

УДК 631.527:635.655
ГРНТИ 68.35.03; 68.35.31

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13032>

Кодирова Г.А., канд. техн. наук;
Кубанкова Г.В., ст. науч. сотр.;
Низкий С.Е., канд. биол. наук;
Фисенко П.В., канд. биол. наук

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В СЕМЕННОМ МАТЕРИАЛЕ СОМАКЛОНАЛЬНЫХ ЛИНИЙ СОИ¹

© Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В., Низкий С.Е., Фисенко П.В., 2020

Резюме. Целью исследований являлось изучение содержания белка и его аминокислотного состава в семенах сортообразцов (линии) сои, полученных методом соматклональной изменчивости в культуре *in vitro*, с применением в питательных средах ионов кадмия. Соматклональные линии получены в селекционном питомнике ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в соответствии с принятой для Приморского края агротехникой в 2017–2018 гг. Исследования биохимического состава семян сои проводили в испытательной лаборатории ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института сои». Сортообразцы анализировали на содержание белка и его аминокислотный состав методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «FOSS NIRSystems 5000». На основании полученных данных выявлены линии с достоверным превышением уровня стандарта по следующим признакам: содержанию белка на 5.3–9.5%, гистидина на 56–82%, лейцина на 3.8–5.0%, изолейцина на 18%. В результате кластерного анализа выделены три группы (подкластеры) регенерантов, отличающихся по комплексу биохимических признаков с улучшенными характеристиками. Для линий первой группы (R1590, R1583) характерно высокое содержание белка – 40.4–42.2%. Вторая группа представлена линиями (R1597, R1569), сочетающими в себе высокое содержание белка (39.9–40.3%) и гистидина (9.0–9.1%). Третья – объединяет среднебелковую группу соматклонов (R1606, R1567, R1585) с повышенным содержанием гистидина (7.8–8.7%) и лейцина (8.3–8.4%).

Ключевые слова: соя, соматклональные линии, ионы, тяжелые металлы, кадмий, биохимический анализ, белок, аминокислотный состав.

UDC 631.527:635.655

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13032>

G.A. Kodirova, Cand. Tech. Sci.;
G.V. Kubankova, Senior Researcher;
S.E. Nizkiy, Cand. Biol. Sci.;
P.V. Fisenko, Cand. Biol. Sci.

EVALUATION OF PROTEIN CONTENT IN SEED MATERIAL OF SOMACLONAL SOYBEAN LINES

Abstract. The goal of the research was to study the protein content and its amino acid composition in the seeds of soybean variety samples (lines) obtained by the somaclonal variability method in culture *in vitro* using of cadmium ions in nutrient media. Somaclonal lines were obtained in the breeding nursery of Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika in accordance with the agrotechnics adopted for Primorskiy Krai in 2017–2018. Studies of the bio-

¹ Работа выполнена при поддержке программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН»

chemical composition of soybean seeds were carried out at the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean Test Laboratory. Variety samples were analyzed for protein content and its amino acid composition by the near-infrared spectroscopy method using “FOSS NIR Systems 5000” analyzer. On the basis of the obtained data, we found lines with a significant excess of the standard level concerning the following characteristics: protein content by 5.3–9.5%, histidine – by 56–82%, leucine – by 3.8–5.0%, and isoleucine – by 18%. As a result of cluster analysis, three groups (subclusters) of regenerants were singled out, which differ in a complex of biochemical features with improved characteristics. The lines of the first group (R1590, R1583) are characterized by high protein content – 40.4–42.2%. The second group is represented by lines (R1597, R1569) combining a high content of protein (39.9–40.3%) and histidine (9.0–9.1%). The third one combines the middle-protein group of somaclones (R1606, R1567, R1585) with an increased content of histidine (7.8–8.7%) and leucine (8.3–8.4%).

Key words: soybean, somaclonal lines, ions, heavy metals, cadmium, biochemical analysis, protein, amino acid composition.

