

Растениеводство, защита и биотехнология растений

УДК 631.527.8:633.31:632.4

DOI 10.31857/S2500262724040047 EDN FLLFDL

ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ И СВОЙСТВ КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У ГРУПП СОРТООБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ С РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ВИРУСНО-ФИТОПЛАЗМЕННЫМ ИНФЕКЦИЯМ

© 2024 г. В. М. Косолапов, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Л. Д. Сайфутдинова, В. И. Чернявских, доктор сельскохозяйственных наук, Е. В. Думачева, доктор биологических наук

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса,
141055, Московская обл., Лобня, Научный городок, 1
E-mail: cherniavskih@mail.ru

Исследования проводили в 2019–2023 гг. в Белгородской области с целью селекционной оценки сортов люцерны, обладающих различной устойчивостью к «ведьминой метле» люцерны (ВМЛ). Изучено 52 селекционных образца, относящихся к видам *Medicago sativa* L., *M. varia* Mart., *M. falcata* L. Почва – чернозем типичный с содержанием гумуса (по Тюрину) 4,7...5,0 %. Посев проводили в 2019 г., учеты – в 2019–2023 гг. Стандарт – сорт Белгородская 86, высевали через 5 номеров. Норма высева 100 всхожих семян на 1 погонный метр. Группа сортов (n=10) с низкой устойчивостью к ВМЛ (с варьированием распространенности 24,3...34,9 %) отличается большим накоплением белка (на 44,6 г/кг, $t=8,0$, $p<0,05$), более высокой облиственностью (на 4,8 %, $t=3,7$, $p<0,05$) и высотой (на 25,3 см, $t=6,2$, $p<0,05$) по сравнению с группой сортов (n=12), устойчивых к ВМЛ (варьирование распространенности 4,6...9,1 %). Образцы с высокой устойчивостью к ВМЛ относятся к сортовым люцернам желтой и желтогибридной (Павловская 7, ПО-172, Марусинская 425, ПО-173, Сарга, ПО-174, Виктория, 20–89 Н, 193–95д, ПО-175, СГПР-8, Vela×Сарга), характеризуются повышенным долголетием и формируют стабильный урожай сена в течение пяти лет жизни травостоев. Образцы с низкой устойчивостью к ВМЛ относятся к сортовым люцернам синей и частично синегибридной (Краснояржская 2, СИ-139, СИ-138, Плато, Верко, Люзель, Сальса, Крено, Галакси, Планет). В первые три года жизни травостоев они отличаются более высокой продуктивностью кормовой массы, которая затем резко снижается.

MANIFESTATION OF SELECTION TRAITS AND PROPERTIES OF FORAGE PRODUCTIVITY IN GROUPS OF ALFALFA VARIETIES WITH DIFFERENT RESISTANCE TO VIRAL AND PHYTOPLASMA INFECTIONS

V. M. Kosolapov, L. D. Sajfutdinova, V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva

Williams Federal Scientific Center of Forage Production and Agroecology,
141055, Moskovskaya obl., Lobnya, Nauchnyi gorodok, 1
E-mail: cherniavskih@mail.ru

