

- ных, кормовых и технических растений: сб. отраслевых регламентов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 258–271.
16. Пакина, Е. Н. Накопление фосфора в фитомассе предшественников и урожайность люцерны в условиях Западного Прикаспия / Е. Н. Пакина // Плодородие. – 2020. – № 5. – С. 21–24.
 17. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели (рекомендации). – М.: ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с.
 18. Зависимость питательной ценности люцерны посевной от нормы высева семян и срока уборки / В. Н. Шлапунов [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2019. – Вып. 55. – С. 174–182.
 19. Власюк, Н. П. Влияние сроков сева и норм высева люцерны на ее урожайность / Н. П. Власюк // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – Вып. 55. – С. 166–174.
 20. Демидась, Г. И. Особенности формирования продуктивности различными экотипами люцерны посевной в условиях правобережной лесостепи Украины / Г. И. Демидась, М. Г. Квитко, Г. П. Квитко // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – Вып. 55. – С. 166–174.
 21. Жолик, Г. А. Влияние покровной культуры и нормы высева люцерны посевной на ее продуктивность / Г. А. Жолик, Н. П. Власюк // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, УО "Гродненский государственный аграрный университет". – Гродно: ГТАУ, 2018. – Т. 42: Агрономия. – С. 49–54.

УДК 633.367.2:631[527:524.86]:632.4

Оценка и создание антракнозоустойчивых сортов узколистного люпина с использованием инфекционного фона

Ю. А. Дашкевич, научный сотрудник, Ю. К. Шашко, доктор с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 28.12.2022)

В работе представлены результаты исследований по оценке селекционных образцов и созданию сортов узколистного люпина, устойчивых к антракнозу. Создан искусственный инфекционный фон, проведена оценка селекционных образцов на устойчивость к антракнозу в полевых условиях и фитотронно-тепличном комплексе. В результате многократных отборов выделены устойчивые сортообразцы люпина и переданы в селекционное подразделение. Образцы под номерами 7, 5 и 6 явились родоначальниками сортов Гусляр (2017 г.), Альянс (2019 г.) и Ярык (2021 г.) соответственно.

Введение

Задача повышения устойчивости растений к болезням может быть успешно решена при комплексном подходе к системе «хозяин – паразит – среда». Поэтому селекцию следует вести с применением специализированного инфекционного фона, созданного с использованием популяции возбудителя антракноза, где возможны дифференциация селекционного материала по степени устойчивости и проведение отбора по данному признаку. При этом отбираются формы, которые отличаются отсутствием или поздним проявлением болезни, медленным развитием ее на растении, а также с низкой передачей возбудителя с посевным материалом [1]. При отборе на искусственных инфекционных фонах можно значительно ускорить процесс создания сортов, устойчивых к антракнозу с достаточно высокой урожайностью [2]. Важным моментом при создании инфекционного фона является изучение популяции патогена, выделение наиболее агрессивных изолятов, что позволяет использовать для инокуляции наиболее подходящий инфекционный материал [3]. В последнее время круг источников устойчивости значительно расширился, в селекционный процесс

The paper presents the results of studies on the evaluation of breeding samples and the creation of anthracnose-resistant narrow-leaved lupine varieties. An artificial infectious background was created, selection samples were evaluated for resistance to anthracnose in the field and in the phytotron-greenhouse complex. As a result of multiple selections, resistant varieties of lupine were selected and transferred to the breeding department. Accessions numbered 7, 5 and 6 were the ancestors of the varieties Guslyar (2017), Alliance (2019) and Yaryk (2021) respectively.

привлекаются сорта узколистного люпина зарубежной селекции, обладающие специфическими генами устойчивости к антракнозу, однако иммунные сорта пока не выявлены.

Целью наших исследований являлась оценка селекционных образцов узколистного люпина на устойчивость к антракнозу на созданном инфекционном фоне в полевых условиях и фитотронно-тепличном комплексе (ФТК), а также отбор сортообразцов с повышенной устойчивостью к антракнозу и продуктивностью.

Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в лаборатории иммунитета.

Погодные условия в годы исследований (2006, 2010–2021 гг.) имели различный характер. Они отличались как по среднедекадной температуре, так и по количеству атмосферных осадков.

