Селекционная оценка потомства 'Папировки тетраплоидной' в условиях Среднего Урала

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-143-147

УДК 634.11 (470.34)

Поступление/Received: 27.05.2020

Принято/Accepted: 19.08.2021

Д. Д. ТЕЛЕЖИНСКИЙ*, Л. А. КОТОВ

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН,
620142 Россия, г. Екатеринбург,
ул. Белинского, 112, корп. А

* ddt77@list.ru

Breeding-oriented evaluation of the progeny of cv. 'Papirova tetraploidnaya' in the Middle Urals

D. D. TELEZHINSKIY*, L. A. KOTOV

Ural Federal Agricultural Research Center,
Ural Branch of the RAS,
112, bldg. A, Belinskogo St.,
Yekaterinburg 620142, Russia

* ddt77@list.ru

Одним из наиболее перспективных направлений в селекции яблони является полиплоидия. Триплоидные сорта показывают более высокую стабильность плодоношения и повышенную самоплодность. Наиболее легкий путь получения триплоидов – скрещивания диплоидных и тетраплоидных сортов между собой. Главный сдерживающий фактор при этом – ограниченное количество исходных тетраплоидных форм, от характеристик которых зависит качество и перспективность получаемого гибридного потомства.

Сотрудниками Свердловской селекционной станции садоводства в условиях Среднего Урала были созданы и проанализированы пять гибридных семей с использованием сорта 'Папировка тетраплоидная' в качестве отцовской исходной формы, пыльцу которой мы получили от академика Е. Н. Седова из Всероссийского НИИ селекции плодовых культур. Данный сорт яблони был завезен во ВНИИСПК в 1972 году из Франции с Анжерской опытной станции.

Определено, что 'Папировка тетраплоидная' с высокой долей вероятности передает своему потомству следующие признаки: крупноплодность, раннелетний, летний и осенний сроки созревания плодов, рыхлая или средней плотности крупнозернистая мякоть и невыдающийся столовый вкус плодов (дегустационная оценка 3,8–4,2 балла).

Ключевые слова: *Malus domestica*, селекция яблони, полиплоидия, триплоиды, тетраплоиды, селекционная оценка потомства.

One of the most promising trends in apple breeding is polyploidy. Triploid cultivars show higher fruiting stability and increased self-fertility. The easiest way to obtain triploids is to cross diploid and tetraploid cultivars among themselves. The main limiting factor in this case is a restricted number of initial tetraploid forms whose characteristics affect the quality and prospects of the resulting hybrid progeny.

The staff of Sverdlovsk Horticultural Breeding Station in the Middle Urals produced and analyzed 5 hybrid families using cv. 'Papirova tetraploidnaya' as the paternal source; the latter's pollen was supplied by Acad. E. N. Sedov from the All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. Ninety hybrid seedlings were studied.

The study showed that 'Papirova tetraploidnaya' with a high degree of probability conveyed the following traits to its progeny: large fruit size, fruit ripening in early summer, midsummer and autumn, loose or medium density of coarse fruit flesh, and nonoutstanding fruit taste (scoring 3.8–4.2 points).

Key words: *Malus domestica*, apple breeding, polyploidy, triploids, tetraploids, breeding evaluation of the progeny.

Введение

В деле получения новых регулярно плодоносящих сортов яблони с высокими товарными качествами плодов значительный интерес представляет селекция на полиплоидном уровне. Большая часть сортов яблони – диплоиды ($2x = 34$) (Sedov, 1995).

