

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ ФОНОВ В СЕЛЕКЦИИ ЛЮПИНА БЕЛОГО

М.И. ЛУКАШЕВИЧ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0001-9814-1642 E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

М.Е. СЕЛИВАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0001-6411-5155 E-mail: lupin.albus2021@mail.ru

М.Ю. АНИШКО, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-5803-0507 E-mail: lupin_mail@mail.ru

Т.В. СВИРИДЕНКО, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-0250-4846

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЮПИНА –
ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ВИК ИМ. В.Р. ВИЛЬЯМСА

В статье представлены результаты оценки селекционного материала белого люпина на антракнозом и фузариозом искусственных инфекционных фонах в 2017-2019 годах. В мировой экономике на сегодняшний день наблюдаются постоянные изменения условий, что не может не отразиться на нашем государстве, поэтому стратегическое значение для России имеет дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства и увеличение уровня рентабельности таких отраслей как растениеводство и животноводство. Для этого необходимо максимально снизить зависимость от импорта белковых кормов, это должно благоприятно отразиться на стабилизации цен на сельскохозяйственную продукцию, а также сыграть положительную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Этого можно добиться, если увеличить площади посевов белковых культур, одной из которых является люпин белый. Его привлекательность для России связана с возможностью возделывания в различных регионах страны практически без ограничений по почвенно-климатическим показателям, чем он выгодно отличается от сои. Единственным минусом является то, что сейчас у нас в стране, да и во всем мире нет сортов, обладающих устойчивостью к грибным болезням, таким как фузариоз и антракноз. Для создания нового исходного материала люпина белого была проведена оценка образцов по степени поражения антракнозом и фузариозом. Целью исследований являлось изучение степени поражения антракнозом и фузариозом образцов люпина белого различного морфо-биологического происхождения на инфекционных фонах для выделения резистентных к этим заболеваниям образцов, которые можно будет использовать в селекционном процессе в дальнейшем. Объект исследований – коллекционный и селекционный материал белого люпина разного эколого-генетического происхождения. Исследования проводились в 2017-2019 годах в полевых условиях на специализированных инфекционных фонах ВНИИ люпина. В процессе испытаний на фузариозном инфекционном фоне за три года исследований выделилось большое количество форм белого люпина с поражением ниже 10 %. Это сортообразцы гибридного и мутантного происхождения сн 25-11, сн 15-15, сн 18-13, сн 40-15, сн 2-17 и другие. На антракнозом инфекционном фоне все выше перечисленные образцы оказались восприимчивыми к антракнозу, и только номера сн 25-11, сн 816-09 и Деснянский 2 40 кР Со⁶⁰ можно характеризовать как среднеустойчивые к антракнозу и фузариозу.

Ключевые слова: антракноз, фузариоз, люпин белый, устойчивость, инфекционный фон.

Для цитирования: Лукашевич М.И., Селиванова М.Е., Анишко М.Ю., Свириденко Т.В.

Использование искусственных инфекционных фонов в селекции люпина белого. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):205-214. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-205-214

THE USE OF ARTIFICIAL INFLECTIONAL BACKGROUNDS FOR WHITE LUPIN BREEDING

M.I. Lukashevitch, M.E. Selivanova, M.Yu. Anishko, T.V. Sviridenko

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY, Bryansk Region

Abstract: *The article presents the evaluation results of white lupin breeding material on the anthracnose and fusaria artificial infectious backgrounds in 2017-2019. There are constant changes in conditions in the world economy today, which cannot but affect our state, therefore, further development of agricultural production and an increase in the profitability of such industries as crop production and animal husbandry are of strategic importance for Russia. To do this, it is necessary to reduce dependence on protein feed imports as much as possible, this should favorably affect the stabilization of prices for agricultural products, as well as play a positive role in ensuring food security. This can be achieved by increasing the area of protein crops, one of which is white lupin. Its attractiveness for Russia is associated with the possibility of cultivation in various regions of the country with virtually no restrictions on soil and climatic conditions. To create new source material for white lupine, samples were assessed for the degree of damage caused by anthracnose and fusaria. **The tests aimed** to study the anthracnose and fusaria infection level of white lupin lines of different morphological and biological origin on infectious backgrounds to distinguish lines resistant to these diseases for their future use in the breeding process. **The study object** is collection and breeding material of white lupin of different geographical and genetically origin. The tests have been done in 2017-2019 under field conditions on the specialized infectious backgrounds in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute. During three tests' years high number of white lupin lines has been picked out whose infection was lower than 10%. There are hybrid and mutant lines BL 25-11, BL 15-15, BL 18-13, BL 40-15, BL 2-17 etc. The every above mentioned line is anthracnose susceptible on the anthracnose infectious background, and the lines BL 25-11, BL 816-09 and Desnyanskiy 2 40 kP Co⁶⁰ only could be described as moderate resistant to anthracnose and fusaria.*