Полевой инфекционный питомник размещался вне полей севооборота, на изолированном участке, защищенном от ветра с северо-западной стороны, где дольше

сохраняется точка росы. Оценку исходного и селекционного материала проводили при инокуляции семян люпина споровой суспензией возбудителя антракноза. Образец помещали в полиэтиленовый пакетик, заливали необходимым количеством суспензии спор с таким расчетом, чтобы все семена оказались погруженными в суспензию. В таком виде образец находился при температуре не менее 20 °С в течение 8–12 часов. Затем семена извлекали и сразу использовали для сева. Параллельно высевали те же образцы, замоченные в воде. Посев в питомнике ручной.

Для инокуляции растений в период вегетации суспензию спор готовили непосредственно перед обработкой посева. Инокулом, выращенный на питательной среде, разбавляли водой до концентрации спор не менее 3 млн спор в 1 мл суспензии (3×10^6). В условиях ФТК после обработки растений создавали влажную камеру путем укрытия посева пленкой в течение одних суток. В полевых условиях, если погода способствовала эпифитотийному развитию возбудителя, опрыскивание суспензией не проводили. Однако, если погодные условия складывались неблагоприятно для развития патогена, инокуляцию проводили в фазе бутонизации растений люпина в вечерние часы под росу без укрытия полиэтиленом. Каждое погибшее растение микроскопировали для установления причины гибели [4, 5].

Результаты исследований и их обсуждение

В задачу наших исследований входило создание инфекционного фона в полевых условиях и ФТК, где проходила поэтапная оценка исходного и селекционного материала. На заключительном этапе отборы были оценены по урожайности в поле и переданы в селекционное подразделение для испытаний в конкурсном и предварительном сортоиспытании. Следует отметить,

что целенаправленные исследования по созданию устойчивых к антракнозу сортов начали проводиться после того, как были получены источники устойчивости – сорта Kalya, Wonga, Tanjil, которые включены в гибридизацию в 2002 г. В качестве родительских форм с повышенной устойчивостью к патогену также использовали отечественные сорта Першацвет и Миртан.

По данным австралийских ученых, устойчивость к антракнозу у узколистного люпина является доминантным признаком и контролируется блоками из четырех доминантных генов (Rcl1 Rcl2 Rcl3 Rcl4⁺, Rcl1 Rcl2 Rcl3⁺ Rcl4), которые были сформированы путем рекомбинации неаллельных генов признака устойчивости к болезни [6]. Скрещивание между собой сортов с разными блоками генов дало возможность создания генотипов, содержащих блоки как минимум из трех неаллельных генов устойчивости к антракнозу.

В 2006 г. в лабораторию иммунитета из отдела зернобобовых культур передан 41 гибрид F₂ для оценки и отбора растений с повышенной устойчивостью к патогену на инфекционном фоне. Объем материала по каждому образцу различался в пределах от 120 до 2400 семян. Площадь посева составила 509 пог. м, всего 2547 рядков из расчета 20 семян на 1 пог. м. Инфекционный фон создавали путем инокуляции семенного материала и дополнительного заражения в период вегетации в фазе бутонизации. Погодные условия были благоприятными для интенсивного развития антракноза. Это позволило выбраковать весь пораженный материал и отобрать элитные растения, сочетающие устойчивость к патогену и хозяйственно полезные признаки, такие как количество бобов на растении, высота растений, тип ветвления и др. После уборки проведена браковка по семенам, где были выбракованы растения с щуплыми семенами и сильно расщепляющиеся по окраске семенной оболочки. Всего было отобрано 1328 растений



Антракноз люпина узколистного

из 22-х гибридов, которые переданы селекционерам для дальнейшей проработки.

После проведенных отборов на продуктивность в селекционных питомниках профильного подразделения в 2010 г. осталось 15 высокопродуктивных селекционных образцов для изучения, оценки и отбора на инфекционном фоне. Работа с этими образцами проводилась в течение двух лет (2010–2011 гг.) в полевых условиях и фитотронно-тепличном комплексе (таблица 1).