Полиплоидия – это геномная мутация, связанная с увеличением числа целых хромосомных наборов. У яблони оптимальным уровнем плоидности в отношении проявления полезных свойств рядом исследователей признается триплоидный уровень (Singh, Wafai, 1984; Sedov et al., 2015). Поэтому основным направлением селекции на полиплоидном уровне у яблони является массовое получение триплоидов на основе интервалентных скрещиваний типа $2x \times 4x$, $4x \times 2x$ (Sedov, 1995). Сле-

дует отметить, что в селекции яблони на полиплоидность существенным сдерживающим фактором является весьма ограниченный набор тетраплоидных исходных форм (Sedov, 1995). Создание обширного фонда полиплоидных аналогов сортов разного происхождения, а также экотипов дикорастущих видов – это первоочередная задача экспериментальной полиплоидии плодовых растений (Sedov, 1995). Имея большое разнообразие полиплоидных исходных форм для интервалентных скрещиваний, можно рассчитывать на получение гибридного фонда триплоидов с широким размахом изменчивости, а следовательно – и на большую вероятность отбора сортов яблони на триплоидном уровне с комплексом полезных свойств, отвечающих требованиям интенсивного садоводства (Sedov, 1995). Увеличение плоидности также может положительно сказываться на устойчивости к па-

тогенам за счет увеличения числа генов устойчивости (Podwyszyńska et al., 2019). Большим достоинством этого метода полиплоидии является ускорение селекционного процесса на такие признаки, как, например, масса плода, имеющая полигенный контроль. При скрещивании мелкоплодных сортов с крупноплодными тетраплоидными формами необходимо только одно поколение, чтобы в массе гибридных семян была значительная доля крупноплодных, в то время как при использовании диплоидных крупноплодных сортов требуется несколько насыщающих скрещиваний для достижения подобного результата.

‘Папировка тетраплоидная’ имеет плоидность 2-4-4-4х и представляет собой диплоидно-тетраплоидную химеру первого типа, которая была завезена во Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ВНИИСПК) из Франции с Анжерской опытной станции в 1972 г. Деревья в условиях г. Орла среднестойкие и среднерождные, плоды средней массы – 130 г, летнего срока созревания, с оценкой вкуса 3,8 балла (Sedov, 1995). В условиях Екатеринбурга ‘Папировка тетраплоидная’ оказалась не зимостойкой, так как ее прививки, сделанные высоко в кроне высокозимостойкого скелетообразователя, вымерзли целиком в течение нескольких лет.

Данные подробного цитозембриологического анализа мейоза при микроспорогенезе и анализ жизнеспособности пыльцы свидетельствуют о том, что диплоидно-тетраплоидная химера ‘Папировка тетраплоидная’ при использовании в гетероплоидных скрещиваниях в качестве опылителя в гибридном потомстве дает в среднем 77,9% триплоидных семян (Sedyseva et al., 2010). Цитологические исследования формирования пыльцы ‘Папировки тетраплоидной’ свидетельствуют о пригодности ее в качестве донора диплоидных гамет для селекции на полиплоидном уровне (Sedyseva, Sedov, 1994; Sedyseva et al., 2010). По результатам исследования, проведенного в Северо-Кавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия (СКЗНЦСВВ), ‘Папировка тетраплоидная’ является источником признаков крупноплодности и хорошего вкуса плодов. От нее получены несколько гибридов со средней массой плодов более 300 г (Ulyanovskaya et al., 2016). По данным ВНИИСПК, ‘Папировка тетраплоидная’ является ценной исходной формой в создании летних триплоидных сортов, на основе которой в этом учреждении получены 12 новых сортов яблони, 5 из них – совместно с СКЗНЦСВВ (Sedov et al., 2012; Sedov, 2015; Krasova, 2016).

На Свердловской селекционной станции садоводства ‘Папировка тетраплоидная’ использовалась в селекции в качестве отцовской исходной формы. Целью исследования является изучение наследования потомством сорта ‘Папировка тетраплоидная’ основных хозяйственно значимых признаков для определения его селекционной ценности.

Материалы и методика исследований

Место проведения исследований: Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», на уникальной научной установке коллекции живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале», предназначенной для проведения фундаментальных, поисковых и прикладных комплексных исследований в области селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и декоративных культур (Slepneva, Chebotok, 2017).