Введение. Одной из основных зерно-бобовых культур в агропромышленном производстве Дальнего Востока является соя, превосходящая другие культуры по совокупному содержанию белка и масла в семенах. Высокий спрос перерабатывающей и комбикормовой промышленности на высокобелковое растительное сырье служит мотивационной основой для возникновения селекционных программ по выведению новых сортов сои с комплексом адаптивных свойств и технологических преимуществ [1-2]. Соя обладает низким уровнем генетической изменчивости, поэтому наряду с традиционными методами гибридизации в селекции всё большее применение находят биотехнологические приемы, направленные на увеличение генетического разнообразия и создания сортов с комплексной устойчивостью к неблагоприятным факторам. Одним из перспективных направлений в селекции новых сортов является введение их в культуру с целью индукции соматональных вариантов. Соматональные вариации возникают вследствие цитогенетической изменчивости клеток, а их частота на несколько порядков превышает частоту спонтанных мутаций. Добавление в питательные среды различных селективных агентов, имитирующих воздействие неблагоприятных факторов, создает провокационный фон и позволяет проводить целенаправленный отбор устойчивых клеточных клонов, а впоследствии – растений-регенерантов, которые отличаются от

исходных форм и нередко даже превосходят их по хозяйственно ценным признакам, а также могут являться исходным материалом для традиционной селекции данной культуры [1, 3, 4].

Влияние на растения ионов тяжелых металлов в последнее время приобретает все большее значение среди широкого ряда абиотических факторов и может быть причиной ионного стресса у растений [3]. Высокой токсичностью, даже при низкой концентрации, выделяется среди тяжелых металлов кадмий. Главной опасностью кадмия, как и других рассеянных в среде токсикантов, является его способность мигрировать и концентрироваться в пищевых цепях и в силу этого негативно влиять на здоровье человека. У растений кадмий замедляет рост и развитие, вызывает некрозы и хлорозы, оказывая влияние на многочисленные биохимические и физиологические процессы, протекающие в растительной клетке. Поэтому использование методов клеточной инженерии по созданию устойчивых к тяжелым металлам сортов сои является перспективным направлением, стимулирующим генетические исследования в данной области [3, 5-8]. Так, для получения нового исходного материала, в целях выделения ценных генотипов научными сотрудниками лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» активно используются возможности создания *in vitro* данных форм с применением в

питательных средах ионов тяжелых металлов в качестве мутагенного фактора [1, 3, 9-11].

Так как соя, в основном, возделывается с целью дальнейшего использования в производстве кормов и пищевых продуктов, то, с точки зрения практического использования проявления соматоклональной изменчивости, особенно важным является изучение наследуемых в потомстве хозяйственно ценных признаков, основным показателем которых является содержание белка, сбалансированного по аминокислотному составу. Исследования в данном направлении могли бы использоваться в селекционной программе выведения высокопродуктивных и устойчивых к неблагоприятным факторам среды растений [1, 3, 4, 10-15].

Цель исследований. Изучить содержание белка и его аминокислотный состав в семенах сортообразцов сои, полученных методом соматоклональной изменчивости *in vitro*, с применением в питательных средах в качестве мутагенного фактора ионов кадмия.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в испытательной лаборатории ФГБНУ ВНИИ сои г. Благовещенск Амурской области. Для проведения испытаний были использованы семена соматоклональных линий сои, полученные методом культуры ткани, с использованием, в качестве мутагенного фактора в питательной среде, ионов Cd^{2+} . Растения-регенеранты выращивали в 2017–2018 гг. в селекционном питомнике ФГБНУ «ФНИЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в соответствии с принятой для Приморского края агротехникой.

Предмет исследований – регенерантные линии: R1590, R1583, R1597, R1585, R1606, R1567, R1569, полученные на средах с ионами тяжелых металлов Cd^{2+} в концентрации 5 и 10 мг/л. В качестве стандарта использовали сорт сои Ходсон (исходная форма).