Образцы высевали на жестком инфекционном фоне в полевых условиях, где проведен отбор лучших растений в образце, сочетающих устойчивость с высокими показателями хозяйственно полезных признаков. Затем работа продолжалась в ФТК в грунтовом отсеке (сентябрь-январь). После браковки оставлено для дальнейшей работы 9 образцов, выбраковано 6: 3, 8, 9, 10, 13 и 15. Браковке подлежали те образцы, которые расщеплялись по окраске цветков и семян, устойчивости к антракнозу и фузариозным корневым гнилям.

В 2012 г. отобранные образцы размножали и параллельно оценивали на инфекционном фоне (таблица 2). Проведена сравнительная оценка полевой всхожести семян, свободных от инфекции (не инфицированных) и инокулированных антракнозом (инфицированных).

Снижение полевой всхожести инфицированных семян образцов находилось в пределах 2,3–19,0 %, в среднем на 14,0 %, контроль Першацвет – на 15,0 %. Следует отметить, что при сильном инфицировании семян снижение полевой всхожести у восприимчивых образцов достигало 50 % и более. Оценка наших отборов к антракнозу на инфекционном фоне в динамике показывает более низкое поражение, чем в контроле. Особенно важно, что наблюдается невысокое поражение или его полное отсутствие с фазы всходов до цветения. Поражение растений в фазе бобов менее вредоносно, особенно если пятна немногочисленные и мелкие.

Таблица 1 – Оценка селекционных образцов при искусственном заражении в полевых условиях и ФТК, отбор устойчивого материала

Питомник, номер линии	Отобрано семян с устойчивых растений, шт. (2010 г.)		Поражение антракнозом на инфекционном фоне в полевых условиях, %		
	поле	ФТК	2010 г.	2011 г.	среднее
1. КСИ, д. 14 № 112	105	140	10,9	17,4	14,2
2. ПСИ, д. 2 № 72	102	340	10,8	34,2	22,5
3. ПСИ, д. 5 № 34	60	–	47,9	62,6	55,3
4. ПСИ, д. 8 № 112	151	120	13,2	35,8	24,5
5. ПСИ, д. 12 № 97	157	200	21,7	43,6	32,7
6. ПСИ, д. 13 № 137	134	120	29,6	38,0	33,8
7. ПСИ, д. 40 № 86	313	200	13,4	45,3	29,4
8. СП-2, д. 1 № 14	170	–	19,0	72,2	45,6
9. СП-2, д. 2 № 14	168	–	15,6	74,7	45,2
10. СП-2, д. 3 № 14	166	–	17,5	72,8	45,2
11. СП-2, д. 22 № 137	246	150	13,7	44,7	29,2
12. КП, д. 32 № 66	325	220	7,6	24,7	16,2
13. КП, д. 3 № 97	139	80	27,3	50,1	38,7
14. КП, д. 48 № 79	168	100	20,3	39,0	29,7
15. КП, д. 50 № 79	53	–	5,6	92,7	49,2

Таблица 2 – Полевая всхожесть и поражение антракнозом образцов узколистного люпина (2012 г.)

№ образца, питомник	Полевая всхожесть семян, %		Количество пораженных растений в динамике (инфекционный фон), %			
	не инфициро- ванных	инфициро- ванных	всходы	цветение	бобы	всего
Першацвет – контроль	81,0	66,0	24,0	11,0	46,5	81,5
1. КСИ, д. 14	77,5	70,0	24,6	2,0	39,5	66,1
2. ПСИ, д. 2	92,0	74,0	21,6	0,0	24,3	45,9
4. ПСИ, д. 8	96,6	79,0	12,7	5,0	30,9	48,6
5. ПСИ, д. 12	100	81,0	4,3	1,0	20,0	25,3
6. ПСИ, д. 13	96,2	71,0	10,2	0,0	28,8	39,0
7. ПСИ, д. 40	90,0	83,0	5,6	1,0	32,8	39,4
11. СП-2, д. 22	96,6	86,0	16,2	4,0	20,9	41,1
12. КП, д. 32	98,3	96,0	0,0	0,0	38,5	38,5
14. КП, д. 48	87,5	75,0	18,4	8,0	32,6	59,0
Среднее	92,7	79,4	12,6	2,3	29,8	44,8

Отобранные 9 образцов оценивали по урожайности при естественном проявлении антракноза в 2013 г. (таблица 3).

