

**Селекция, семеноводство и биотехнология
сельскохозяйственных растений**

Научная статья

УДК 633.854.54:633.52:575

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-3-199-3-10

**Анализ генетического
разнообразия сортов
масличного льна селекции
ВНИИМК с применением
молекулярно-генетических
маркеров**

Саида Заурбиевна Гучетль¹

Татьяна Аркадьевна Челюстникова¹

Алена Сергеевна Истомина¹

Эльвина Исмаиловна Алиева¹

Мария Леонидовна Золотавина²

¹ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
saida.guchetl@mail.ru

²Кубанский государственный университет

Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская,
149

Аннотация. Масличный лен (*Linum usitatissimum* L.) – одна из важнейших технических культур. Успех селекционной работы в значительной мере определяется генетическим разнообразием используемого исходного материала. Его можно выявить с помощью молекулярно-генетических маркеров. В качестве материала исследования выбраны пять сортов масличного льна селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК: Даник, Снегурок, Нилин, Ы 117 и Август. Для оценки генетической структуры сортов использовали 40 растений каждого сорта. Анализ выполняли по 10 маркерам микросателлитных локусов. Амплификацию проводили в термоциклере MiniAmp (Thermo Scientific, США). Электрофоретическое разделение ампликонов проводили в 8%-ном полиакриламидном геле в нативных условиях. Определяли основные показатели генетической изменчивости (число аллелей на locus (Na), эффективное число аллелей (Ne), наблюдаемая (Ho) и ожидаемая (He) гетерозиготности, информационный индекс Шеннона (I), индекс фиксации (F), процент полиморфных локусов (%P), генетические дистанции (D), а

также выполняли анализ молекулярной дисперсии (Analysis of Molecular Variance), анализ главных координат (Principal Coordinate Analysis). Показатели внутрисортного генетического разнообразия снижались в направлении сортового ряда Нилин, Даник, Август, Ы 117, Снегурок. Сорт Снегурок принадлежит сортам линейного типа, с наличием некоторого числа нетипичных растений. Сорт Ы 117 подразделен на два основных биотипа. Нилин, Даник, Август не обладают четко выраженной структурой. Большая часть от общей дисперсии обусловлена различиями между сортами. Генетические дистанции между сортами достаточно велики и составляют от 0,752 до 0,986. По двум главным координатам все сорта расположились дистанционно друг от друга. Проведенные исследования показали небольшое внутрисортное и значительное межсортное генетическое разнообразие пяти сортов масличного льна селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК и их потенциал в качестве исходного материала для селекции новых сортов.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L., масличный лен, ДНК, SSR, полимеразная цепная реакция, генетическое разнообразие

Для цитирования: Гучетль С.З., Челюстникова Т.А., Истомина А.С., Алиева Э.И., Золотавина М.Л. Анализ генетического разнообразия сортов масличного льна селекции ВНИИМК с применением молекулярно-генетических маркеров // Масличные культуры. 2024. Вып. 3 (199). С. 3–10.

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией селекции льна масличного ВНИИМК Рябенко Л.Г. за предоставленные семена сортов масличного льна.

UDC 633.854.54:633.52:575

Analysis of genetic diversity of oil flax cultivars bred at V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops using molecular-genetic markers

¹Guchetl S.Z., head of the lab., leading researcher, PhD in biology

¹Chelyustnikova T.A., analyst of 2nd category

¹Istomina A.S., analyst

¹Alieva E.I., analyst

²Zolotavina M.L., PhD in biology

¹V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038 Russia

saida.guchetl@mail.ru

²Kuban State University

149 Stavropolskaya str., Krasnodar, 350040, Russia

Abstract. Oil flax (*Linum usitatissimum* L.) is one of the most important technical crops. The success of the breeding work is reached mostly by the genetic diversity of used initial germplasm. The molecular-