Биохимический состав семян сои (содержание белка, аминокислотный состав) определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «FOSS NIRSystems 5000». Метод основан на регистрации спектров отражения в ближней инфракрасной области (1100–2500 нм) и определении в анализируемых пробах массовых долей белка и аминокислот. Расчет значений показателей производился по заранее созданным градуировочным моделям. Статистическую обработку результатов проводили методами дисперсионного и кластерного анализов с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Результаты исследований. Основным показателем пищевой ценности сои является содержание сбалансированного по аминокислотному составу белка. Согласно классификации сорт сои Ходсон относится к сорту, характеризующемуся средним содержанием белка в семенах [1, 3]. Анализируя полученные данные, можно отметить, что в процессе регенерации некоторые соматоклоны приобрели признаки содержания белка, отличающиеся от исходной формы, как в сторону снижения, так и повышения их величины, но при этом немаловажное значение имеет и генотип исходной формы (табл.1).

Таблица 1

Содержание белка в семенах соматоклональных линий сои, полученных на средах с ионами Cd^{2+} (среднее за 2017–2018 гг.)

Сорт, форма	Содержание белка, %	σ, \pm	Lim, %
Ходсон (стандарт)	37.9	0.60	37.3-38.5
R 1590 (5 Cd^{2+})	41.5*	0.55	40.7-42.2
R 1583 (5 Cd^{2+})	41.4*	0.39	40.4-42.1
R 1597 (5 Cd^{2+})	40.3*	0.25	39.2-41.4
R 1585 (5 Cd^{2+})	38.6	0.80	37.7-39.6
R 1606 (5 Cd^{2+})	37.4	0.45	37.2-37.8
R 1567 (10 Cd^{2+})	37.8	0.55	37.1-38.3
R 1569 (10 Cd^{2+})	39.9*	0.22	39.7-40.0

Примечание: * достоверно превосходит стандарт при $P=0.05$

Выявлены формы (R1590, R1583, R1597, R1569), по содержанию белка существенно (на 5.3–9.5%) превышающие стандарт (исходную форму). Особый интерес представляют линии R1590 и R1583, у которых количество белка было максимальным. В линиях R1585, R1606, R1567 этот признак варьировал в пределах средних значений.

Известно, что качество белка определяется его аминокислотным составом, в том числе соотношением незаменимых аминокислот. Изменения аминокислотного состава могут быть обусловлены как генотипическими различиями, так и фенотипическими признаками [1, 2, 12-15].

В белке соматоклональных линий, полученных на средах с ионами кадмия из 16-ти

аминокислот, в пятнадцати из них варьирование практически отсутствовало ($C_v=1-8\%$). Особое значение имеет содержание в белке незаменимых аминокислот, которые не вырабатываются организмом человека и должны поступать с продуктами питания. По содержанию незаменимых аминокислот в белке изучаемых образцов все соматоклональные линии оставались на уровне стандарта (табл. 2). Вместе с тем были отмечены некоторые изменения в количественном содержании отдельных аминокислот. Так, по содержанию гистидина в белке семян сои исследуемые линии значительно отличались от исходной формы, а по степени проявления данного признака превосходили ее в 1.5–2 раза.

Таблица 2

Содержание незаменимых аминокислот в белке семян соматоклональных линий сои (среднее за 2017–2018 гг.)