The research was conducted in 2019–2023 in Belgorod region with the purpose of breeding evaluation of alfalfa cultivars with different resistance to «witches' broom alfalfa» (WBA). Fifty-two selection samples belonging to species *Medicago sativa* L., *M. varia* Mart., *M. falcata* L. The soil is typical chernozem, humus content (according to Tyurin) 4.7...5.0 %. The year of sowing – 2019. Predecessor – pure fallow. Plots – two-row long 3.5 m, row spacing width – 0.3 m. Repetition – five times. Standard – variety Belgorodskaya 86, sown through 5 numbers. Seeding rate of 100 germinated seeds per 1 linear meter. It was found that the group of varietal samples (n=10) with low resistance to WBA (variation of prevalence 24.3–34.9 %) is characterized by a greater accumulation of protein (by 44.6 g/kg, $t=8.0$, $p<0.05$), higher foliage (by 4.8 %, $t=3.7$, $p<0.05$) and height (by 25.3 cm, $t=6.2$, $p<0.05$), compared to the group of varieties resistant to WBA (n=12) (prevalence variation 4.6...9.1 %). Varieties with high resistance to WBA, belong to yellow and yellow-hybrid alfalfa varieties: Pavlovskaya 7, PO-172, Marusinskaya 425, PO-173, Sarga, PO-174, Victoria, 20–89 H, 193–95d, PO-175, SGPR-8, Vela×Sarga. Varieties with low resistance to WML belong to blue alfalfa and partially – blue-hybrid varieties: Krasnoyarskaya 2, SI-139, SI-138, Plateau, Verko, Luzelle, Salsa, Kreno, Galaxi, Planet.

Ключевые слова: люцерна (*Medicago* L.), коллекционный питомник, урожайность кормовой массы, селекция, содержание белка, облиственность, вирусно-фитоплазменные инфекции, ведьмина метла люцерны.

Keywords: alfalfa (*Medicago* L.), collection nursery, forage yield, selection, protein content, foliage, viral-phytoplasma infections, witches' broom alfalfa.

В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение числа инфекционных заболеваний растений, вызываемых бактериями, вирусами, грибами и другими возбудителями, а также рост их распространенности в посевах сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Растущую угрозу во всем мире представляют фитоплазмы – плеоморфные бактерии без клеточной стенки [4]. Фитоплазменные инфекции могут снижать урожай различных культур на 40...100 % [5, 6, 7]. Значительную опасность фитоплазма представляет для вида *Medicago* L. Наиболее распространена комплексная вирусно-фитоплазменная инфекция, проявляющаяся форме «ведьминой метлы» люцерны (ВМЛ) [8], особенно на фоне изменяющихся условий среды [9].

В последние десятилетия в люцерносеющих регионах России, Средней Азии и других территориях комплексные вирусно-фитоплазменные инфекции люцерны, проявляющиеся форме ВМЛ, – значительная проблема, ограничивающая эффективность возделывания этой культуры, снижающая кормовую, семенную продуктивность и долголетие травостоев [10, 11].

Эффективным долгосрочным методом борьбы с фитоплазменной инфекцией считают формирование устойчивости у растений на основе идентификации и отбора устойчивых форм [4, 12]. Признаки, отрицательно связанные с ВМЛ (содержание фенольных соединений, антиоксидантная активность, уровень метаболитов, связанных со стрессом, эффективность фотосинтеза,

содержание белка и др.), обладают высокой степенью наследственности, в связи с чем возможен отбор линий люцерны, устойчивых к фитоплазме, и проведение селекций на устойчивость к этому заболеванию [13, 14].

Цель исследований – селекционная оценка сортов и селекционных образцов люцерны, обладающих различной устойчивостью к вирусно-фитоплазменной инфекции в форме «ведьминой метлы» люцерны (ВМЛ) по признакам и свойствам кормовой продуктивности для выделения лучших.

Методика. Работу проводили в 2019–2023 гг. в коллекционном питомнике, заложенном на селекционно-семеноводческом участке ИП «С. А. Мавродин» в Белгородском районе Белгородской области. Почва – чернозем типичный с содержанием гумуса (по Тюрину) 4,7...5,0 %, фосфора и калия (по Чирикову) 120...125 и 170...190 мг/кг соответственно, $pH_{\text{сол.}}$ – 6,5...6,8 ед. Предшественник – чистый пар. Посева осуществляли в 2019 г., оценку распространенности ВМЛ – в 2020–2023 гг., урожайности кормовой массы и элементов продуктивности – в 2019–2023 гг.

