УДК 633.34:631.52

DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36

ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

К. Н. Хабибуллин, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

А. Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

М. В. Скулова, агроном, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703 ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской».

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3

Представлены результаты исследований по оценке адаптивности продуктивности растений 131 коллекционного образца гороха посевного в условиях южной зоны Ростовской области, проводимой по методике, предложенной В. В. Хангильдиным (1984). Большинство методик по агроэкологическим оценкам имеют существенные недостатки. Во-первых, сложность проведения расчетов. Во-вторых, влияние показателей других образцов на конечный показатель гомеостатичности по выбранному образцу, что имеет существенное значение в работе с большим количеством образцов, а это как раз относится к коллекции, которая имеет ежегодно обновляющийся и бракующийся материал, поэтому в случае изменения состава коллекционного питомника нет необходимости перерасчета параметров гомеостатичности по методике, предложенной В. В. Хангильдиным. Метеорологические условия в годы исследований отличались нестабильностью погодных условий, что позволило объективно оценить образцы в разных условиях вегетации. На основании проведенных исследований в 2017–2019 гг. выделены следующие образцы с высокой массой семян с растения: Татьяна (Россия), Дамир (Дания), 19/91 С (Португалия), Мутант 561 (Россия), Кудесник (Белоруссия). Показатели стрессоустойчивости и гомеостатичности по продуктивности у данных сортов были на уровне среднего по коллекции. Наибольшая гомеостатичность данного показателя была у образцов 193/73 (Украина), 6995х6575 (Россия) при массе семян с растения на уровне среднего по коллекции. Результаты исследований на гомеостатичность показателя продуктивности образцов коллекции гороха будут использованы как исходный материал в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: горох, коллекция, продуктивность, гомеостатичность, вариация, стрессоустойчивость.

Для цитирования: Хабибуллин К. Н., Ашиев А. Р., Скулова М. В. Оценка адаптивности продуктивности растений коллекции гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 33—36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36



THE ESTIMATION OF THE ADAPTABILITY OF COLLECTION PEA PLANTS PRODUCTIVITY

K. N. Khabibullin, postgraduate, junior researcher of the laboratory of legumes breeding and seed production, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

A. R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

M. V. Skulova, agronomist, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703 Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3

The current paper has presented the study results of the estimation of the adaptability of plant productivity of 131 collection pea samples in the southern zone of the Rostov region, carried out according to the method proposed by V. V. Khangildin (1984). The most agroecological methodologies of estimation have significant drawbacks. Firstly, these are calculations, which are difficult to be done. Secondly, it is the effect of the indicators of other samples on the final index of homeostaticity for the selected sample. The fact is essential when working with a large number of samples, i. e. collection, which has defective and annually updated material and if the composition of the collection changes, it is not necessary to recalculate homeostatic parameters according to the method proposed by V. V. Khangildin. Meteorological conditions during the years of research were characterized with unstable weather conditions, which made it possible to objectively evaluate samples under different vegetation conditions. According to the 2017–2019 studies there were identified the samples "Tatyana" (Russia), "Damir" (Denmark), "19/91 C" (Portugal), "Mutant 561" (Russia), "Kudesnik" (Belarus) with a large "seed weight per plant". The indicators of stress resistance and homeostaticity of these varieties' productivity were average for the collection. The greatest homeostaticity of this indicator was identified in the samples "193/73" (Ukraine), "6995x6575" (Russia) with the average "seed weight per plant" for the collection. The study results of the homeostaticity of the collection pea plants productivity will be used as initial material in further breeding work.

Keywords: peas, collection, productivity, homeostaticity, variation, stress resistance.

Введение. С интенсификацией животноводства возник острый дефицит белка в кормах, что стало причиной неудовлетворительного состояния данной отрасли (Жученко, 2009).

Основным решением этой проблемы является возделывание высокобелковых культур. Высоким содержанием белка отличаются зернобобовые культуры, одним из представителей которых является горох, имеющий наибольшее распространение в Ростовской области. Посевные площади гороха в области в 2018 г. были 134,7 тыс. га, что составляет 9,4% от всей пло-

щади, занимаемой под данной культурой в России (ЕМИСС государственная статистика).