genetic markers determine this diversity. Five cultivars of oil flax: Danik, Snegurok, Nilin, Y 117, and August, bred at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops were used as research material. To estimate genetic structure of cultivars we used 40 plants of each cultivar. Ten microsatellite loci markers were used for analysis. The amplification was conducted in a thermocycler MiniAmp (Thermo Scientific, USA). The electrophoretic segregation of amplicons was carried out in 8% polyacrilamide gel in the native conditions. The primary indicators of genetic variation (a number of alleles per a locus (Na), an effective number of alleles (Ne), observed (Ho) and wanted (He) heterozygosity, an informative Shannon's index (I), fixation index (F), percentage of polymorphic loci (%P), genetic distances (D) were determined, analysis of molecular variation and principle coordinate analysis were done. The indicators of intraspecific genetic diversity decreased in the direction of cultivar range Nilin, Danik, August, Y 117, and Snegurok. Snegurok is a cultivar of linear type with some number of non-typical plants. The cultivar Y 117 is divided into two main biotype. Nilin, Danik, and August do not possess clear-marked structure. Most of the total variation is conditioned by differences between cultivars. The genetic distances between cultivars are quite big and equal from 0.752 to 0.986. All cultivars are distant from each other by two main coordinates. The conducted research showed small intravarietal and significant intervarietal genetic diversity of five oil flax cultivars bred at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops and their potential in as initial material for breeding of new cultivars.

Key words: *Linum usitatissimum* L., oil flax, DNA, SSR, polymerase chain reaction, genetic diversity

Acknowledgements. The authors thank L.G. Ryabenko, the head of the oil flax breeding laboratory, for seeds of oil flax cultivars.

Введение. Масличный лен (*Linum usitatissimum* L.) на современном этапе является одной из важнейших технических культур. Растет спрос на масло и семена, существует интерес к использованию льняного масла в пищевой, медицинской, парфюмерной и других отраслях промышленности. В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК ведется селекция сортов масличного льна разнообразного направления использования, пригодных для выращивания в различных регионах РФ. В 2023 г. масличный лен в России, по данным Росстата, был высеян на площади 1410 тыс. га. Доля семян отечественной селекции составила

90 %, из них 73 % семян селекции ВНИИМК [1]. Успех селекционной работы в значительной мере определяется гетерогенностью используемого исходного материала. Значительное разнообразие дает селекционерам больше возможностей для отбора родительских форм для создания сортов, обладающих заданными характеристиками. Однако у культивируемых форм растений, в число которых входит и масличный лен, отмечается явное уменьшение генетического разнообразия [2]. Одним из методов выявления и поддержания разнообразия является молекулярно-генетический. С помощью молекулярно-генетических маркеров проводится генотипирование коллекций исходного материала культурных растений и решаются вопросы о вовлечении в селекционные программы в качестве родительских форм генетически удаленных образцов [3; 4]. В настоящее время наряду с маркерами однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) для дифференцировки растений внутри вида, идентификации сортов используют маркеры микросателлитных (SSR) локусов ДНК. Ранее во ВНИИМК были проведены работы по формированию информативной системы микросателлитных маркеров для их анализа методом электрофореза в полиакриламидном геле с последующим генотипированием коллекции сортов масличного льна [5; 6; 7]. Для поддержания генетического разнообразия и идентичности масличного льна существует постоянная потребность в изучении структуры сортов-популяций [8; 9], мониторинга сортовой изменчивости в зависимости от репродукции, региона выращивания и условий года. В связи с этим целью работы была оценка генетического разнообразия некоторых сортов масличного льна селекции ВНИИМК.

Материалы и методы. В качестве материала исследования выбраны пять сортов масличного льна селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК: Даник, Снегурок, Нилин, Ы 117 и Август [10; 11; 12; 13; 14].

Для оценки генетической структуры сортов использовали 40 растений каждого сорта. ДНК выделяли из тканей отдельных растений в стадии «елочка» описанным ранее СТАВ методом [5]. Для исследования использовали 10 маркеров микросателлитных локусов [6]. Амплификацию проводили в 25 мкл реакционной смеси, включавшей: 2,5 мкл 10-кратного Taq ДНК полимеразного буфера, 1 ед. рекомбинантной термостабильной ДНК полимеразы (Сибэнзим, Москва), 3 мМ MgCl₂, по 0,2 мМ каждого из дезоксирибонуклеозидфосфатов; по 10 пМ праймеров, 0,25 мкл раствора (20 мг/мл) бычьего сывороточного альбумина и 10 нг матричной ДНК. ПЦР выполняли в MiniAmp (Thermo Scientific, США) при соблюдении температурно-временного режима, оптимального для каждой пары праймеров. Электрофоретическое разделение ампликонов проводили в 8%-ном полиакриламидном геле в нативных условиях, в камерах вертикального электрофореза (VE-20, ДНК-технология, Россия). Окрашивание фракций амплифицированной ДНК осуществляли с помощью раствора бромистого этидия. Результаты электрофореза визуализировали при помощи гель-документирующей видеосистемы GenoSens 2200 (Clinx, КНР). Размер фрагментов ДНК определяли с использованием программного обеспечения Image Lab Software (Bio-Rad, США) относительно маркера длины фрагментов ДНК GeneRuler 100 bp DNA Ladder Thermo Scientific. Аллельный вариант локуса обозначали числом пар нуклеотидов (п. н.) фрагмента ДНК. Основные показатели генетической изменчивости (число аллелей на локус (Na), эффективное число аллелей (Ne), наблюдаемая (No) и ожидаемая (He) гетерозиготности, информационный индекс Шеннона (I), индекс фиксации (F), процент полиморфных локусов (%P), генетические дистанции (D), а также анализ молекулярной вариации (AMOVA – Analysis of Molecular Variance), анализ главных координат