Метеоусловия в период с температурой выше 10 °С в годы исследований были различными. Сумму осадков ниже среднееголетней отмечали в 2019 г. (288,6 мм, ГТК=0,79), 2020 г. (302,4 мм, ГТК=0,99) и 2021 г. (273,2 мм, ГТК=0,98), когда она составляла соответственно 79,7 %, 75,4 % и 83,5 % нормы (362 мм и ГТК=1,12). Достаточно увлажненными были 2022 г. (399,6 мм, ГТК=1,38) и особенно 2023 г. (420,1 мм, ГТК=1,5) – соответственно 110,4 % и 116,0 % от нормы.

Изучали 52 сорта и созданных селекционных образца люцерны трех видов – *Medicago sativa* L. (*M. sativa*), *Medicago varia* Mart. (*M. varia*), *Medicago falcata* L. (*M. falcata*), происходящих из различных географических регионов России и мира: Центрально-Черноземного (*M. falcata* – Павловская 7, ПО-172, *M. varia* – Марусинская 425, ПО-173, ПО-179, Б 86–48 МФ, ПО-170 к, СГП-192, ПО-157 м, Воронежская 6, СГП-193, Красноярская 1, ПО-169 мк, ПО-154 м, Белгородская 86 (st), М-195 МФ, М-200, СИ-137, СГП-181, СГП-187, СИ-136, СГП-194, Белгородская 7, ПО-155 м, СИ-140, Глория, Алексеевская 1, Красноярская 2, СИ-139, СИ-138), Среднего Урала (*M. varia* – Сарга, Виктория, 20–89 Н, 193–95 д, ПО-174, ПО-175, Vela×Сарга, Сибири (*M. varia* – СГПР-8), Московской области (*M. varia* – Вега 87, Находка, Таисия, Агния), Саратовской области (*M. sativa* – Артемида), Ростовской области (*M. varia* – Манычская), Франции (*M. sativa* – Люзелль, Галакси), Германии (*M. sativa* – Плато, Верко, Планет), Дании (*M. sativa* – Крено, Сальса), Канады (*M. sativa* – Дакота).

Исследования выполняли на двухрядных делянках длиной 3,5 м, шириной междурядья – 0,3 м. Расстояние между делянками – 0,5 м, повторность опыта – пятикратная. Стандарт – сорт люцерны изменчивой Белгородская 86, высевали через 5 номеров. Закладку опыта проводили ручной сеялкой с нормой высева 100 всхожих семян на 1 погонный метр [15, 16].

Учет кормовой массы осуществляли поделочно методом сплошной уборки вручную 2 раза за сезон, определяли содержание абсолютно-сухого вещества (СВ) и проводили пересчет зеленой массы на урожайность сена стандартной влажности (содержание СВ 830 г/кг, ГОСТ Р 55452-2021). Облиственность определяли путем разбора пробного снопа массой 1,0...1,2 кг с расчетом доли листьев в общей массе СВ (%), высоту травостоя – замером длины 30 стеблей в фазе начала цветения.

Со второго года жизни (2020 г.) ежегодно визуально оценивали распространение вирусно-фитоплазменных

инфекций в форме ВМЛ. Такие сроки начала учета связаны с тем, что в год посева поражение ВМЛ визуально не определяется. Пораженные растения орадиновали по морфологическим признакам – карликовость, редуцированность листьев, большое количество мелких побегов с недоразвитыми цветками. Распространенность ВМЛ рассчитывали как долю (%) визуально пораженных растений в общей выборке [12].

По итогам ранжирования распространенности ВМЛ в посевах в среднем за 2020–2023 гг. (травостой второго–пятого года жизни) сорта и сортообразцы были распределены на группы с низкой, средней и сильной распространенностью заболевания. Для дальнейшего сравнения селекционных признаков и показателей кормовой продуктивности расчеты проводили в пределах выделенных групп с различной распространенностью ВМЛ в посевах.

Групповые различия между сортообразцами по урожайности сена, облиственности, высоте растений и содержанию белка оценивали с использованием *t*-критерия, сравнивая попарно средние по группам. Для выявления силы связи между изучаемыми признаками и свойствами использовали метод корреляционного анализа рангов Спирмена (r_s) [17, 18].