Данные показывают, что все образцы, отобранные на инфекционном фоне, не уступали по урожайности стандартному сорту Першацвет. Прибавка урожая составила 1,6–11,4 ц/га или 8,3–59,4 %. В дальнейшем в селекционное подразделение было передано 4 лучших образца: № 5, № 6, № 7 и № 12. Следует отметить, что образец № 12 не выделялся по урожайности, но отличался высокой устойчивостью к антракнозу. Из-за мелкосемянности и низкорослости этот образец использовался только как источник устойчивости.

В 2014 г. 5-й образец (ПСИ, д. 12) под названием Гуслия был передан в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений».

С 2015 по 2021 г. лучшие сортообразцы узколистного люпина оценивали по устойчивости к антракнозу на инфекционном фоне (таблица 4).

Анализ данных по годам исследований показывает, что сортообразцы сохраняли свою устойчивость к антракнозу. Исключением был 2019 г., когда наблюдалось эпифитотийное развитие болезни к концу вегетации. В 2020 г. из-за сильного поражения образцов фузариозным увяданием не удалось

провести объективную оценку на устойчивость к антракнозу. Лучшие отобранные сортообразцы после госсортоиспытания были районированы в качестве следующих сортов: Гуслия (№ 5), Альянс (№ 7) и Ярык (№ 6).

Сорт узколистного люпина **Гуслия** включен в Государственный реестр сортов в 2017 г. Среднеспелый сорт универсального направления. Средняя урожайность зерна за 2014–2016 гг. испытания составила 27,4 ц/га, сухого вещества – 66,6 ц/га. Максимальная урожайность зерна – 42,8 ц/га получена на ГСХУ «Горецкая СС» в 2016 г., сухого вещества – 94,8 ц/га – на ГСХУ «Турская СС» в 2015 г. Масса 1000 зерен составляет

Таблица 3 – Урожайность зерна образцов люпина узколистного, устойчивых к антракнозу в естественных условиях (2013 г.)

№ образца, питомник	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
Першацвет – контроль	19,2	–	100,0
1. КСИ, д. 14	24,1	4,9	125,5
2. ПСИ, д. 2	26,2	7,1	137,0
4. ПСИ, д. 8	26,6	7,4	138,3
5. ПСИ, д. 12	30,6	11,4	159,4
6. ПСИ, д. 13	28,8	9,6	149,7
7. ПСИ, д. 40	29,8	10,6	155,2
11. СП-2, д. 22	21,5	2,3	111,7
12. КП, д. 32	20,8	1,6	108,3
14. КП, д. 48	22,0	2,8	114,6
НСР ₀₅	2,36		

Таблица 4 – Оценка сортообразцов люпина узколистного на устойчивость к антракнозу в условиях инфекционного фона

Образец	Полевая всхожесть, %	Количество пораженных растений в динамике, %				Развитие болезни, %	Количество устойчивых растений к уборке, %
		всходы	стеблевание	цветение	сизые бобы		
2015 г.							
№ 5	94,8	0,0	0,0	0,0	7,3	18,2	92,7
№ 6	100	2,5	0,0	2,5	2,5	12,5	92,5
№ 7	100	2,6	0,0	0,0	5,1	14,4	92,3
2016 г.							
№ 5	72,0	8,3	6,9	4,2	23,6	29,9	56,9
№ 6	63,0	12,7	14,3	17,5	1,6	26,2	54,0
№ 7	67,0	7,5	1,5	6,0	28,4	32,1	56,7
2018 г.							
№ 5	77,1	22,2	7,4	3,7	3,7	23,1	63,0
№ 6	72,7	8,3	4,2	0,0	4,2	12,5	83,3
№ 7	57,9	0,0	4,5	0,0	0,0	14,8	77,3
2019 г.							
№ 5	81,7	20,4	0,0	16,3	63,3	53,6	12,2
№ 6	85,0	11,8	0,0	19,6	68,6	61,3	3,9
№ 7	88,3	11,3	0,0	9,4	79,2	51,9	9,4
2021 г.							
№ 5	100	12,8	10,3	0,0	7,7	19,2	69,2
№ 6	97,5	7,7	2,6	0,0	5,1	10,9	84,6
№ 7	97,4	0,0	2,6	0,0	10,5	5,9	86,8

145 г. Устойчивость к полеганию оценивается в 4,8 балла, к осыпанию – 4,3 балла. Содержание сырого протеина в зерне – 36,73 %, сбор белка с гектара – 8,2 ц. В сухом веществе зеленой массы содержится белка 21,00 %, сбор белка с гектара – 14,6 ц [7].