Обследовался гибридный фонд яблони, в частности те семьи, где одним из родителей является ‘Папировка тетраплоидная’:

Соковое-2 (сеянец ‘Мощной’ от свободного опыления) × Папировка тетраплоидная – 15 растений;

Китайка нежная × Папировка тетраплоидная – 11 растений;

Р5л/2-29 (Уральский сувенир × SR0523) × Папировка тетраплоидная – 17 растений;

Р5л/2-28 (Уральский сувенир × SR0523) × Папировка тетраплоидная – 12 растений;

Утренняя роза (Уральский сувенир × SR0523) × Папировка тетраплоидная – 35 растений.

Пыльцу для данных скрещиваний мы получили из ВНИИСПК от академика Е. Н. Седова. Гибридизация проводилась под руководством Л. А. Котова в 2004–2005 гг., посев гибридных семян – в 2005–2006 гг. Для высадки в гибридный сад из селекционного питомника отбирались двухлетние сеянцы с крупным размером листовой пластинки и с более ярко выраженными культурными признаками. Схема посадки – 5 × 0,5 м. Согласно общепринятым методикам (Sedov, 1995) проводились учеты по следующим показателям: зимостойкость, устойчивость к парше, качество плодов (размер, цвет, характер вкуса, срок созревания, тип мякоти).

Климатические условия места проведения исследований. Климат Среднего Урала обусловлен, прежде всего, географическим местоположением Уральских гор, которые простираются с севера на юг от Северного ледовитого океана. Благодаря этому часто случается заброс холодного арктического воздуха вдоль горного хребта в наши широты. Количество осадков за год – 540 мм, две трети осадков выпадают в течение вегетационного периода, сумма активных температур – в пределах 1600–2100°C, в среднем 1800°C. В таблице 1 представлены среднееголетние данные по среднемесячным температурам и количеству осадков, полученные на метеопункте Свердловской селекционной станции садоводства.

Зима на Среднем Урале длинная и достаточно холодная. Оттепели зимой здесь достаточно редки и не-

Таблица 1. Среднеголетние месячные температуры воздуха и количество осадков
(г. Екатеринбург, 2000-2019 гг.)

Table 1. Mean monthly air temperatures and precipitation amounts for many years (Yekaterinburg, 2000-2019)

	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-13,8	-12,3	-4,1	+4,0	+11,7	+17,1	+19,1	+16,4	+10,2	+3,5	-6,3	-11,7
Осадки, мм	23,7	18,9	21,4	26,7	47,0	67,3	88,3	78,7	42,2	34,8	32,3	27,8

продолжительны, бывают раз в два-три года. Средняя температура января $-13,8^{\circ}\text{C}$, минимальная за последние 20 лет -36°C , минимальная за период наблюдений с 1950 г. $-47,1^{\circ}\text{C}$. Суровые зимы повторяются с периодичностью 5–10 лет. Снеговой покров устанавливается в конце октября – ноябре, сходит снег в апреле. Толщина снегового покрова достигает 60–80 см в марте, что обычно достаточно для успешной перезимовки садовых растений.

Весенний период характеризуется частыми возвратными заморозками вплоть до 10 июня, а в 1997 г. очень сильный заморозок был с 17 на 18 июня.

Лето чаще бывает дождливое и прохладное, засухи случаются довольно редко – один раз в пять лет и бы-

Китайка нежная × Папировка тетраплоидная – 91%;
Р5л/2-29 × Папировка тетраплоидная – 82%;
Р5л/2-28 × Папировка тетраплоидная – 83%;
Утренняя роза × Папировка тетраплоидная – 83%.