Результаты и обсуждение. Внутригрупповое варьирование среди различных генотипов по признаку распространенности ВМЛ можно охарактеризовать как невысокое $C_v = 14,6...21,2$ % (табл. 1).

Табл. 1. Группировка селекционных образцов люцерны по устойчивости к ВМЛ (среднем за 2020–2023 гг.)

Распространенность ВМЛ	Селекционные образцы	Распространенность ВМЛ, %		
		$M \pm m$	lim	C_v , %
Низкая ($n = 12$)	Павловская 7, ПО-172, Марусинская 425, ПО-173, Сарга, ПО-174, Виктория, 20-89 Н, 193-95 д, ПО-175, СГПР-8, Vela×Сарга	$7,9 \pm 1,4$	4,6...9,1	21,2
Средняя ($n = 30$)	ПО-179, Б 86-48 МФ, ПО-170 к, Манычская, Находка, СГП-192, Вега 87, ПО-157 м, Воронежская 6, СГП-193, Красноярская 1, ПО-169 мк, ПО-154 м, Белгородская 86 (st), М-195 МФ, М-200, Таисия, СИ-137, СГП-181, СГП-187, Артемида, СИ-136, СГП-194, Белгородская 7, Агния, ПО-155 м, СИ-140, Глория, Дакота, Алексеевская 1	$16,0 \pm 1,8$	10,9...21,7	14,6
Высокая ($n = 10$)	Красноярская 2, СИ-139, СИ-138, Плато, Верко, Люзелль, Сальса, Крено, Галакси, Планет	$29,2 \pm 3,9$	24,2...34,9	15,0

M – среднее значение; *m* – ошибка средней; *lim* – пределы варьирования; C_v – коэффициент вариации; *n* – количество сортов в группе (объем выборки).

В группу с низкой распространенностью ВМЛ на уровне $7,9 \pm 1,4$ % и пределами варьирования признака 4,6...9,1 % вошли образцы люцерны желтой (сорт Павловская 7, образец ПО-172), а также люцерны изменчивой желтогибридного (Марусинская 425, ПО-173, ПО-174, ПО-175, СГПР-8) и пестрогогибридного (Виктория, 20–89 Н, 193–95 д, Сарга, Vela×Сарга) сортотипов.

Селекционные образцы, входящие в группу со средней устойчивостью к ВМЛ (распространенность $16,0 \pm 1,8$ %, пределы варьирования 10,9...21,7 %) составляли большинство коллекции и относились

в основном к люцерне изменчивой синегибридного сорта (Б 86–48 МР, Манычская, Находка, СГП-192, ПО-157 м, Воронежская 6, СГП-193, Красноярская 1, ПО-169 мк, ПО-154 м, Белгородская 86 (st), М-195 МР, М-200, Таисия, СИ-137, СГП-181, СГП-187, СИ-136, СГП-194, Белгородская 7, Агния, ПО-155 м, СИ-140, Глория, Алексеевская 1). Кроме того, к ней отнесены три селекционных образца пестрогибридного сорта (ПО-179, ПО-170 к, Вега 87) и два сорта люцерны синей (Артемиды, Дакота).

Высокой распространенностью ВМЛ ($29,2 \pm 3,9$ % с пределами варьирования $24,3 \dots 34,9$ %) характеризовались в основном сортообразцы люцерны синей (Плато, Верко, Люзелль, Сальса, Крено, Галакси, Планет) и несколько номеров генотипов люцерны изменчивой (Красноярская 2, СИ-139, СИ-138).

Группа сортообразцов с наибольшей распространенностью ВМЛ характеризовалась достоверно большей длиной стеблей, по сравнению с группой со слабой и средней распространенностью соответственно на $25,3$ см ($t = 6,2$, $p < 0,05$) и $8,3$ см ($t = 2,0$, $p < 0,05$). Высокорослые сортообразцы в большей степени поражались ВМЛ, что подтверждено сильной корреляцией Спирмена ($r_s = 0,905$, $p < 0,05$) между этими признаками (табл. 2).