Keywords: anthracnose, fusaria, white lupin, resistance, infectious background.

Введение

Проблема устойчивости люпина к антракнозу в настоящее время в мире считается одной из наиболее актуальных задач. Решение этой проблемы возможно двумя путями. Первый и наиболее надежный путь – создание и внедрение в производство сортов устойчивых на генетическом уровне. Второе решение этой проблемы - это поиск эффективных фунгицидов. На сегодняшний день в России нет фунгицидов, допущенных к применению на люпине в вегетацию. По их поиску в институте люпина ведётся многолетняя исследовательская работа [1, 2].

Селекцию на устойчивость сортов затрудняет отсутствие в коллекции ВИРа и генофонде других стран надежных источников и эффективных доноров устойчивости к антракнозу. Необходим целенаправленный поиск и создание таких источников. Анализ литературных данных показывает, что имеются генетические источники устойчивости к антракнозу у фасоли, гороха и у других культур [3]. Исходя из закона гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова можно предположить нахождение таких источников устойчивости и у люпина белого.

В Новой Зеландии, где имеются все благоприятные условия для развития болезни, австралийскими селекционерами было высеяно несколько тысяч селекционных образцов и диких форм 11 видов люпина с целью поиска источников устойчивости к антракнозу. Новые австралийские сорта узколистного люпина являются устойчивыми, и селекция на устойчивость к антракнозу в Австралии ведется по ДНК-маркерам. По белому люпину многообещающая устойчивость к антракнозу обнаружена у местных эфиопских и греческих

форм. В Австралии на основе этого материала был создан относительно устойчивый к антракнозу сорт белого люпина Андромеда, который активно используется нами в селекции [4, 5, 6, 7].

В современных условиях в иммунологических исследованиях остаются актуальными направления на выявление источников устойчивости к болезням, контроль уровня изменчивости природной популяции возбудителя заболеваний, а также наблюдение за изменением их структуры [8, 9, 10, 11].

Расширение посевных площадей под люпином напрямую зависит от успеха в этой работе по получению болезнеустойчивых сортов. Кроме того получение сортов устойчивых к заболеваниям существенно снизит вредоносность и распространение болезней [7]. Современная селекция обладает большим количеством средств для осуществления этой задачи – создания новых форм растений, которые обладают ценными признаками, в том числе и устойчивостью к вредным патогенам. Сложность состоит в том, что селекция на болезнеустойчивость более сложна, чем на любой другой признак, так как она направлена не только на само растение, но еще и на реакцию патогена, а ему свойственна высокая изменчивость и способность приспосабливаться к внешним условиям.

Поэтому селекцию необходимо вести на специализированных инфекционных фонах, ведь только таким образом можно увидеть проявление разнообразия изучаемых растений в их реакции на воздействие патогена во всех фазах развития, под действием различных условий среды (Гешеле Э.Э., 1978). Только условия инфекционного фона, в состав которого введен популяционный состав возбудителя, дает возможность оценить селекционный материал по степени устойчивости, а также провести отбор по этому признаку. Обычно на инфекционном фоне отбираются выжившие растения, у которых признаки поражения либо отсутствуют или проявляются в более поздние сроки; либо же растения, отличающиеся медленным развитием болезни, и с низкой способностью передачи возбудителя посевным материалом.

Материалы и методы исследования.