За годы интенсивной селекции гороха селекционерами нашей страны и за рубежом созданы формы и сорта с уникальными признаками: усатым листом, детерминантным типом стебля, неосыпаемостью семян и другими хозяйственно ценными признаками (Давлетов, 2008).

Большинство новых сортов гороха имеют высокую продуктивность. Реализация сдерживается из-за их низкой гомеостатичности и адаптивности к биоти-

ческим и абиотическим факторам среды (Лаханов, 1999). Адаптивные сорта обеспечивают стабильную продуктивность в разных условиях возделывания. В то же время об адаптивных свойствах сорта можно судить не только по экологической пластичности урожайности (Рыбась и Гуреева, 2014; Вожжова и Кравченко, 2014), но и по гомеостатичности качества зерна (Кравченко и Ионова, 2015).

Одной из основных задач, стоящих перед селекционерами данной культуры, является создание оптимального генотипа растений, способного стабильно реализовывать свой потенциал и при этом реагировать на изменение условий возделывания (Жученко, 2012).

В связи с этим возникает потребность в разносторонней оценке селекционного материала, в том числе и по адаптивным качествам урожайности в конкретных математических выражениях (Игнатьев, 2019).

Для определения показателя гомеостатичности в наших исследованиях использована методика, предложенная В. В. Хангильдиным (1984). Большинство методик по агроэкологическим оценкам имеют существенные недостатки. Во-первых, сложность проведения расчетов. Во-вторых, влияние показателей других образцов на конечный показатель гомеостатичности по выбранному образцу, что имеет существенное значение в работе с большим количеством образцов, а это как раз относится к коллекции, которая имеет ежегодно обновляющийся и бракующийся материал, поэтому в случае изменения состава коллекционного питомника нет необходимости перерасчета параметров гомеостатичности по методике, предложенной В. В. Хангильдиным.

Целью наших исследований являлось изучение семенной продуктивности коллекционных образцов гороха различного эколого-географического происхождения; определение их гомеостатичности, генетической гибкости, селекционной ценности и выделение перспективного исходного материала для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Условия возделывания характеризуются умеренно жарким климатом недостаточного увлажнения со среднемноголетней годовой температурой воздуха 8,9 °С, суммой температуры воздуха свыше 10–3304 °С; сумма осадков за год – 474–500 мм, из них в теплое время года – 290–300 мм (2013).

Изучение коллекции гороха проводили в 2017—2019 гг. в соответствии с методическими указаниями ВИР им. Н. И. Вавилова (1975), методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и методикой полевого опыта (1985).

Предшественник — озимый ячмень. Посев коллекционных образцов проводили в третьей декаде марта сеялкой ССФК-7 с нормой высева 1,2 млн всхожих семян на 1 га и с шириной междурядий 15 см. Делянки — семирядковые. Площадь делянки — 5 м². Повторность — однократная. Учетная площадка — 0,25 м². Уборку проводили прямым комбайнированием селекционным комбайном Wintersteiger Classic.

Объектами исследований служили 131 образец гороха посевного из мировой коллекции ВИГРР им. Н. И. Вавилова отечественной и зарубежной селекции.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2012). При определении гомеостатичности (H_{om}) продуктивности образцов гороха учитывали и следующие параметры: стрессоустойчивость ($x_{im} - x_{opt}$), генетическую гибкость ($(x_{opt} + x_{im})/2$), коэффициент вариации (V_c , %), селекционную ценность ($S_c = x(x_{im}/x_{opt})$).

Метеорологические условия в годы исследований отличались нестабильностью в период вегетации, что позволило объективно оценить образцы на гомеостатичность.

Погодно-климатические условия 2017 г. оказались благоприятными для вегетации гороха. Гидротермический режим апреля характеризовался избыточным увлажнением (ГТК = 2,68), большим количеством осадков – 57,3 мм (превышение среднемноголетних на 34,2%) на фоне средних температур 10,1 °C (91,6% от среднего многолетнего).

Май (ГТК = 1,20) был достаточно влажным, средняя температура воздуха составляла 15,9 °С, что на 0,5 °С ниже, или 96,4% от среднемноголетней. Осадки мая (69,7 мм) составили 135,9% от нормы.

Температура воздуха в июне незначительно превышала (на 0,3 °C, или на 1,4%) среднемноголетний показатель (20,5 °C). Выпавшие осадки (88,6 мм) сформировали гидротермический режим с достаточным увлажнением.