Накопление белка в СВ сортообразцов с наибольшей распространенностью ВМЛ было на $44,6$ г/кг ($t = 8,0$, $p < 0,05$) больше, чем в группе со слабой распространенностью ВМЛ, и находилось на уровне группы со средней распространенностью ВМЛ. Сортообразцы с большим содержанием белка сильнее поражались ВМЛ. Выявлена положительная зависимость между распространенностью ВМЛ в среднем за период исследований и содержанием белка в СВ ($r_s = 0,851$, $p < 0,05$).

Группа сортов с высокой распространенностью ВМЛ отличалась большей облиственностью (на $4,8$ %, $t = 3,7$, $p < 0,05$), по сравнению с группой со слабой распространенностью ВМЛ. Наиболее облиственные образцы сильнее поражались ВМЛ, что подтверждает положительная зависимость между этими признаками ($r_s = 0,691$, $p < 0,05$).

Сортообразцы с низкой распространенностью ВМЛ формировали в год посева (2019 г.) достоверно меньший урожай сена ($p < 0,05$), чем в группе с сильным распространением заболеванием, на $251,9$ г/м². На второй и тре-

тий год жизни величина этого показателя в группе с высокой устойчивостью к ВМЛ была достоверно выше, чем в группе с низким поражением, на $124,7$ г/м² ($p < 0,05$).

Сортообразцы с низкой распространенностью ВМЛ отличались большим продуктивным долголетием и формировали урожайность на четвертый и пятый годы жизни травостоев достоверно ($p < 0,05$) больше, чем в группе со средней распространенностью, на $132,5$ г/м² (или на $28,5$ %), по сравнению с группой с высокой распространенностью болезни, на $244,6$ г/м² (или на $52,7$ %). У генотипов со средней распространенностью ВМЛ урожайность сена была больше ($p < 0,05$), чем в группе с высокой распространенностью заболевания, на $112,1$ г/м² (на $33,8$ %).

Сорта и селекционные образцы люцерны, способные формировать повышенные урожаи в год посева, а также в ранние годы жизни больше поражались ВМЛ. Это подтверждает сильная положительная корреляция Спирмена между урожайностью сена изучаемых образцов в год посева и распространенностью ВМЛ в посевах в среднем за период использования травостоев ($r_s = 0,777$, $p < 0,05$).

В среднем за пять лет жизни травостоев не установлено достоверных различий по урожайности сена между группами сортообразцов с разной устойчивостью к ВМЛ. Она изменялась в пределах $456,4 \pm 11,0$ до $469,1 \pm 22,4$ г/м².

Полученные данные согласуются с результатами других исследований, в которых на ряде сельскохозяйственных культур показана взаимосвязь кормовой продуктивности и биохимических показателей с продолжительностью жизни травостоев и распространенностью инфекции [19, 20, 21].

Выводы. Селекционные образцы люцерны, обладающие различной устойчивостью к вирусно-фитоплазменной инфекции в форме «ведьминой метлы» люцерны (ВМЛ), обладают рядом общих признаков и свойств по показателям кормовой продуктивности (содержанию белка в СВ, облиственности травостоев, длине стеблей, урожайности кормовой массы в различные годы использования травостоев), что необходимо учитывать в селекционной работе с люцерной.

Группа сортообразцов с низкой устойчивостью ВМЛ отличается достоверно большим накоплением в своей биомассе белка (на $44,6$ г/кг, $t = 8,0$, $p < 0,05$), повышенной облиственностью (на $4,8$ %, $t = 3,7$, $p < 0,05$), большей высокорослостью ($25,3$ см, $t = 6,2$, $p < 0,05$), а также кормовой продуктивностью в первые три года жизни травостоев (в первый год – на $58,7$ %, в среднем на второй и третий год – на $17,8$ %), по сравнению с группой сортообразцов, устойчивых к ВМЛ. На 4...5 годы жизни сортообразцы, входящие в группу с высокой распространенностью ВМЛ резко снижают кормовую продуктивность и уступают группе сортов с высокой устойчивостью к ВМЛ по урожайности сена в среднем на $52,7$ %.

