-2,9	5,5	35,4±1,4**
5	Изумруд × Китавасесоба 14 Cu ⁺² (МП)	161,0	5,8±1,0*	4,4	7,9	-3,5	6,2	35,8±1,2**
6	Изумруд × Китавасесоба 16 Cu ⁺² (МП)	184,0	6,2±1,2**	3,8	7,9	-4,1	5,9	34,07±1,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Китавасесоба 4 Cu ⁺² + колхицин 48 ч (МП)	46,0	5,9±0,3**	5,6	6,6	-1,0	6,1	33,2±1,8
8	Китавасесоба R 29 Cu ⁺² (К)	69,0	5,8±1,0*	3,7	7,1	-3,4	5,4	32,0±2,3
9	Китавасесоба R 30 Cu ⁺² (К)	69,0	7,1±0,7**	6,5	7,8	-1,3	7,2	34,8±2,4
10	Китавасесоба R 62 Cu ⁺² (К)	69,0	5,3±1,0	3,5	7,0	-3,5	5,3	31,9±2,3
11	Китавасесоба 1 Zn ⁺² (МП)	101,0	5,6±0,5*	4,9	6,6	-1,7	5,8	34,9±2,2
12	Китавасесоба 4 Zn ⁺² (МП)	404,0	4,8±0,9	3,9	5,7	-1,8	4,8	36,5±4,9
13	Китавасесоба 6 Zn ⁺² (МП)	606,0	5,6±1,3*	3,1	7,5	-4,4	5,3	38,2±2,1**
V, %			10,8					6,2
НСР ₀₅			0,52					1,87

Примечание: (*) – различия достоверны со стандартом, (**) с исходной формой при P < 0,05; МП – образец получен в результате регенерации из микропобега, К – каллуса.

Уровень устойчивости к стрессам является генетически контролируемым и наследуемым признаком, который проявляется, когда растения оказываются под действием экстремально-го фактора [14]. Высокую устойчивость к стрессу показали линии № 7, 9. Средняя урожайность сортов в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях ($Y_1 + Y_2 / 2$) характеризует их генетическую гибкость. Максимальные соотношения между генотипом и факторами среды отмечены у регенерантов № 9 (7,2 г), № 5 (6,2 г), № 7 (6,1 г), а также № 3, 6 (5,9 г).

Заключение. В результате исследования установлено, что культивирование микропобегов *in vitro* на среде с салициловой кислотой в концентрации 6,9; 13,8 мг/л в течение 48 ч и сульфата меди в концентрации 161, 184 мг/л способствует повышенному накоплению рутина в надземной части растений гречихи. Для дальнейшей селекции отобрано семь перспективных регенерантных линий, выделившиеся по комплексу показателей (продуктивность, крупнозерность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость), в т. ч. толерантных к меди (№ 3, 5, 6, 7, 9) и к цинку (№ 11, 13).

Список источников

1. Снакин В.В. Глобальное изменение климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. 2019. № 2 (41). С. 148–164. DOI: 10.29003/m649.0514-7468.2019_41_2/121-246.
2. Сергеева Л.Е., Бронникова Л.И. Ионы тяжелых металлов *in vitro*: новые идеологии для получения генетически измененных форм растений // Вестник защиты растений. 2016. № 3 (89). С. 152–153.
3. Rout G.R., Das P. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. // Agropomie. 2003. Vol. 23. P. 3–11.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. М.: Росинформагротех, 2021. 719 с.
5. Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Использование метода культуры ткани для создания новых форм *Fagopyrum esculentum* Moench // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 3–6. DOI: 10.31857/S2500-2627201953-6.
6. Использование методов биотехнологии в селекции гречихи на Дальнем Востоке / Е.Н. Барсукова [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2020. № 4. С. 58–66. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.010.
7. Запроматов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
8. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых

- культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
 10. Клыкков А.Г., Барсукова Е.Н. Биотехнология и селекция гречихи на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2021. 351 с.
 11. Перспективы и результаты селекции *Fagopyrum esculentum* Moench на повышенное содержание флавоноидов / А.Г. Клыкков [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2019. № 3. С. 5–16. DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.001.
 12. Breeding Buckwheat for Increased Levels of Rutin, Quercetin and Other Bioactive Compounds with Potential Antiviral Effects / Z. Luthar [et al.] // Plants. 2020.9(12):1638. DOI: 10.3390/plants9121638.
 13. Особенности образования фенольных соединений в проростках гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) различных сортов / В.В. Казанцева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 611–619. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.611rus.
 14. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. руководство. Л.: ВИР, 1988. 226 с.
 5. Barsukova E.N., Klykov A.G., Chajkina E.L. Ispol'zovanie metoda kul'tury tkani dlya sozdaniya novyh form *Fagopyrum esculentum* Moench // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2019. № 5. S. 3–6. DOI: 10.31857/S2500-2627201953-6.
 6. Ispol'zovanie metodov biotekhnologii v selekcii grechihi na Dal'nem Vostoke / E.N. Barsukova [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 2020. № 4. S. 58–66. DOI: 10.37102/0869 7698.2020.212.4.010.
 7. Zaprometov M.N. Fenol'nye soedineniya: rasprostranenie, metabolism i funkcii v rasteniyah. M.: Nauka, 1993. 272 s.
 8. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i `ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur // Vestnik Rossel'hozakademii. 2005. № 6. S. 49–53.
 9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
 10. Klykov A.G., Barsukova E.N. Biotekhnologiya i selekciya grechihi na Dal'nem Vostoke Rossii. Vladivostok: Dal'nauka, 2021. 351 s.
 11. Perspektivy i rezul'taty selekcii *Fagopyrum esculentum* Moench na povyshennoe sodержание flavonoidov / A.G. Klykov [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 2019. № 3. S. 5–16. DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.001.
 12. Breeding Buckwheat for Increased Levels of Rutin, Quercetin and Other Bioactive Compounds with Potential Antiviral Effects / Z. Luthar [et al.] // Plants. 2020.9(12):1638. DOI: 10.3390/plants9121638.
 13. Osobennosti obrazovaniya fenol'nykh soedinenij v prorstkah grechihi (*Fagopyrum esculentum* Moench) razlichnykh sortov / V.V. Kazanceva [I dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50, № 5. S. 611–619. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.611rus.
 14. Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdeystviyam: metod. rukovodstvo. L.: VIR, 1988. 226 s.

References

1. Snakin V.V. Global'noe izmenenie klimata: prognozy i real'nost' // Zhizn' Zemli. 2019. № 2 (41). S. 148–164. DOI: 10.29003/m649.0514-7468.2019_41_2/121-246.
2. Sergeeva L.E., Bronnikova L.I. Iony tyazhelykh metallov *in vitro*: novye ideologii dlya polucheniya geneticheski izmenennykh form rastenij // Vestnik zaschity rastenij. 2016. № 3 (89). S. 152–153.
3. Rout G.R., Das P. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. // Agromie. 2003. Vol. 23. P. 3–11.
4. Gosudarstvennyj reestr selekcionnykh dostizhenij, dopuschennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenij. M.: Rosinformagroteh, 2021. 719 s.

Статья принята к публикации 10.03.2023 / The article accepted for publication 10.03.2023.

Информация об авторах:

Елена Николаевна Барсукова¹, исполняющая обязанности заведующей лабораторией, ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Алексей Григорьевич Клыков², заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, доктор биологических наук, академик РАН

Елена Леонидовна Чайкина³, научный сотрудник лаборатории биоиспытаний и механизма действия биологически активных веществ

Information about the authors:

Elena Nikolaevna Barsukova¹, Acting Head of the Laboratory, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology, Candidate of Agricultural Sciences

Alexey Grigorievich Klykov², Head of the Department of Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops, Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Elena Leonidovna Chaikina³, Researcher, Laboratory of Biotesting and Mechanism of Action of Biologically Active Substances