В 2018 г. погодно-климатические условия для вегетации гороха складывались крайне неблагоприятно, характеризовались как острозасушливые. Метеоусловия марта для проведения посева гороха в оптимальные календарные сроки сложились неблагоприятно из-за низких температур и осадков, вследствие чего посев гороха был смещен на первую декаду апреля.

Апрель характеризовался малым количеством осадков (9 мм, что значительно ниже среднемноголетнего показателя — 42,7 мм), что привело к затягиванию появления всходов гороха. Температура воздуха в мае значительно превышала (на 2,7 °C) среднемноголетний показатель (16,5 °C). Выпавшие осадки в количестве 12,7 мм (при среднемноголетней норме 51,3 мм) сформировали гидротермический режим с недостаточным увлажнением.

В июне температура воздуха составила 23,9 °С, превысив среднемноголетний показатель на 3,4 °С. Количество осадков, выпавших в июне, составило 4,2 мм, что значительно ниже среднемноголетнего показателя (71,3 мм).

Весна 2019 г. характеризовалась теплой влажной погодой в марте и мае и с небольшим недобором осадков в апреле. Условия для посева ярового гороха были вполне благоприятными, так как почва была увлажненная, осадки выпали с превышением среднемноголетней нормы. За весну выпало 149,1 мм осадков, что больше средней многолетней нормы на 18,1 мм, в том числе в марте – 58 мм (при среднемноголетней норме 37,0 мм), в апреле – 27,2 мм (при среднемноголетней 51,3 мм) и в мае - 63,9 мм (при среднемноголетней 51,3 мм). Среднесуточная температура воздуха за весну составила 12,1 °C, в том числе в марте -5,0 °C, апреле -11,3 °C, мае -20,0 °C. Лето было сухое и жаркое. Вследствие этого недобор по количеству выпавших осадков составил 95,8 мм (при норме 174,2 мм). В июне количество осадков составило 10,8 мм (при норме 71,3 мм), температурный режим был выше среднемноголетних данных на 2,2 °C. Максимальная температура воздуха была 37,9 °C, на поверхности почвы – 65 °C.

Результаты и их обсуждение. Для селекции на продуктивность представляют интерес образцы, имеющие высокую массу семян с одного растения. Из 131 образца коллекции гороха за период 2017–2019 гг. достоверное превышение по признаку «масса семян с одного растения» было выявлено у 21 образца, обладающих рядом положительных хозяйственно ценных признаков. Анализ оценки продуктивности у данных коллекционных образцов показал, что масса семян с растения в среднем за годы исследований составила 4,64 г (табл. 1) с диапазоном от 3,71 г (Аксайский усатый 5, Россия) до 5,24 г (Татьяна, Россия).

1. Параметры адаптивности коллекционных образцов гороха по массе семян с растения (2017–2019 гг.)
1. Parameters of adaptability of collection pea samples according to "seed weight per plant" (2017–2019)