Для создания инфекционных фонов к почвенным патогенам (фузариозам) используется методика по накоплению инфекции в почве (Корнейчук Н.С., 1985). При испытании люпина белого приемлемы самые распространенные методы, одним из которых является возделывание сильно восприимчивого сорта на одной площади в течение двух-трех лет, или внесение в почву измельченных частей пораженных растений, а также метод с внесением в почву искусственно размноженных на питательной среде патогенов. Очень редко для этих целей применяют внесение в почву чистой культуры патогена, приготовленной на жидкой питательной среде. Посев люпина на фоне ручной. В качестве сорта – дифференциатора был взят неустойчивый к фузариозу сорт Старт, а в качестве стандарта районированный сорт Мичуринский.

В период вегетации на инфекционном фоне проводились фенологические наблюдения. Отмечались даты прохождения основных фаз развития люпина (всходы, бутонизация, цветение, полное формирование бобов на основном стебле, созревание), оценивалось развитие болезни по пятибалльной шкале.

В фазу полных всходов был проведен учет количества растений на делянке, а в последующие фазы развития растений – учет увядших растений. При каждом учете растения с явными признаками фузариозного увядания удаляли.

У антракноза основной путь передачи через семена, кроме того инфекция может сохраняться на пораженных патогеном растительных остатках хорошо перенося зимний период. При первом проявлении болезни на стеблях и бобах образуются своеобразные коричневые пятна, которые затем переходят в язвы. В местах поражения после дождя обычно выступает слизистая масса конидий. С брызгами дождя инокулюм распространяется и инфицирует соседние здоровые растения. В связи с этим, методика создания инфекционного фона к этому заболеванию несколько иная [12]. Для создания инфекционного фона мы используем естественно зараженный растительный субстрат в виде стеблей, створок бобов и семян, с пораженных антракнозом растений, который предварительно высушиваем. Размер

инфекционного фона определялся количеством испытуемых сортообразцов. Подготовка почвы и посев производились в обычные для люпина сроки по общепринятой технологии. Участок предварительно разбивался на ярусы шириной 1 м, длина произвольная. Заранее изготовленным маркером, поперек яруса маркировались 2-рядковые (ширина междурядий 20 см) делянки на расстоянии 40 см одна от другой. В каждый рядок высевались равномерно по 15-20 шт. семян. Через каждые 20 делянок высевался стандарт–районированный сорт Мичуринский.

В фазу полных всходов в междурядья испытуемых образцов вносился естественно зараженный растительный субстрат, состоящий из природной популяции антракноза. Перед применением инфекционный субстрат размалывался на настольной мельнице в виде грубого размола (не менее 2 мм). После чего порция инфекционного субстрата, набранного меркой заранее выверенной на массу 2 г, вносилась в междурядья испытуемых образцов на поверхность влажной почвы (влажность которой поддерживалась в течение 3-х суток, при отсутствии дождя с помощью поливов).

Наблюдения за появлением симптомов осуществлялись визуально спустя – 6-10-15-20 дней после внесения инфекции. Основные учеты проводились в фазы цветения и созревающего боба (периоды наиболее интенсивного проявления симптомов поражения стебля и бобов на белом люпине). В наших испытаниях при закладке антракнозного инфекционного фона мы используем в качестве инфекционного материала природную популяцию возбудителя антракноза, собранную в различных регионах возделывания люпина.

Исследования проводились в 2017-2019 годах в полевых условиях на специализированных инфекционных фонах ВНИИ люпина, где испытывались коллекционный и селекционный материал белого люпина разного эколого-генетического происхождения. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая.

Цель исследований – выделить перспективные исходные формы с комплексной устойчивостью и источники устойчивости к антракнозу и фузариозу для создания новых конкурентоспособных сортов люпина белого.

Результаты и их обсуждение.

Полевую оценку в результате проведенных исследований получили 692 образца белого люпина. Как показали ранее проведенные нами исследования, необходимым условием для заражения растений антракнозом и развития патологического процесса является температура воздуха не ниже 18°C и наличие обильной влаги в течение трех суток. Испытание и оценка сортообразцов люпина проводилась в 2017-2019 гг., которые различались погодными условиями, а также интенсивностью поражения испытуемых видов люпина (рис. 1). Все сортообразцы оценивались в условиях равной качественной и количественной инфекционной нагрузки возбудителя.