Масса плода. 'Папировка тетраплоидная' – очень хорошая исходная форма в селекции на крупноплодность. В ее потомстве часто встречаются гибриды с массой плода 150–200 г (табл. 2). Крупноплодность сохраняется даже при использовании в качестве материнских форм мелкоплодных сортов, таких как 'Соковое-2' и 'Китайка нежная' с массой плода всего 25–30 г. Причем большое количество гибридов превосходит по массе плодов 'Папировку тетраплоидную', у которой их средняя масса, по данным ВНИИСПК, – 130 г (Sedov, 1995).

Таблица 2. Распределение сеянцев по средней массе плода, % (Екатеринбург, 2016–2019 гг.)

Table 2. Distribution of seedlings according to their average fruit weight, % (Yekaterinburg, 2016–2019)

Семья	Количество растений, шт.	Масса плода, г					
		менее 100	100–120	121–140	141–160	161–180	181–200
Соковое-2 × Папировка тетраплоидная	15	0	20	47	20	13	0
Китайка нежная × Папировка тетраплоидная	11	9	18	46	18	9	0
Р5л/2-29 × Папировка тетраплоидная	17	6	12	12	29	23	18
Р5л/2-28 × Папировка тетраплоидная	12	0	17	25	25	17	16
Утренняя роза × Папировка тетраплоидная	35	0	17	29	20	17	17

вают чаще в первой половине лета. Средняя температура июля $+19,1^{\circ}\text{C}$. Безморозный период составляет 75–120 дней.

Осенний период, по среднемноголетним данным за последние 20 лет, довольно дождливый и прохладный. Переход средней дневной температуры в отрицательные значения происходит обычно в конце октября – первой декаде ноября.

Результаты исследований

Гибридное потомство 'Папировки тетраплоидной' исследовалось по следующим показателям: зимостойкость, устойчивость к парше, товарные качества плодов (размер, окраска кожицы, характер вкуса, срок созревания, тип мякоти). В результате анализа полученных данных было установлено следующее.

Зимостойкость. 'Папировка тетраплоидная' в климатических условиях Среднего Урала имеет очень низкую зимостойкость, ее прививки на зимостойком скелетообразователе полностью вымерзли в течение нескольких лет, поэтому для скрещивания с 'Папировкой тетраплоидной' мы подбирали исходные материнские формы с высокой зимостойкостью. В результате большинство сеянцев в пяти исследуемых семьях имеют хорошую зимостойкость (общая степень подмерзания у них не превышает 2 баллов):

Соковое-2 × Папировка тетраплоидная – 87% зимостойких сеянцев;

Вкус плодов. В условиях Среднего Урала в потомстве 'Папировки тетраплоидной' не выявлено сеянцев с оценкой вкуса плодов более 4,2 балла. Большинство из них имели плоды со вкусом на 3,8–4,1 балла (табл. 3). Оценка в 4,0 балла присваивается плодам, имеющим хороший, столовый вкус, а у вновь создаваемых современных сортов желаемая оценка вкуса плодов должна быть не ниже 4,3 балла. Характер вкуса у большинства полученных сеянцев кисло-сладкий, то есть с преобладанием кислоты, и у совсем немногих – кисловато-сладкий, то есть с незначительным содержанием кислоты. Около 14% сеянцев по данным семьям имеют небольшую терпкость во вкусе, которая не исчезает до конца срока потребления плодов. Сорт 'Папировка тетраплоидная' в целом не показал себя в наших условиях как исходная отцовская форма, дающая в потомстве значительную долю гибридов с высокими вкусовыми качествами, даже несмотря на то, что в некоторых семьях материнские формы отличались высокой оценкой вкуса. Наибольшее количество гибридов с довольно хорошим вкусом содержится в семье Соковое-2 × Папировка тетраплоидная.

Тип мякоти плодов. У большинства сеянцев (75–100%) в изучаемых нами семьях мякоть была достаточно рыхлая или средней плотности, крупнозернистая, и лишь в семье Р5л/2-29 × Папировка тетраплоидная встретился один гибрид с хрустящей и плотной мякотью, а в семье Утренняя роза × Папировка тетраплоидная около 25% сеянцев имеют плотную мякоть.