Сортообразцы в группе с низкой устойчивостью в первые три года жизни травостоев обладают более высокой продуктивностью кормовой массы, а затем она резко снижается. Генотипы с высокой устойчивостью к ВМЛ характеризуются повышенным долголетием и формируют стабильный урожай сена в течение пяти лет жизни травостоев.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа выполнена при поддержке проекта № 075-15-2021-541 (внутренний номер № 09. ССЦ.21.0008) по теме: Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития «Центра по кормовым культурам для создания и внедрения

Табл. 2. Морфо-биологические признаки и свойства сортообразцов люцерны с различной устойчивостью к ВМЛ (2019–2023 гг.)

Показатель	Распространенность ВМЛ ($M \pm m$)			t -критерий		
	низкая (a)	средняя (b)	высокая (c)	t_{ab}	t_{ac}	t_{bc}
Содержание белка в СВ, г/кг	$183,9 \pm 3,8$	$203,3 \pm 13,1$	$228,5 \pm 4,1$	1,4	8,0	1,8
Облиственность, %	$51,3 \pm 0,8$	$52,8 \pm 1,7$	$56,1 \pm 1,0$	0,8	3,7	1,7
Длина стебля, см	$74,9 \pm 3,2$	$92,0 \pm 3,7$	$100,3 \pm 2,5$	3,5	6,2	2,0
Урожайность сена, г/м ² :	$176,8 \pm 42,6$	$360,3 \pm 56,0$	$428,7 \pm 21,7$	2,6	5,3	1,1
в год посева (2019 г.)						
в среднем за 2...3	$588,9 \pm 24,1$	$661,5 \pm 63,2$	$713,6 \pm 32,5$	1,1	3,1	0,7
год жизни травостоев (2020–2021 гг.)						
в среднем за 4...5	$463,7 \pm 15,4$	$331,2 \pm 49,9$	$219,1 \pm 20,9$	2,5	9,4	2,1
год жизни травостоев (2022–2023 гг.)						
в среднем за 1...5	$456,4 \pm 11,0$	$469,1 \pm 22,4$	$458,8 \pm 16,2$	0,5	0,1	0,4
год жизни травостоев (2019–2023 гг.)						
$t_{табл}$	–	–	–	2,0	2,1	2,0

*различия достоверны при $p < 0,05$; M – среднее значение; m – ошибка средней.

в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» («ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса»).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

- Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений / П. А. Назаров, Д. Н. Балеев, М. И. Иванова и др. // *Acta Naturae*. 2020. Т. 12. № 3(46). С. 46–59. doi: 10.32607/actanaturae.11026.
- Чернявских В. И., Бородаева Ж. А., Думачева Е. В. Устойчивость сортопопуляций *Medicago varia* Mart. к листовым пятнистостям в экотопях юга среднерусской возвышенности // *Аграрная наука*. 2019. № 51. С. 109–112. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-109-112.
- Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России // *Кормопроизводство*. 2022. № 10. С. 3–8. doi: 10.25685/KRM.2022.10.2022.010.
- Кастальева Т. Б., Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В. Опасность фитоплазменных болезней для сельскохозяйственных культур, определяющих продовольственную независимость страны // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36, № 2. С. 14–19. doi: 10.53859/02352451_2022_36_2_14.
- Global Status of Phytoplasma Diseases in Vegetable Crops / S. Kumari, K. Nagendran, A. B. Rai et al. // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10. Article 1349. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2019.01349/full> (дата обращения: 04.05.2024). doi: 10.3389/fmicb.2019.01349.
- О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных культур в России: патогены и их переносчики / Т. Б. Кастальева, Д. З. Богоутдинов, К. Д. Боттнерпаркер и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 3. С. 367–375. doi: 10.15389/agrobiology.2016.3.367rus.
- Богоутдинов Д. З., Кастальева Т. Б., Гирсова Н. В. Фитоплазменные болезни – серьезная опасность для растениеводства России. Обзор // *Таврический вестник аграрной науки*. 2018. № 2(14). С. 15–34. doi: 10.25637/TVAN.2018.02.02.
- Expanding and exploring the diversity of phytoplasmas from lucerne (*Medicago sativa*) / D. Gopurenko, M. Fletcher, J. Liu, et al. // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. Article 37746. URL: <https://www.nature.com/articles/srep37746>. (дата обращения: 04.05.2024). doi: 10.1038/srep37746.
- Al Ruheili A. M., Boluwade A., Al Subhi A. M. Assessing the Impact of Climate Change on the Distribution of Lime (16srii-B) and Alfalfa (16srii-D) Phytoplasma Disease Using MaxEnt // *Plants*. 2021. Vol. 10. Article 460. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/3/460> (дата обращения: 04.04.2024). doi: 10.3390/plants10030460.
- Фитоплазменные болезни: исторический обзор к 50-летию открытия фитоплазмозов / Д. З. Богоутдинов, Т. Б. Кастальева, Н. В. Гирсова и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 1. С. 3–18. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.3rus.
- Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Оценка разнообразия видов растений, поражаемых фитоплазмой группы х-болезни (16Sr-III) в России // *Таврический вестник аграрной науки*. 2021. № 4(28). С. 22–39. doi: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-22-39.
- Экологическое изучение сортообразцов люцерны различного географического происхождения в условиях юга Среднерусской возвышенности / М. А. Тормозин, В. И. Чернявских, Л. Д. Сайфутдинова и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2023. № 1. С. 20–24. doi: 10.31857/S2500262723010040.
- Ayvaci H., Güldür M. E., Dikilitas M. Physiological and Biochemical Changes in Lucerne (*Medicago sativa*) Plants Infected with 'Candidatus Phytoplasma australasia'-Related Strain (16SrII-D Subgroup) // *The Plant Pathology Journal*. 2022. Vol. 38. (2). P. 146–158. doi: 10.5423/PPJ.OA.12.2021.0189.
- Соложенцева Л. Ф. Выявление и создание устойчивого к наиболее вредоносным грибным болезням перспективного материала // *Адаптивное кормопроизводство*. 2021. № 4. С. 57–66. doi: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-4-57-66.
- Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав / сост.: П. А. Лубенец, А. И. Иванов, Ю. И. Кириллов и др. Л.: ВИР, 1979. 42 с.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.
- Борвина А. П., Борисов И. Б. Современные правила применения корреляционного анализа // *Медицинский альманах*. 2021. № 3 (68). С. 70–71.
- Biochemical changes in the leaves of mungbean (*Vigna radiata*) plants infected by phytoplasma / S. Hameed, K. P. Akhtar, A. Hameed et al. // *Turkish Journal of Biochemistry*. 2017. Vol. 42. P. 591–599. <https://doi.org/10.1515/tjb-2016-0304>
- Соложенцева Л. Ф. Селекция люцерны на повышение продуктивности и устойчивости к грибным болезням // *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство*. 2022. Вып. 27 (75). С. 38–43. doi: 10.33814/МАК-2022-27-75-38-43.
- Biochemical Changes in Leaves of Vitis vinifera cv. Sangiovese Infected by Bois Noir Phytoplasma / C. Negro, E. Sabella, F. Nicolì, et al. // *Pathogens*. 2020. Vol. 9 (4). Article 269. <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/4/269> (дата обращения: 05.05.2024). doi: 10.3390/pathogens9040269.

Поступила в редакцию 01.07.2024

После доработки 22.07.2024

Принята к публикации 06.08.2024