Метеоусловия вегетационного периода 2017 года по всем периодам отличались от среднемноголетних данных. Так, на стадии всходов люпина (2 декада мая) температура была ниже средней многолетней на 3,5°C, а осадков выпало 74,4% от нормы, что повлияло на растянутость фазы всходов. Такие погодные условия были неблагоприятными для развития возбудителя антракноза (рис. 1). Третья декада мая сопровождалась незначительным повышением температуры на 0,7°C (по сравнению со средней многолетней), осадков выпало 108,6% от нормы. Такие условия стимулировали развитие антракноза и заражение растений люпина (рис. 2).

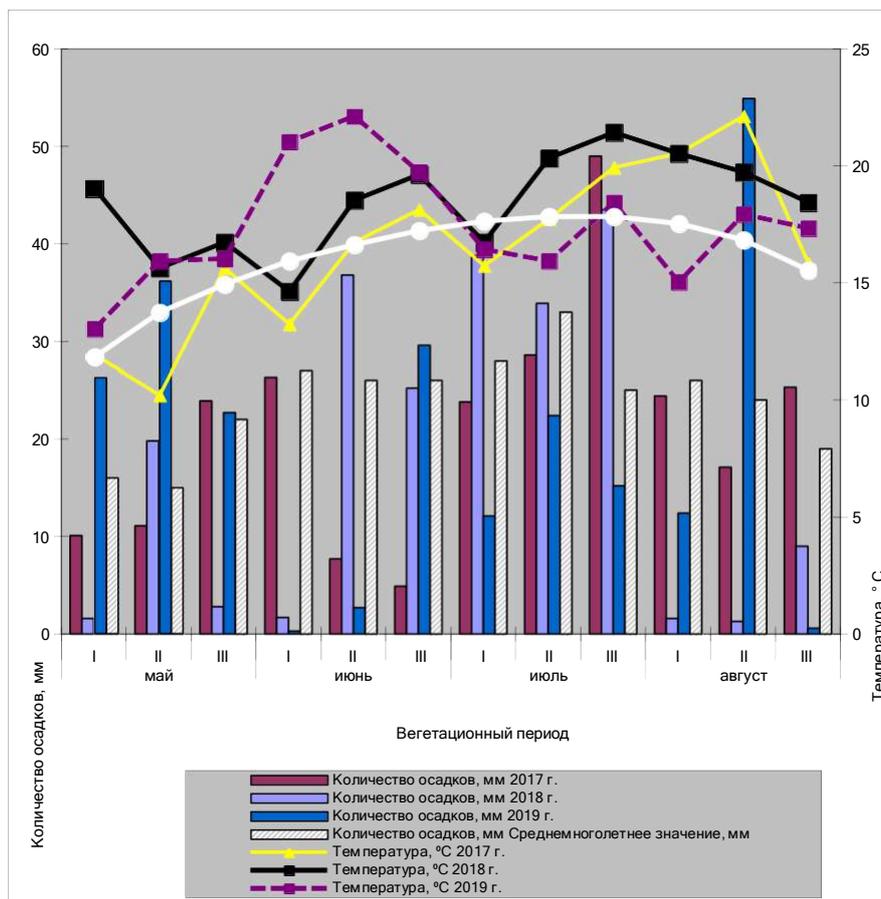


Рис. 1. Метеорологические условия за 2017-2019 гг.

Вторая и третья декады июня отличались сухой и жаркой погодой, при которой наблюдались превышение температуры и недостаток влаги, что оказало сдерживающее влияние на вредоносность антракноза. В июле не наблюдалось значительных отклонений температурного режима от нормы, а осадков в третьей декаде выпало 196% от месячной нормы, что дало толчок развитию антракноза и заражению бобов на растениях люпина.



Рис. 2. Поражение антракнозом растений люпина белого в фазу цветения

В результате оценки в 2017 году на антракнозном инфекционном фоне наименьшее поражение стебля от 12,5 до 25,0% и бобов от 28,9 до 58,6% было отмечено у 5 номеров. Это номера сн 25-11, сн 11-13 и другие (табл. 1). У стандартного сорта Мичуринский степень поражения по стеблю составила 48,8%, по бобам – 74,7%. При этом образцы сн 25-11, сн 816-09 показали и высокую устойчивость к фузариозу, с поражением ниже 10% в результате оценки на жестком инфекционном фоне.