Сорт, форма	Содержание аминокислот в белке, %									Сумма незаменимых аминокислот
	лизин	аргинин	гистидин	лейцин	изолейцин	валин	треонин	фенилаланин	метионин+ цистин	
Ходсон – стандарт	6.2	8.4	5.0	8.0	5.5	7.9	3.7	4.4	2.0	51.1
R 1590 (5Cd ²⁺)	6.2	8.6	8.0*	7.9	5.7	7.1	3.6	4.5	2.0	53.6
R 1583 (5Cd ²⁺)	6.2	8.6	8.3*	7.9	5.7	6.8	3.6	4.5	2.0	53.6
R 1597 (5Cd ²⁺)	6.2	8.4	9.1*	7.9	5.6	7.7	3.8	4.3	2.1	55.1*
R 1585 (5Cd ²⁺)	6.2	8.4	8.7*	8.3*	5.5	7.4	3.7	4.4	2.1	54.7*
R 1606 (5Cd ²⁺)	6.3	8.6	7.8*	8.4*	5.6	7.8	3.8	4.4	2.0	54.7*
R 1567 (10Cd ²⁺)	6.1	8.3	8.6*	8.3*	5.6	8.3	3.9	4.4	2.1	55.7*
R 1569 (10Cd ²⁺)	6.2	8.6	9.0*	8.2	5.9*	7.4	3.7	4.4	1.8	55.2*

Примечание: * достоверно превосходит стандарт при $P=0.05$

Кроме того, выявлены три линии (R1606, R1567, R1585), характеризующиеся повышенным содержанием лейцина, и одна (R1569) – содержанием изолейцина, с существенным превосходством над исходной формой на 5.0–5.5%. По суммарному содержанию незаменимых аминокислот все регенерантные линии превосходили исходный сорт на 4.9–8.6%, при этом наибольшим показателем отмечены линии R1567 и R1569. Предположительно, выделенные преимущества объясняются влиянием ионов кадмия в питательной среде как мутагенного фактора.

При сравнении ик-спектров исследуемых образцов выявлены различия уровней коэффициента отражения и положения параллельных спектров между исходной формой и соматоклонами во всем диапазоне длины волны (рис. 1).

Установлены максимальные расстояния между параллелями в спектральном диапазоне 1799-2498 нм, что указывает на наличие структурных изменений в биохимическом составе семян сои и устойчивые различия между регенерантами и их исходной формой.

Применение кластерного анализа с использованием матрицы Эвклидовых расстояний между исследуемыми линиями

позволило выделить два кластера, результаты которых представлены в виде дендрограммы (рис. 2).

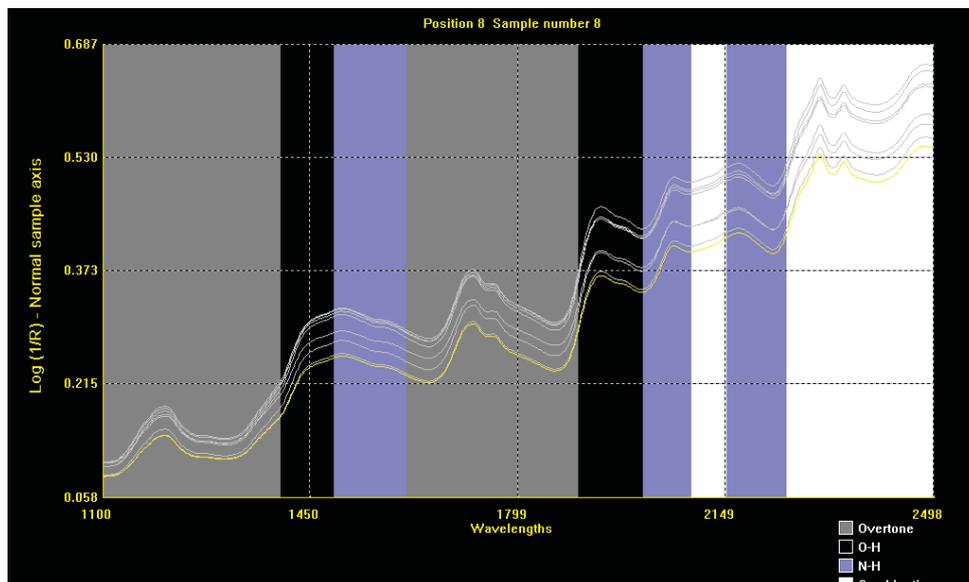


Рис.1. Спектрограмма образцов соматональных линий сои (спектральный диапазон 1100–2500 нм)