Сорт узколистного люпина **Альянс** включен в Государственный реестр сортов в 2019 г. Сорт среднеспелый. Средняя урожайность зерна за 2016–2018 гг. испытания составила 30,7 ц/га. Максимальная урожайность зерна – 51,0 ц/га получена на ГСХУ «Лепельская СС» в 2017 г. Масса 1000 семян составляет 147 г. Устойчивость к полеганию оценивается в 5 баллов, к осыпанию – 4,5 балла. Содержание сырого протеина в зерне – 32,92 %, сбор белка с гектара – 9,1 ц [8].

Сорт узколистного люпина **Ярык** включен в Государственный реестр сортов в 2022 г. Сорт среднеспелый. Средняя урожайность зерна за 2019–2021 гг. испытания составила 24,6 ц/га, максимальная – 42,6 ц/га получена на ГСХУ «Горецкая СС» в 2019 г. Vegetационный период составил в среднем 90 дней. Масса 1000 семян составляет 125 г. Устойчивость к полеганию оценивается в 4,6 балла, к осыпанию – 4,6 балла. Содержание белка в зерне – 32,82 %, сбор белка с гектара – 7,4 ц. Содержание алкалоидов – 0,028 % [9].

Выводы

Селекционные исследования по созданию антракнозуустойчивых сортов люпина узколистного с использованием источников устойчивости зарубежной селекции к возбудителю антракноза австралийских сортов Kalya, Wonga, Tanjil, а также сортов отечественной селекции с повышенной устойчивостью к этому патогену (Першацвет и Миртан) в системных скрещиваниях и методом внутривидовой гибридизации обеспечили получение нового гибридного материала, ценного по данному признаку.

Целенаправленный многократный отбор устойчивого материала на инфекционном фоне (полевые условия и ФТК) позволил создать сорта узколистного люпина

Гусляр, Альянс и Ярык, районированные на территории республики, сочетающие высокую устойчивость к антракнозу и продуктивность.

Литература

1. Дышко, В. В. Оптимизация приемов возделывания узколистного люпина по зерновой технологии в условиях Центрального Нечерноземья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. В. Дышко; ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА. – Смоленск, 2014. – 22 с.
2. Результаты и перспективы селекции желтого и узколистного люпина на устойчивость к антракнозу / А. Е. Рябичева [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4. – С. 72.
3. Технология возделывания белого люпина / Г. Г. Гатаулина [и др.] // Белгородский НИИСХ. – 2009. – С. 27.
4. Будевич, Г. В. Инфекционные фоны в селекции зерновых и зернобобовых культур на устойчивость к болезням / Г. В. Будевич, Ю. К. Шашко // Принципы и методы оптимизации селекционного процесса сельскохозяйственных растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2005. – С. 120–125.
5. Шашко, Ю. К. Инокуляция узколистного люпина возбудителем антракноза в условиях фитотронно-тепличного комплекса / Ю. К. Шашко, Г. В. Будевич // Сб. научн. трудов «Земледелие и селекция в Беларуси». – Минск, 2009. – Вып. 45. – С. 169–175.
6. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск, Клины: издательство ГУП «Клиновская городская типография», 2006. – С. 15–16.
7. Сорта, включенные в Государственный реестр сортов, – основа высоких урожаев. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр сортов. Часть XII / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений», 2017. – 49 с.
8. Сорта, включенные в Государственный реестр сортов, – основа высоких урожаев. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр сортов. Часть XIV / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений», 2019. – 50 с.
9. Сорта, включенные в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений, – основа высоких урожаев. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений. Часть XVIII / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений», 2022. – 38 с.



Полевой инфекционный фон антракноза люпина