(Principal Coordinate Analysis, PCoA) посредством расчета матрицы расстояний со стандартизацией данных определяли с помощью программы GenAEx 6.5 [15].

Результаты и обсуждение. Сорта масличного льна, представляющие объект данного исследования, являются популярными, высокоурожайными сортами, к тому же несущими ряд важных хозяйственно ценных признаков. Это обуславливает их ценность как исходного материала для селекции. Для молекулярно-генетического анализа были использованы десять микросателлитных маркеров, апробированных в предыдущих исследованиях [6; 7].

Для сортов Август, Снегурок, Даник, Нилин, Ы-117 на основе аллельных вариантов микросателлитных локусов Lu1, Lu3, Lu7, Lu8, Lu9, Lu10, Lu11, Lu21', Lu24, Lu25 были рассчитаны основные показатели генетического разнообразия сортов (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Основные показатели генетического разнообразия пяти сортов масличного льна, выявленные с помощью анализа десяти микросателлитных локусов

Сорт	Na	Ne	I	No	He	F
Август	2,00	1,29	0,29	0,06	0,17	0,76
Снегурок	1,80	1,03	0,07	0,01	0,03	0,47
Даник	2,10	1,50	0,44	0,08	0,28	0,75
Нилин	3,20	1,57	0,49	0,03	0,27	0,83
Ы 117	1,40	1,23	0,18	0,00	0,11	0,98
Среднее	2,10	1,30	0,29	0,04	0,17	0,72

Примечание: Na – число аллелей на локус, Ne – эффективное число аллелей, No – наблюдаемая гетерозиготность, He – ожидаемая гетерозиготность, I – информационный индекс Шеннона, F – индекс фиксации

Максимальное число аллелей на локус определено для сорта Нилин (3,2). У сортов Даник, Снегурок, Август, Ы 117 этот показатель имеет меньшую величину. Показатели внутрисортного генетического разнообразия – эффективное число аллелей и индекс Шеннона, снижаются в направлении сортового ряда Нилин, Да-

ник, Август, Ы 117, Снегурок. Соотношение наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности для всех анализируемых сортов происходит с численным преобладанием ожидаемой гетерозиготности, что является признаком инбредной популяции, в которой доля случайного скрещивания сведена к минимуму [2]. Это согласуется с результатами исследований С.В. Зеленцова с соавторами, показавшими, что доля перекрёстного опыления у сортов масличного льна селекции ВНИИМК варьировала в пределах 0,15–0,87 %, в отдельных случаях увеличиваясь до 1,33–1,75 % [16]. По статистическим характеристикам (Na, Ne, I, F) сорт Нилин показал наибольшее генетическое разнообразие. По численному значению у сортов Снегурок и Ы 117 показатели гетерозиготности (He, Ho) наименьшие. Сорт Снегурок принадлежит сортам линейного типа, с наличием некоторого числа генотипов, нетипичных для сорта. Сорт Ы 117 показал однородность по восьми маркерам. По два аллеля выявлены у двух SSR-маркеров – Lu3 и Lu21'. По этим маркерам у сорта выявлено два основных биотипа с различным типом сочетания аллелей: биотип Lu3₁₇₅ и Lu21'₁₀₉ составил 55 %, а Биотип Lu3₁₆₆ и Lu21'₁₁₇ – 40 % от общего числа изученных растений. Оставшиеся 5 % растений, возможно, являются результатом переопыления между растениями основных биотипов, как было отмечено у Т.А. Челюстниковой с соавторами [7]. Гетерогенность аллельного состава микросателлитных локусов у сортов Нилин, Даник, Август не позволяет отнести сорта ни к линейным, ни к сортам, обладающим четко выраженной структурой.