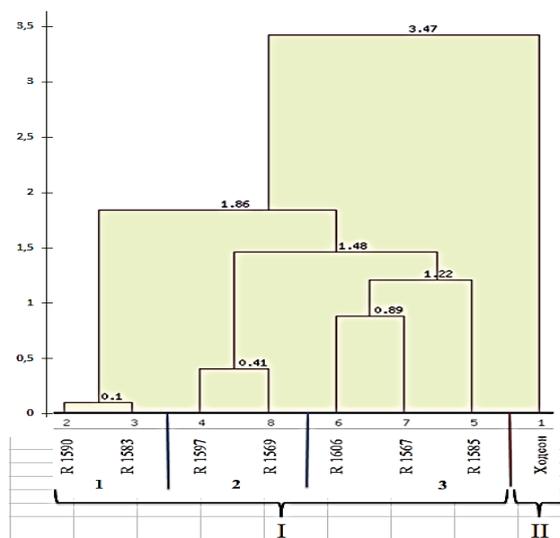


Рис.2. Дендрограмма кластерного анализа соматональных линий сои по содержанию в семенах сои белка и его аминокислотного состава

Выделенные кластеры охарактеризованы как самостоятельные группы, что позволяет дать оценку по средним значениям изучаемых признаков. Использование метода классификационного анализа позволило выявить группы соматоклонов, отличающихся по комплексу биохимических признаков с улучшенными характеристиками.

Первый кластер представлен в виде разветвленной клады, объединяющей в

себе три группы подкластеров, наиболее схожих по комплексу изучаемых признаков. Для линий первого подкластера (R1590, R1583) характерно высокое содержание белка – 40,4–42,2%. Второй подкластер представлен парой линий (R1597, R1569), сочетающих в себе высокое содержание белка (39,9–40,3%) и гистидина (9,0–9,1%). Третий подкластер объединяет среднебелковую группу соматоклонов (R1606,

R1567, R1585) с повышенным содержанием гистидина (7,8–8,7%) и лейцина (8,3–8,4%). Базальное положение на дендрограмме занимает исходный сорт сои Ходсон, как единственный представитель второго кластера с наибольшей дистанцией.

Выводы. Таким образом, на основании полученных данных выявлены различия по содержанию белка и комплексу аминокислот между соматональными линиями и их исходной формой. Выделены линии, с достоверным превышением уровня

стандарта по следующим признакам: содержанию белка на 5,3–9,5%, гистидина на 56–82%, лейцина на 3,8–5,0%, изолейцина на 18%. В результате кластерного анализа отмечены три группы соматоклонов, с улучшенными характеристиками, отличающихся по комплексу биохимических признаков: содержанию белка (R1590, R1583); белка и гистидина (R1597, R1569); гистидина и лейцина (R1606, R1567, R1585).