Таблица 1

Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2017 году

Наименование образца	Степень поражения антракнозом, %		Поражение фузариозом, %
	Стебель	Бобы	
Мичуринский стандарт	48,8	74,7	7,5
сн 25-11	12,5	54,9	8,9
Алый парус	23,5	58,6	25,9
сн 45-13 р/цв	10,0	71,0	16,7
Деснянский 2 40 кР Со ⁶⁰	23,1	28,9	16,3
сн 816-09	21,9	44,7	9,5
сн 51-11	34,4	73,8	24,3
сн 11-13	25,0	47,7	49,0
сн 15-15	76,6	76,3	7,8
сн 38-15	52,8	76,7	6,8
сн 94-15	66,1	56,8	6,7
сн 83-16	61,7	89,0	5,0
сн 101-16	26,8	65,3	4,9
сн 136-16	54,2	72,2	5,0
сн 1032-09 х Деснянский 2	58,3	77,4	1,9

В 2018 году вегетационный период отличался от среднемноголетних данных по температуре и выпадению осадков (рис. 1). На стадии всходов люпина (2 декада мая) температура была выше средней многолетней на 1,9°C, а количество выпавших осадков составило 132,0% от нормы, что способствовало появлению дружных всходов. В дальнейшем как температура, так и выпадение осадков отличались резкими перепадами. Третья декада мая сопровождалась повышением температуры на 1,8°C (по сравнению со средней многолетней), осадков выпало только 12,7% от нормы. Такие погодные условия были неблагоприятными для развития возбудителя антракноза. В первую декаду июня температура на 1,3°C была ниже средней многолетней, а осадков выпало всего 6,3% от нормы. Это тоже сдерживало развитие антракноза. Вторая и третья декады июня сопровождалась повышением температуры и выпадением обильных осадков (132,0% от нормы), которые стимулировали развитие антракноза. В июле наблюдалось повышение температуры и обильное выпадение осадков, что стимулировало дальнейшее развитие антракноза и заражение растений люпина на бобах (рис. 3).



Рис. 3. Поражение антракнозом бобов на растениях люпина белого

Среди белого люпина наименьшее поражение антракнозом стебля (от 23,3 до 35,0%) и бобов (от 38,9 до 58,6%) отмечено у 8 образцов (сн 816-09, сн 68-16 и другие). Поражение стебля на растениях стандартного сорта Мичуринский составило 44,9%, а бобов 61,0%. Комплексную устойчивость к антракнозу и фузариозу показали образцы сн 25-11, Деснянский 2 40 кР Со⁶⁰ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2018 году

Наименование образца	Степень поражения антракнозом, %		Поражение фузариозом, %
	Стебель	Бобы	
Мичуринский стандарт	44,9	61,0	11,0
сн 66-12	25,0	58,6	-
Деснянский 2 40 кР Со ⁶⁰	23,3	38,9	2,4
сн 816-09	30,1	56,2	16,6
сн 18-13	29,7	55,1	14,6
сн 54-08	35,0	55,8	5,4
сн 87-16	33,3	48,1	-
сн 68-16	23,3	48,6	10,0
сн 25-11	34,1	54,9	9,0

В фазу всходов люпина (2 декада мая) в 2019 году температура была выше средней многолетней на 2,1°C, количество выпавших осадков составляло 240,6% от нормы, это повлияло не только на появление дружных всходов, но и на развитие антракноза. В третьей декаде мая повышение температуры составило 1,1°C (по сравнению со средней многолетней), а осадков выпало 103,1% от нормы, что способствовало заражению всех трех видов люпина уже в фазу полных всходов. Лимитирующим фактором развития антракноза в первую и вторую декады июня стало то, что осадков выпало всего 1,0-1,1% от нормы, а температура была выше на 5°C, чем средняя многолетняя. Третья декада июня и июль сопровождалась повышением температуры и выпадением обильных осадков (113,8% от нормы), что стимулировало развитие антракноза и заражение растений люпина на бобах. На антракнозном фоне люпина наименьшее поражение стебля (от 38,9 до 50,0%) и бобов (от 45,8 до 56,2%)

отмечено у 6 образцов – сн 17-14, сн 816-09 и других. Поражение стебля на растениях стандартного сорта Мичуринский составило 88,9%, а бобов 75,2% (табл. 3). Устойчивость к фузариозу показали образцы Пилигрим, сн 17-14, сн 816-09 и сн 25-11.