Таблица 3. Распределение сеянцев по вкусу плодов, % (Екатеринбург, 2016–2019 гг.)
Table 3. Distribution of seedlings according to their fruit taste, % (Yekaterinburg, 2016–2019)

Семья	Дегустационная оценка плодов, балл					
	менее 3,8	3,8	3,9	4	4,1	4,2
Соковое-2 × Папировка тетраплоидная	0	0	13	33	27	27
Китайка нежная × Папировка тетраплоидная	9	18	18	46	9	0
P5л/2-29 × Папировка тетраплоидная	6	41	18	18	17	0
P5л/2-28 × Папировка тетраплоидная	0	0	8	67	25	0
Утренняя роза × Папировка тетраплоидная	6	14	40	29	11	0

Срок созревания плодов. У сеянцев в изучаемых нами семьях срок созревания плодов варьировал от раннелетнего до осеннего, лежкость плодов – от двух недель до месяца. Ни одного сеянца с более поздним сроком созревания и более длительной лежкостью не обнаружено.

Окраска плодов. Плоды сорта ‘Папировка тетраплоидная’ не имеют покровную окраску, поэтому наличие ее у плодов гибридов по большей части зависит от второго родителя. Так, в семье Китайка нежная × Папировка тетраплоидная все растения имеют плоды без покровной окраски, в семье Соковое-2 × Папировка тетраплоидная таких растений 80%, а в других изучаемых семьях большинство гибридов имеют покровную окраску в виде румянца разной степени выраженности. Основная же окраска у всех изучаемых растений очень светлая: светло-желтая, светло-зеленая и почти белая.

Устойчивость к парше. Количество гибридов, устойчивых к парше, в семьях с ‘Папировкой тетраплоидной’ зависит в значительной мере от устойчивости второго родителя. Так, в семье Соковое-2 × Папировка тетраплоидная большинство гибридов (80%) поражаются паршой на 2,0–3,5 балла, так как растения сорта ‘Соковое-2’ неустойчивы к парше. В семьях, где, как мы предполагаем, у второго родителя присутствует ген иммунитета к парше *Vm* (P5л/2-29, P5л/2-28 и ‘Утренняя роза’), около половины сеянцев не имеют признаков поражения этим грибным заболеванием.

Выводы

На основании проведенных исследований определено, что ‘Папировка тетраплоидная’ обладает селекционной ценностью и с высокой вероятностью склонна передавать своему потомству следующие признаки:

- относительно крупный размер плода;
- раннелетний, летний и осенний сроки созревания плодов;
- светлую основную окраску плодов;
- невыдающийся столовый вкус плодов (с дегустационной оценкой 3,8–4,2 балла);
- рыхлую или средней плотности крупнозернистую мякоть;
- среднюю устойчивость к парше.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ УрФАНИЦ УРО РАН по направлению 150 Программы ФНИ государственных академий наук на 2021–2030 гг.

The work was done within the framework of the State Task for the Ural Federal Agricultural Research Center, UB RAS, under Guideline 150 of the Federal Scientific Research Program of the State Academies of Sciences for 2021–2030.

References / Литература

- Krasova N.G. The use of VNIISPK genepool in apple breeding. *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*. 2016;3:77-83. [in Russian] (Красова Н.Г. Использование генофонда ВНИИСПК в селекции сортов яблони. *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2016;3:77-83).
- Podwyszyńska M., Broniarek-Niemiec A., Wojtania A., Klamkowski K., Marasek-Ciolakowska A., Puławska J. Ocena fenotypowa autotetraploidów jabłoni ze szczególnym uwzględnieniem podatności na porażenie przez *Venturia inaequalis* i *Erwinia amylovora*. *Biuletyn Instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin = Bulletin of Plant Breeding and Acclimatization Institute*. 2019;285:125-127. [in Polish]
- Sedov E.N. Apple gene pool use, sources and donors of economically valuable traits. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2015;19(1):104-110. [in Russian] (Седов Е.Н. Использование генофонда яблони: источники и доноры хозяйственно полезных признаков. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(1):104-110).