Изучение графиков частот аллелей сортов выявило некоторые закономерности. Каждый сорт был представлен определенным числом частных аллелей (No. Private Alleles), что позволяет четко дифференцировать изучаемые сорта. Наибольшее количество таких аллелей

также было у сорта Нилин, наименьшее – у сорта Ы 117. Не было обнаружено показателя числа общих аллелей менее 25 % (No. LComm Alleles \leq 25 %). А число общих аллелей менее 50 % (LComm Alleles \leq 50 %) было наибольшим у сорта Даник и наименьшим у сорта Ы 117 (рис. 1).

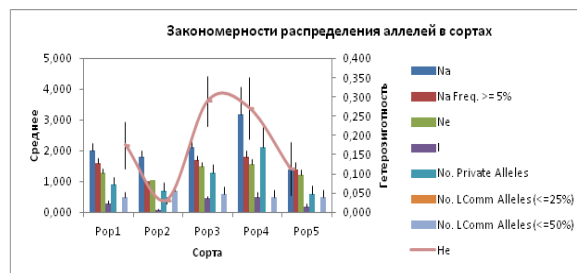


Рисунок 1 – График распределения частот аллелей для сортов масличного льна Август, Снегурок, Даник, Нилин и Ы 117: Pop1 – Август, Pop2 – Снегурок, Pop3 – Даник, Pop4 – Нилин, Pop5 – Ы 117. Na – число аллелей на locus, Na Freq. \geq 5 % – частота аллелей больше 5 %, Ne – эффективное число аллелей, I – информационный индекс Шеннона, No. Private Alleles – число частных аллелей, No. LComm Alleles (\leq 25 %) – число общих аллелей менее 25 %, No. LComm Alleles (\leq 50 %) – число общих аллелей менее 50 %, He – ожидаемая гетерозиготность

Процент полиморфных локусов был высоким для сортов Август (70 %), Снегурок (70 %), Даник (80 %), Нилин (80 %), низким для Ы 117 (20 %) и в среднем составил 62 %. Снегурок, который показал достаточно большой процент полиморфных локусов (70 %), обязан такому полиморфизму всего четырем растениям из 40 изученных. Эти растения имеют отличные от основного пула генотипы по семи из десяти маркеров и могут представлять собой механическое засорение. Поэтому для поддержания сорта в первоначальном состоянии рекомендуется контроль типичности не только по морфологическим признакам, присущим данному сорту, но и по молекулярным маркерам, поскольку морфологические характеристики зависят от стадии разви-

тия растений и чувствительны к окружающей среде, что может привести к ложным заключениям [17].

С использованием 10 полиморфных микросателлитных локусов для всех изучаемых сортов обнаружено 50 аллелей. Наиболее полиморфным оказался локус Lu8 – у него выявлено 15 аллелей с частотой встречаемости от 0,01 до 0,96. Наименее полиморфные локусы Lu9 и Lu21' – по четыре аллеля с частотой встречаемости от 0,01 до 0,98 (рис. 2).

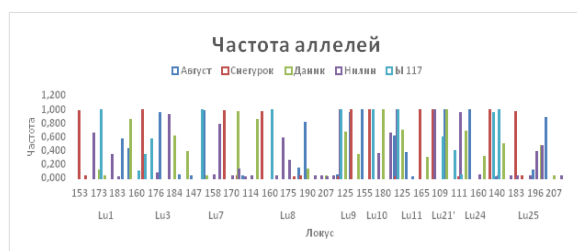


Рисунок 2 – Диаграмма частоты аллелей 10 микросателлитных локусов для сортов масличного льна Август, Снегурок, Даник, Нилин и БИ 117

Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) показывает распределение общей генетической изменчивости между исследованными сортами и в их пределах. Установлено, что большая часть от общей дисперсии – 80 %, обусловлена различиями между сортами, 16 % – внутрисортной гетерогенностью и 4 % – гетерозиготностью отдельных растений (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анализа общего генетического разнообразия пяти сортов масличного льна

Источник разнообразия	Число степеней свободы (df)	Сумма квадратов (SS)	Средние квадраты (MS)	Доля в общей дисперсии,	
				абс. значения	в %
Между сортами	4	1162,117	290,529	3,611	80
Внутри сортов	195	316,312	1,622	0,721	16
Внутри отдельного растения	200	36,000	0,180	0,180	4
Всего	399	1514,43		4,512	100

F-статистика Райта показала, что генетические различия между сортами достоверны и являются высокими ($F_{st} = 0,800$, $P = 0,001$) (табл. 3).