Список литературы

1. Ващенко, А. П. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко, Н. В. Мудрик, П. П. Фисенко, Н. В. Чайка. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 434 с.
2. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / В.С. Петибская. – Под редакцией академика РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М. Лукомца. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 432 с.
3. Ефремова, О. С. Влияние ионного стресса на уровень генетической изменчивости регенерантов сои / О.С. Ефремова, П.В. Фисенко // Дальневосточный аграрный вестник. - 2016. – №4. – С. 30-37.
4. Рожанская, О. А. Соя и нут в Сибири: культура тканей, соматоклоны, мутанты / О. А. Рожанская. – Новосибирск: Юпитер, 2005. – 155 с.
5. Кошкин, Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / Е. И. Кошкин. – Москва : Дрофа, 2010. – 638 с.
6. Реутова, Н. В. Мутагенный потенциал ряда тяжелых металлов / Н. В. Реутова // Экологическая генетика. - 2015. – Том 13. – № 3. – С. 70-75.
7. Воронина, Л. П. Влияние Zn и Cd на поступление питательных элементов в ячмень / Л.П. Воронина, Е. В. Морачевская, К. В. Павлов // Экологическая агрохимия / под ред. В. Г. Минеева. – Москва : МГУ, 2008. – С. 83-91.
8. Озякова, Я. Н. Урожайность и качество зерна в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей / Е. Н. Озякова, Н. А. Поползухина // Омский научный вестник. - 2014. – №2 (144). – С. 213-217.
9. Барсукова, Е. Н. Основные направления и результаты использования методов сельскохозяйственной биотехнологии в Приморском НИИСХ / Е. Н. Барсукова, П. П. Фисенко, Н. И. Хохлова // Достижения науки и техники АПК. - 2008. – №6. – С. 5-6.
10. Фисенко, П. В. Влияние исходной формы на генетическую изменчивость мутантных линий сои / П. В. Фисенко, О. С. Ефремова, Г. А. Кодирова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №4(48). – С. 37–42. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14094.
11. Кодирова, Г. А. Биохимическая оценка самоклональных линий сои, резистентных к ионам кадмия / Г. А. Кодирова, Г. В. Кубанкова, В. С. Ефремова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №3(47). – С. 37–42. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-13055.
12. Бобков, С. В. Аминокислотный состав запасных белков современных сортов сои / С. В. Бобков, В. И. Зотиков, И. И. Сопова, Т. Н. Селихова [и др.] // Вестник ОрелГАУ. - 2013. – №1(40). – С. 66-70.
13. Pathan, M. S. Advances in soybean breeding. In: Genetics and genomics of soybean / G. Stacey (ed.). Chapter 8. - 2008. – P. 113-133.
14. Gruz-Suarez, L. E. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* / L.E. Gruz-Suarez, M. Tapia-Salazar, D. Villarreal-Cavazos, J. Beltran-Rocha, M. Niato-Lopez, A. Lemme, D. Ricque-Marie // Aquaculture 292(1). 2009. – P. 87-94. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.03.026.
15. Genomics regions associated with amino acid composition in soybean / D.R. Panthee, V.R. Pantalone, A.M. Saxton, D.R. West, S.E. Sams // Molecular breeding. 2006. – V. 17. – P. 79-89. DOI: 10.1007/s11032-005-2519-5.

Reference

1. Vashchenko, A.P., Mudrik, N.V., Fisenko, P.P, Chaika, N.V. Soya na Dal'nem Vostoke (Soybean in the Far East), Vladivostok, Dal'nauka, 2010, 434 p.
2. Petibskaya, V.S. Soya: khimicheskii sostav i ispol'zovanie (Soybean: Chemical Composition and Usage), pod redaktsiei akademika RASKhN, d-ra s.-kh. nauk V.M. Lukomtsa, Maikop, ОАО «Poligraf-YuG», 2012, 432 p.
3. Efremova, O.S., Fisenko, P.V. Vliyanie ionnogo stressa na uroven' geneticheskoi izmenchivosti regenerantov soi (Influence of Ionic Stress on the Level of Genetic Variability of Soybean Regenerants), *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2016, No 4, PP. 30-37.
4. Rozhanskaya, O.A. Soya i nut v Sibiri: kul'tura tkanei, somaklony, mutant (Soybean and Chick-Pea in Siberia: Tissue Culture, Somaclones, Mutants), Novosibirsk, Yupiter, 2005, 155 p.