Таблица 3

Результаты испытания некоторых сортообразцов белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу на инфекционных фонах в 2019 году

Наименование образца	Степень поражения антракнозом, %		Поражение фузариозом, %
	Стебель	Бобы	
Мичуринский стандарт	88,9	75,2	10,2
сн 25-11	39,9	47,3	9,0
Пилигрим	50,0	55,7	14,6
сн17-14	38,9	45,8	7,9
сн76-16	48,1	49,9	28,6
сн1022-09	46,9	56,2	24,8
Деснянский 2 40 кР Со ⁶⁰	48,9	55,1	-
сн 816-09	46,9	48,8	14,1

На фузариозном инфекционном фоне с поражением ниже 10% за три года исследований выделилось большое количество форм белого люпина. Это сортообразцы гибридного и мутантного происхождения сн 25-11, сн 15-15, сн 18-13, сн 40-15, сн 2-17, и другие. К сожалению, все эти образцы оказались восприимчивыми к антракнозу и только номера сн 25-11, сн 816-09 и Деснянский 2 40 кР Со⁶⁰ можно характеризовать как среднеустойчивые к антракнозу и фузариозу.

Заключение

Таким образом, для выделения перспективных образцов с комплексной устойчивостью к болезням, которые будут использоваться в дальнейшей селекции необходимо проводить многократный индивидуальный отбор менее поражаемых форм при оценке селекционного материала люпина белого на инфекционных фонах.

Литература

1. Вишнякова М.А., Власова Е.В., Егорова Г.П. Генетические ресурсы люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и их роль в доместикации и селекции культуры. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 6. – С. 620-630. DOI: 10.18699/VJ21/070
2. Новик Н.В., Гераськин С.А., Якуб И.А. Влияние гамма-облучения семян на внутрисортную изменчивость количественных признаков люпина желтого. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2022. – Том 62. – № 6. – С. 633-641. DOI: 10.31857/S086980312206008X
3. Yagovenko G.L., Lukashovich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V. and Misnikova N.V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.,- 2022. Vol. 1010. P. 012096. DOI:10.1088/1755-1315/1010/1/012096
4. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. Люпин – селекция, возделывание, использование. // Брянск. – 2020. – 304 с.
5. Никифорова С. А. Эффективность способов защиты посевов в технологии возделывания люпина белого. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2(34). – С. 41-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11168
6. Ашмарина Л. Ф., Бакшаев Д. Ю., Ермохина А. И., Садохина Т. А. Болезни люпина в Западной Сибири. // Защита и карантин растений. – 2019. – № 2. – С. 19-21.
7. Селиванова М.Е., Захарова М.В., Свириденко Т.В., Харяборкина Н. И. Комплексная оценка белого люпина на устойчивость к антракнозу и фузариозу в условиях искусственных инфекционных фонов. // Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками

продуктивности, устойчивости к био- и абистрессорам: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Орел. ГНУ ВНИИ ЗБК – 2017. – С. 158-163.

8. Ковтун Р.Н., Малышкина Ю.С., Равков Е.В. Результаты оценки коллекции белого люпина на устойчивость к антракнозу. // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Заслуженного агронома БССР, Почётного профессора БГСХА А.М. Богомолова. Горки. – 2020. – С. 186-189.

9. Дашкевич Ю.А., Зарембо Е. В. Распространение и фенотипическая изменчивость возбудителя антракноза люпина в Беларуси. // Сб. материалов международной научно-практической конференции «Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси». – 2022. – С. 53-56.

10. Малышкина Ю.С., Равков Е.В., Ковтун Р.Н. Скрининг коллекции белого люпина на толерантность к антракнозу в условиях северо-востока Беларуси. // Вестник Вятского ГАТУ. – 2021. – № 3 (9). – 2 с.

11. Резвякова С.В., Архангельская А. С. Защита люпина белого от антракноза. // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 3 (72). – С. 83-86.

12. Якушева А.С., Соловьянова Н.Н. Оценка люпина на устойчивость к антракнозу. // Методические рекомендации. Брянск. – 2001. – 18 с.