Таблица 3

Значения показателей структуры подразделенной популяции (F-статистика Райта)

F-статистика	Значение	Вероятность (P)
Fst	0,800	0,001
Fis	0,800	0,001
Fit	0,960	0,001

Генетические дистанции по Неи между сортами достаточно велики и составляют от 0,752 до 0,986. Наибольшая генетическая дистанция обнаружена между сортами Даник и Снегурок (0,997), наименьшая – между сортами БИ 117 и Нилин (0,752) (табл. 4).

Таблица 4

Генетические дистанции по Неи между сортами Август, Снегурок, Даник, Нилин, БИ 117

Генетическая дистанция	Сорт масличного льна				
	Август	Снегурок	Даник	Нилин	БИ 117
Август	0,000				
Снегурок	0,894	0,000			
Даник	0,804	0,997	0,000		
Нилин	0,909	0,873	0,952	0,000	
БИ 117	0,921	0,772	0,986	0,752	0,000

Для визуализации закономерностей генетических отношений, таких как парная матрица, содержащая результаты микросателлитного анализа всех двухсот изучаемых растений пяти сортов, выполнили анализ главных координат (РСоА). РСоА – это многомерный метод, который позволяет находить и отображать основные закономерности в многомерном наборе данных (несколько локусов и несколько образцов). Для многомерных наборов данных каждая последующая ось объясняет пропорционально меньшую часть общей вариации, так что при наличии отдельных групп первые две или три оси

обычно выявляют большую часть разделения между ними [18]. РСоА, выполненный нами по двум главным координатам, расположил все сорта дистанционно друг от друга. Однако относительно других пары сортов Август и Даник, а также Нилин и Ы 117 в пространстве главных координат расположены ближе друг к другу (рис. 3).

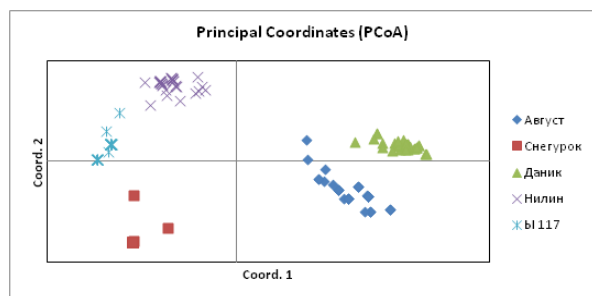


Рисунок 3 – Распределение сортов масличного льна в пространстве главных координат

Сорт Даник и Август получены при использовании разных селекционных программ в отличающихся экологических зонах возделывания. Даник создан на центральной экспериментальной базе ВНИИМК (г. Краснодар) методом многократного индивидуального отбора на инфекционном фузариозном фоне [10], а сорт Август – на Сибирской опытной станции ВНИИМК методом индивидуального отбора из гибридной популяции третьего поколения, отличается очень высокой устойчивостью к фузариозу [14]. И, таким образом, несмотря на отсутствие очевидного генетического родства между сортами, устойчивость к фузариозу является общей отличительной чертой этих генотипов. Сорта Нилин и Ы 117 также обладают устойчивостью к этой болезни и близки друг к другу в системе главных координат. Наиболее обособленно расположен сорт Снегурок. Он отличается от остальных изучаемых сортов высокой устойчивостью к зимним, в том числе к бесснежным, морозам и способностью выдерживать без существенных крио-

повреждений отрицательные температуры до минус 20–23 °С [11].

Таким образом, проведенные исследования показали небольшое внутрисортное и значительное межсортное генетическое разнообразие пяти сортов масличного льна селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Изученные сорта представляют собой генетически разнородный селекционный материал и, следовательно, имеют потенциал в качестве контрастных родительских форм для селекции новых сортов.