	Масса семян с одного растения, г				Стрессо-	Генети-	Коэф.	Селек-	Гомео-
Сорт, линия	годы			В	устойчи-	ческая	вариации,	ционная	статич-
	2017	2018	2019	среднем	вость	гибкость	V _c , %	ценность	НОСТЬ
Аксайский усатый 5, ст.	6,20	2,78	2,15	3,71	-4,05	4,17	58,74	1,29	1,56
Нја 51824 (Финляндия)	8,80	2,70	1,58	4,36	-7,22	5,19	89,12	0,78	0,68
157/73 (Украина)	6,90	3,65	2,65	4,40	-4,25	4,78	50,50	1,69	2,05
Льговский 288 (Россия)	8,20	2,20	2,81	4,40	-6,00	5,20	74,99	1,18	0,98
Полет (Беларусь)	8,08	4,00	1,23	4,44	-6,85	4,65	77,67	0,68	0,83
Триумф (Россия)	8,90	2,35	2,09	4,45	-6,81	5,49	86,78	1,04	0,75
193/73 (Украина)	6,59	4,20	2,58	4,46	-4,01	4,59	45,26	1,74	2,46
6995х6575 (Россия)	6,89	3,63	3,18	4,57	-3,71	5,03	44,33	2,11	2,78
Явир (Сербия)	7,70	4,06	1,95	4,57	-5,75	4,82	63,65	1,16	1,25
Дамир 3 (Дания)	7,81	3,07	2,86	4,58	-4,95	5,33	61,12	1,68	1,51
Л.147/2000 (Россия)	10,10	2,60	1,08	4,59	-9,02	5,59	92,34	0,49	0,48
Ватан (Россия)	8,40	2,43	3,07	4,63	-5,97	5,41	70,74	1,34	1,10
Аванс (Россия)	9,60	2,03	2,49	4,71	-7,57	5,82	90,17	1,00	0,69
Аз-97-775 (Россия)	8,80	2,64	2,85	4,76	-6,16	5,72	73,42	1,43	1,05
Демос (Россия)	7,70	1,97	4,81	4,83	-5,73	4,83	59,36	1,23	1,42
6995х7014 (Россия)	9,10	2,13	3,34	4,86	-6,97	5,62	76,68	1,14	0,91
Кудесник (Беларусь)	8,10	4,10	2,41	4,87	-5,69	5,26	60,00	1,45	1,43
Мутант 561 (Россия)	9,10	2,90	2,70	4,90	-6,40	5,90	74,26	1,45	1,03
19/91 С (Португалия)	10,1	2,80	1,87	4,92	-8,23	5,99	91,55	0,91	0,65
Дамир (Дания)	10,4	3,00	2,25	5,22	-8,15	6,32	86,35	1,13	0,74
Татьяна (Россия)	10,2	1,65	3,87	5,24	-8,55	5,92	84,67	0,85	0,72
Среднее	8,46	2,90	2,56	4,64	-	_	_	-	_
Ст. откл.	1,23	0,77	0,85	0,33	-				

По показателю «масса семян с одного растения» выделены следующие образцы: Татьяна (Россия) — 5,24 г, V_c = 84,7%; Дамир (Дания) — 5,22 г, V_c = 86,4; 19/91 С (Португалия) — 4,92 г, V_c = 91,55%; Мутант 561 (Россия) — 4,90 г, V_c = 74,3%; Кудесник (Белоруссия) — 4,87 г, V_c = 60,0%.

Высокую селекционною ценность показали образцы 6995х6575 (Россия) – 2,11 и 193/73 (Украина) – 1,74, на что указывает высокий показатель стрессоустойчивости (–3,71 и –4,01) и низкий коэффициент вариации (V_c = 44,3% и V_c = 45,3% соответственно).

Генетическая гибкость отражает среднюю продуктивность в контрастных условиях выращивания. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды, тем выше этот показатель. В наших исследованиях максимальные значения генетической гибкости имели образцы Мутант 561 (Россия) — 5,90; Татьяна (Россия) — 5,92; 19/91С (Португалия) — 5,99; Дамир (Дания) — 6,32.

В результате исследований наибольшие значения гомеостатичности по продуктивности семян с расте-

ния отмечены у образцов 6995х6575 (Россия) – 2,78 и 193/73 (Украина) – 2,46 при массе семян с растения на уровне среднего по коллекции.

Выводы. Изучение коллекции гороха посевного в условиях южной зоны Ростовской области выявило разнообразие реакции продуктивности растений коллекционных образцов на погодно-климатические условия вегетации, выраженной в показателях адаптивности продуктивности.

В 2017—2019 гг. исследований были выделены образцы с высокой массой семян с растения, а именно Татьяна (Россия) и Дамир (Дания), и наибольшей гомеостатичностью показателя массы семян с растения — 6995х6575 (Россия) и 193/73 (Украина). Показатели гомеостаза и устойчивости к стрессу у данных сортов были на уровне среднего по коллекции. Результаты исследований на гомеостатичность показателя продуктивности образцов коллекции гороха будут использованы как исходный материал в дальнейшей селекционной работе.

Библиографические ссылки

- 1. Вожжова Н. Н., Кравченко Н. С. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы по показателю «общая хлебопекарная оценка» // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 22–26.
- 2. Давлетов Ф. А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала. Уфа: Гилем, 2008. 236 с.
- 3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
 - 4. ЕМИСС государственная статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.fedstat.ru.
- 5. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. Т. III. Особенности реализации стратегии адаптивной интенсификации растениеводства в условиях России. М.: Агрорус, 2009. 960 с.
- 6. Жученко А. А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М., 2012. 584 с.
- 7. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. І. Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013. 248 с.