References

1. Vishnyakova M.A., Vlasova E.V., Egorova G.P. Geneticheskiye resursy lyupina uzkolistnogo (*Lupinus angustifolius* L.) i ikh rol' v domestikatsii i selektsii kul'tury [Genetic resources of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and their role in its domestication and breeding]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021, Vol. 25, No. 6, pp. 620–630. DOI: 10.18699/VJ21/070 (In Russian).

2. Novik N.V., Geras'kin S.A., Yakub I.A. Vliyanie gamma-oblucheniya semyan na vnutrisortovuyu izmenchivost' kolichestvennykh priznakov lyupina zheltogo [Effect of γ -irradiation of seeds on intravariety variability of quantitative characters of yellow lupin]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2022, No. 62 (6), pp. 633-641. DOI: 10.31857/S086980312206008X (In Russian).

3. Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. and Misnikova N. V. Evaluation of the modern lupine varieties developed in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2022. Vol. 1010. P. 012096. DOI:10.1088/1755-1315/1010/1/012096

4. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M. I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Takunov I.P., Pimokhova L.I., Yagovenko T.V. Lyupin – selektsiya, vozdelevaniye, ispol'zovaniye [Lupin – breeding, cultivation and use]. Bryansk, 2020, 304 p. (In Russian).

5. Nikiforova S.A. Effektivnost' sposobov zashchity posevov v tekhnologii vozdelevaniya lyupina belogo [Effectiveness of crop protection methods in white lupine cultivation technology]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, No. 2 (34), pp. 41-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11168 (In Russian).

6. Ashmarina L.F., Bakshaev D.Yu., Ermokhina A.I., Sadokhina T.A. Bolezni lyupina v Zapadnoy Sibiri [Lupine diseases in western Siberia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2019, No. 2, pp. 19-21. (In Russian).

7. Selivanova M.E., Zakharova M.V., Sviridenko T.V., Kharaborkina N.I. Complex evaluation of white lupin for resistance to anthracnose and fusaria under artificial infectious background. Fundamental'nye osnovy upravleniya selektsionnym protsessom sozdaniya novykh genotipov rasteniy s vysokimi khozyaystvenno tsennymi priznakami produktivnosti, ustoychivosti k bio- i abistressoram: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Орел. 2017, GNU VНИИ ZBK, pp. 158-163. (In Russian).

8. Kovtun R.N., Malysheva Yu.S., Ravkov E.V. Rezul'taty otsenki kolleksii belogo lyupina na ustoychivost' k antraknozu [Evaluation results of white lupin collection for anthracnose resistance]. *Tekhnologicheskie aspekty vozdelevaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu Zasluzhennogo*

agronoma BSSR, Pochetnogo professora BGSKhA A.M. Bogomolova. Gorki. 2020, pp. 186-189. (In Russian).

9. Dashkevich Yu.A., Zarembo E.V. Rasprostranenie i fenotipicheskaya izmenchivost' возбуdivatelya antraknoza lyupina v Belarusi [Dissemination and phenotypic variability of anthracnose agent of lupin in Belorussia]. Sb. materialov Mezhdunarodnoy nauchnoy-prakticheskoy konferentsii «Strategiya, priority i dostizheniya v razvitii zemledeliya i selektsii sel'skokhozyaystvennykh rasteniy v Belarusi». 2022, pp. 53-56. (In Russian).

10. Malyshkina Yu.S., Ravkov E.V., Kovtun R.N. Skrining kollektivov belogo lyupina na tolerantnost' k antraknozu v usloviyakh severo-vostoka Belarusi [Screening of white lupine collection for tolerance to anthracnosis in the North-East of Belarus. *Vestnik Vyatskogo GATU*. 2021, No. 3 (9), pp. 2. (In Russian).

11. Rezvyakova S.V., Arkhangel'skaya A.S. Zashchita lyupina belogo ot antraknoza [Protection of white lupin from anthracnose]. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2018, No. 3 (72), pp. 83-86. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.3.83 (In Russian).

12. Yakusheva A.S., Solov'yanova N.N. Otsenka lyupina na ustoychivost' k antraknozu [Lupin evaluation for anthracnose resistance]. *Metodicheskie rekomendatsii*. Bryansk, 2001, 18 p. (In Russian).