Заключение. В результате исследования генетического разнообразия пяти сортов масличного льна Август, Снегурок, Даник, Нилин и Ы 117 по десяти микросателлитным локусам выявили в общем 50 аллельных вариантов. Сорт Снегурок принадлежит сортам линейного типа, с наличием небольшого числа нетипичных растений, сорт Ы 117 подразделен на два основных биотипа. Гетерогенность аллельного состава микросателлитных локусов у сортов Нилин, Даник, Август не позволила отнести сорта ни к линейным, ни к сортам, обладающим четко выраженной структурой. Наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготности для всех проанализированных сортов соответствуют показателям инбредной популяции. Наибольшим генетическим разнообразием по комплексу показателей информативности отличился сорт Нилин, наименьшим – Снегурок. Август и Даник, а также Нилин и Ы 117 в пространстве главных координат расположены ближе друг к другу. Наиболее обособленно по отношению к другим расположен сорт Снегурок. Между сортами существуют значительные генетические различия. Внутрисортная гетерогенность меньше межсортной.

Список литературы

1. Зерно онлайн: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zol.ru/review/len-maslichnyj-kudryash-posev-nye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-v-2023-godu> (дата обращения: 12.04.2024).

2. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. – М.: ООО «Угрешская типография», 2016. – 172 с.

3. Гаджиев Н.М., Лебедева В.А., Рыбаков Д.А., Иванов А.В., Желтова В.В., Фомина Н.А., Гавриленко Т.А. Использование в практической селекции картофеля результатов ДНК-маркирования исходных родительских форм и межсортовых гибридов // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – №. 5. – С. 981–994.

4. Гориславец С., Володин В.А., Спотарь Г.Ю., Рисованная В.И., Алексеев Я.И. Генотипирование сортов винограда селекции Института «Магарач» на основе анализа аллельного полиморфизма SSR локусов // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2019. – Т. 21. – №. 4. – С. 289–293.

5. Гучетль С.З., Челюстникова Т.А. Генотипирование сортов льна масличного с использованием системы микросателлитных ДНК-маркеров // Аграрная наука Северо-Востока. – 2020. – Т. 21 (5). – С. 531–539.

6. Челюстникова Т.А., Аверина А.А., Гучетль С.З., Золотавина М.Л., Рамазанова С.А., Волошко А.А., Логинова Е.Д. Оптимизация маркерной системы для генотипирования сортов льна масличного коллекции ВНИИМК // Аграрная наука. – 2022. – № 4. – С. 57–61.

7. Челюстникова Т.А., Гучетль С.З. Структура сорта масличного льна Ы 117 на основе полиморфных микросателлитных локусов // Масличные культуры. – 2023. – Вып. 2 (194). – С. 13–19.

8. Hoque A., Fiedler J.D., Rahman M. Genetic diversity analysis of a flax (*Linum usitatissimum* L.) global collection // BMC genomics. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–13.

9. Kocak M.Z., Kaysim M.G., Aydin A., Erdinc S., Kulak M. Genetic diversity of flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.) by using agro-morphological properties and molecular markers // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2023. – Vol. 70. – No. 8. – P. 2279–2306.

10. Рябенко Л.Г., Зеленцов В.С., Овчарова Л.Р., Галкина Г.Г., Склярлов С.В. Сорт масличного льна Даник // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 141–142.

11. Рябенко Л.Г., Зеленцов В.С., Овчарова Л.Р., Зеленцов В.С., Склярлов С.В., Мошненко Е.В. Зимующий сорт масличного льна Снегу-

рок // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 4 (184). – С. 99–102.

12. Рябенко Л.Г., Зеленцов В.С., Овчарова Л.Р., Галкина Г.Г., Склярлов С.В. Сорт масличного льна Нилин // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 143–144.

13. Зеленцов В.С., Рябенко Л.Г., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Овчарова Л.Р., Склярлов С.В. Сорт масличного льна Ы 117 // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 181–184.

14. Минжасова А.К., Лошкормойников И.А. Сорт масличного льна Август // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 2 (170). – С. 115–116.

15. Peakall R., Smouse P.E. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update // Bioinformatics. – 2012. – Vol. 28 (19). – P. 2537–2539.

16. Зеленцов В.С., Мошненко Е.В., Рябенко Л.Г., Овчарова Л.Р. Типы и способы естественного опыления льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L. // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 105–113.

17. Van Beuningen L.T., Busch R.H. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: III. Cluster analysis based on quantitative morphological traits // Crop Science. – 1997. – Vol. 37. – No. 3. – P. 981–988.

18. Orlóci L. Multivariate analysis in vegetation research. – Springer, 2013. – 276 p.

References

1. Zerno onlayn: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.zol.ru/review/len-maslichnyj-kudryash-posevnye-ploshchadivalovye-sbory-i-urozhajnost-v-2023-godu> (data obrashcheniya: 12.04.2024).