- 8. Игнатьев С. А., Регидин А. А. Оценка параметров адаптивности коллекционных образцов эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3(63). С. 53–58. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58.
- 9. Кравченко Н. С., Ионова Е. В. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5(41). С. 7–10.
- 10. Лаханов А. П. Роль физиологии растений в изучении и повышении биологического потенциала зернобобовых и крупяных культур // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации: мат. Междунар. науч. конференции, приуроченной к 35-летию ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. Орел, 1999. С. 33–39.
 - 11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 269 с.
- 12. Рыбась И. А., Гуреева А. В. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 18–22.
- 13. Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. 1984. № 1. С. 67–76.

References

- 1. Vozhzhova N. N., Kravchenko N. S. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoj myagkoj pshenicy po pokazatelyu "obshchaya hlebopekarnaya ocenka" [Ecological plasticity of winter soft wheat varieties according to the trait "general baking estimation"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1(31), S. 22–26.
- 2. Davletov F. A. Selekciya neosypayushchihsya sortov goroha v usloviyah Yuzhnogo Urala [Breeding of non-shed pea varieties in the conditions of the Southern Urals]. Ufa: Gilem, 2008. 236 s.
- 3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 s.
- 4. EMISS gosudarstvennaya statistika [EMISS State Statistics] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://www.fedstat.ru
- 5. Zhuchenko A. A. Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy): teoriya i praktika [Adaptive crop production (ecological and genetic basis)]. T. III. Osobennosti realizacii strategii adaptivnoj intensifikacii rastenievodstva v usloviyah Rossii. M.: Agrorus, 2009. 960 s.
- 6. Zhuchenko A. A. Mobilizaciya geneticheskih resursov cvetkovyh rastenij na osnove ih identifikacii i sistematizacii [Mobilization of the genetic resources of flowering plants based on their identification and systematization]. M., 2012. 584 s.
- 7. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013–2020 gody [Zoned agricultural systems of the Rostov region for 2013–2020]. Ch. I. Rostov n/D.: Donskoj izdatel'skij dom, 2013. 248 s.
- 8. Ignat'ev S. A., Regidin A. A. Ocenka parametrov adaptivnosti kollekcionnyh obrazcov esparceta [Estimation of adaptability parameters of sainfoin collection samples] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 3(63). S. 53–58. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58.
- 9. Kravchenko N. S., Ionova E. V. Stepen' adaptivnosti sortov ozimoj myagkoj pshenicy v usloviyah provokacionnogo fona ("zasushnik") [The degree of adaptability of winter soft wheat varieties in the conditions of a provocative background ("zasushnik")] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 5(41). S. 7–10.
- 10. Lahanov A. P. Rol' fiziologii rastenij v izuchenii i povyshenii biologicheskogo potenciala zernobobovyh i krupyanyh kul'tur [The role of plant physiology in the study and increase the biological potential of legumes and groats] // Biologicheskij i ekonomicheskij potencial zernobobovyh, krupyanyh kul'tur i puti ego realizacii: mat. Mezhdunar. nauch. konferencii, priurochennoj k 35-letiyu VNII zernobobovyh i krupyanyh kul'tur. Orel, 1999. S. 33–39.
- 11. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Methods of the State Variety Testing of agricultural crops]. M. 1985. Vyp. 1. 269 s.
- 12. Rybas' I. A., Gureeva A. V. Ocenka sortov ozimoj myagkoj pshenicy po urozhajnosti i parametram adaptivnosti [Estimation of winter soft wheat varieties according to productivity and adaptability] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1(31). S. 18–22.
- 13. Hangil'din V. V., Biryukov S. V. Problema gomeostaza v genetiko-selekcionnyh issledovaniyah [The problem of homeostasis in genetic breeding studies] // Genetiko-citologicheskie aspekty v selekcii s.-h. rastenij. 1984. № 1. S. 67–76.

Поступила: 11.12.19; принята к публикации: 27.12.19.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Хабибуллин К. Н., Ашиев А. Р., Скулова М. В. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Хабибуллин К. Н., Ашиев А. Р. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.