- Sedov E.N. (ed.). The program and methods for fruit, berry and nut crop breeding (Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: VNIISPK; 1995. [in Russian] (Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова). Орел: ВНИИСПК; 1995).
- Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A., Levgerova N.S., Serova Z.M. Innovations in apple-tree genome modification. New prospects in breeding (Innovatsii v izmenenii genoma yablони. Novye perspektivy v selektsii). Orel: VNIISPK; 2015. [in Russian] (Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А., Левгерова Н.С., Серова З.М. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: ВНИИСПК; 2015).
- Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M., Ulyanovskaya E.V. Papirovka tetraploidnaya is a valuable initial form in the development of triploid cultivars ripening in summer (Papirovka tetraploidnaya – tsennaya iskhodnaya forma v sozdaniі triploidnykh sortov letnego sozrevaniya). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2012;32(2):15-20. [in Russian] (Седов Е.Н., Седы-

- шева Г.А., Серова З.М., Ульяновская Е.В. Папировка тетраплоидная – ценная исходная форма в создании триплоидных сортов летнего созревания. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2012;32(2):15-20).
- Sedyshcheva G.A., Sedov E.N. Polyploidy in apple breeding (Poliploidiya v selektsii yabloni). Orel: VNIISPK; 1994. [in Russian] (Седышева Г.А., Седов Е.Н. Полиплоидия в селекции яблони. Орел: ВНИИСПК; 1994).
- Sedyshcheva G.A., Sedov E.N., Gorbacheva N.G. Comparative characterization of microsporogenesis in polyploid forms of apple trees (Sravnitelnaya kharakteristika mikrosporogeneza u poliploidnykh form yabloni). *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2010;1:48-51. [in Russian] (Седышева Г.А., Седов Е.Н., Горбачева Н.Г. Сравнительная характеристика микроспорогенеза у полиплоидных форм яблони. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2010;1:48-51).
- Singh R., Wafai B.A. Intravarietal polyploidy in the apple (*Malus pumila* Mill.) cultivar Hzzratbali. *Euphytica*. 1984;33(1):209-214. DOI: 10.1007/BF00022767
- Slepneva T.N., Chebotok E.M. Maintenance and replenishment of genetic resources of fruit, berry and ornamental crops through the establishment of unique scientific installations of the collection of living plants of open ground. *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2017;144(1):54-58. [in Russian] (Слепнева Т.Н., Чеботок Е.М. Сохранение и пополнение генетических ресурсов плодовых, ягодных и декоративных культур путем создания уникальной научной установки коллекции живых растений открытого грунта. *Сборник научных трудов государственного Никитского ботанического сада*. 2017;144(1):54-58).
- Ulyanovskaya E.V., Prichko T.G., Chalaya L.D. A comprehensive assessment of source material for apple breeding for immunity and fruit quality. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):607-615. [in Russian] (Ульяновская Е.В., Причко Т.Г., Чалая Л.Д. Комплексная оценка исходного материала яблони для селекции на иммунитет и качество плодов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(5):607-615). DOI 10.18699/VJ16.182

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Тележинский Д.Д., Котов Л.А. Селекционная оценка потомства 'Папировки тетраплоидной' в условиях Среднего Урала. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(4):143-147. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-143-147

Telezhinskiy D.D., Kotov L.A. Breeding-oriented evaluation of the progeny of cv. 'Papirovka tetraploidnaya' in the Middle Urals. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021;182(4):143-147. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-143-147

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-143-147>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Telezhinskiy D.D. <https://orcid.org/0000-0002-4783-2029>

Kotov L.A. <https://orcid.org/0000-0001-5211-7583>