5. Koshkin, E.I. Fiziologiya ustoichivosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: ucheb. posobie (Physiology of Crop Resistance: Study Guide), Moskva, Drofa, 2010, 638 p.
6. Reutova, N.V. Mutagennyi potentsial ryada tyazhelykh metallov (Mutagenic Potential of Some Heavy Metals), *Ekologicheskaya genetika*, 2015, T.13, No 3, PP. 70-75.
7. Voronina, L.P., Morachevskaya, E.V., Pavlov, K.V. Vliyanie Zn i Cd na postuplenie pitatel'nykh elementov v yachmen' (Effect of Zn and Cd on the Nutrients Inflow in Barley), *Ekologicheskaya agrokimiya*, pod red. V.G. Mineeva, Moskva, MGU, 2008, PP. 83-91.
8. Ozyakova, Ya.N., Popolzukhina, N.A. Urozhainost' i kachestvo zerna v zavisimosti ot deistviya abioticheskikh faktorov i genotipicheskikh osobennosti (Crop Yield and Quality of Grain Depending on the Abiotic Factors and Genotypic Features), *Omskii nauchnyi vestnik*, 2014, No 2 (144), PP. 213-217.
9. Barsukova, E.N., Fisenko, P.P., Khokhlova, N.I. Osnovnye napravleniya i rezul'taty ispol'zovaniya metodov sel'skokhozyaistvennoi biotekhnologii v Primorskom NIISKh (Use of Agricultural Biotechnology Methods at the Primorski Research Institute of Agriculture: Main Directions and Results), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2008, No 6, PP. 5-6.
10. Fisenko, P.V., Efremova, O.S., Kodirova, G.A. Vliyanie iskhodnoi formy na geneticheskuyu izmenchivost' mutantnykh linii soi (Influence of the Initial Form on the Genetic Variability of Mutant Soybean Lines), *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2018, No 4(48), PP. 37-42. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14094.
11. Kodirova, G.A., Kubankova, G.V., Efremova, V.S. Biokhimicheskaya otsenka samoklonal'nykh linii soi, rezistentnykh k ionam kadmiya (Biochemical Assessment of Somaclonal Soybean Lines Resistant to Cadmium Ions), *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2018, No 3(47), PP. 37-42. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-13055.
12. Bobkov, S.V., Zotikov, V.I., Sopova, I.I., Selikhova, T.N., Suchkova, T.N., Zaitsev, V.N. Aminokislotnyi sostav zapasnykh belkov sovremennykh sortov soi (Amino Acid Composition of Reserve Proteins of Modern Soybean Varieties), *Vestnik Orel GAU*, 2013, No 1(40), PP. 66-70.
13. Pathan, M.S., Sleppey, D.A. Advances in soybean breeding. In: Genetics and genomics of soybean. G. Stacey (ed.). Chapter 8. 2008. – P. 113-133.
14. Gruz-Suarez, L.E. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei*, L.E. Gruz-Suarez, M. Tapia-Salazar, D. Villarreal-Cavazos, J. Beltran-Rocha, M. Niato-Lopez, A. Lemme, D. Ricque-Marie, *Aquaculture* 292(1), 2009, PP. 87-94. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.03.026.
15. Genomics regions associated with amino acid composition in soybean, D.R. Panthee, V.R. Pantalone, A.M. Saxton, D.R. West, S.E. Sams, *Molecular breeding*, 2006, V. 17, PP. 79-89. DOI: 10.1007/s11032-005-2519-5.

Информация об авторах

Кодирова Галина Александровна, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: kodigalya@mail.ru;

Кубанкова Галина Викторовна, ст. науч. сотр.; ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: kgv.galina@mail.ru;

Низкий Сергей Евгеньевич, канд. биол. наук., ст. науч. сотр.; ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: amursoja@gmail.com;

Фисенко Пётр Викторович, канд. биол. наук., науч. сотр.; ФГБНУ Всероссийский НИИ сои; Игнатьевское шоссе, д. 19, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: amursoja@gmail.com.

Information about the authors

Galina A. Kodirova, Cand. Agri. Sci., Leading Research Worker; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: kodigalya@mail.ru;

Galina V. Kubankova, Senior Researcher; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: kgv.galina@mail.ru;

Sergey E. Nizkii, Cand. Biol. Sci., Senior Researcher; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: amursoja@gmail.com;

Piotr V. Fisenko, Research Worker; All-Russian Research Institute of Soya; 19, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur Region, Russia; e-mail: amursoja@gmail.com.