2. Chesnokov Yu.V., Kosolapov V.M. Geneticheskie resursy rasteniy i uskorenie selektsionnogo protsessa. – М.: ООО «Угрешская типография», 2016. – 172 с.

3. Gadzhiev N.M., Lebedeva V.A., Rybakov D.A., Ivanov A.V., Zheltova V.V., Fomina N.A., Gavrilenko T.A. Ispol'zovanie v prakticheskoy selektsii kartofelya rezul'tatov DNK-markirovaniya iskhodnykh roditel'skikh form i mezhsortovykh gibridov // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. – 2020. – Т. 55. – №. 5. – С. 981–994.

4. Gorislavets S., Volodin V.A., Spotar' G.Yu., Risovannaya V.I., Alekseev Ya.I. Genotipirovanie sortov vinograda selektsii Instituta «Magarach» na osnove analiza allel'nogo polimorfizma SSR lokusov // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. – 2019. – T. 21. – №. 4. – S. 289–293.
5. Guchetl' S.Z., Chelyustnikova T.A. Genotipirovanie sortov l'na maslichnogo s ispol'zovaniem sistemy mikrosatelitnykh DNK-markerov // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2020. – T. 21 (5). – S. 531–539.
6. Chelyustnikova T.A., Averina A.A., Guchetl' S.Z., Zolotavina M.L., Ramazanova S.A., Voloshko A.A., Loginova E.D. Optimizatsiya markernoy sistemy dlya genotipirovaniya sortov l'na maslichnogo kollektzii VNIIMK // Agrarnaya nauka. – 2022. – № 4. – S. 57–61.
7. Chelyustnikova T.A., Guchetl' S.Z. Struktura sorta maslichnogo l'na Y 117 na osnove polimorfnykh mikrosatelitnykh lokusov // Maslichnye kul'tury. – 2023. – Vyp. 2 (194). – S. 13–19.
8. Hoque A., Fiedler J.D., Rahman M. Genetic diversity analysis of a flax (*Linum usitatissimum* L.) global collection // BMC genomics. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–13.
9. Kocak M.Z., Kaysim M.G., Aydin A., Erdinc C., Kulak M. Genetic diversity of flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.) by using agro-morphological properties and molecular markers // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2023. – Vol. 70. – No. 8. – P. 2279–2306.
10. Ryabenko L.G., Zelentsov V.S., Ovcharova L.R., Galkina G.G., Sklyarov S.V. Sort maslichnogo l'na Danik // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2015. – Vyp. 4 (164). – S. 141–142.
11. Ryabenko L.G., Zelentsov S.V., Ovcharova L.R., Zelentsov V.S., Sklyarov S.V., Moshnenko E.V. Zimuyushchiy sort maslichnogo l'na Sne-gurok // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 4 (184). – S. 99–102.
12. Ryabenko L.G., Zelentsov V.S., Ovcharova L.R., Galkina G.G., Sklyarov S.V. Sort maslichnogo l'na Nilin // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2015. – Vyp. 4 (164). – S. 143–144.
13. Zelentsov V.S., Ryabenko L.G., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Ovcharova L.R., Sklyarov S.V. Sort maslichnogo l'na Y 117 // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 4 (176). – S. 181–184.
14. Minzhasova A.K., Loshkomoynikov I.A. Sort maslichnogo l'na Avgust // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2017. – Vyp. 2 (170). – S. 115–116.
15. Peakall R., Smouse P.E. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update // Bioinformatics. – 2012. – Vol. 28 (19). – P. 2537–2539.
16. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Ryabenko L.G., Ovcharova L.R. Tipy i sposoby estestvennogo opyleniya l'na obyknovennogo *Linum usitatissimum* L. // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 1 (173). – S. 105–113.
17. Van Beuningen L.T., Busch R.H. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: III. Cluster analysis based on quantitative morphological traits // Crop Science. – 1997. – Vol. 37. – No. 3. – P. 981–988.
18. Orlóci L. Multivariate analysis in vegetation research. – Springer, 2013. – 276 p.

Сведения об авторах

С.З. Гучетль, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. биол. наук
Т.А. Челюстникова, аналитик 2-й кат.
А.С. Истомина, аналитик
Э.И. Алиева, аналитик
М.Л. Золотавина, канд. биол. наук

Получено/Received

14.05.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

15.05.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

17.05.2024

Принято/Accepted

07.10.2024

Manuscript on-line

30.11.2024