

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКУРРЕНТНОГО ОТБОРА НА ОБРАЗЦАХ ЖЁЛТОГО ЛЮПИНА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Ю. С. МАЛЫШКИНА, Д. В. ГАТАЛЬСКАЯ, Е. В. РАВКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: yulia1883150@gmail.com

(Поступила в редакцию 12.05.2022)

Люпин желтый является самым высокобелковым видом среди зернобобовых, благодаря которому можно решить сокращение и дефицит растительного кормового белка в Республике Беларусь. Основой получения высоких урожаев люпина желтого является создание толерантных, продуктивных и высокобелковых сортов различного направления использования.

В результате рекуррентного отбора получены перспективные образцы люпина желтого селекции УО БГСХА. Выделен сортобразец БГСХА 82, который в 2022 г. был передан в Государственное сортоиспытание под названием Муза. Данный сортобразец может служить источником скороспелости и семенной продуктивности в селекции сортов желтого люпина зернового использования, у которого длина вегетационного периода была самой короткой и в среднем составляет от 90 до 98 дней, а урожайность семян от 21,6 до 22,8 ц/га, с очень высоким содержанием сырого протеина 45,8 %, он характеризуется дружностью созревания семян и имеет колосовидный морфотип. В настоящее время ведется размножение для передачи в Государственное сортоиспытание сортобразца БГСХА 99 и БГСХА 81 универсального направления использования.

В конкурсном сортоиспытании для дальнейшего размножения адаптивных к условиям республики и передачи в Государственное сортоиспытание выделены перспективные сортобразцы зернового направления БГСХА 112, БГСХА 110 и БГСХА 109, созревающие в среднем за 93 дня, с высоким и очень высоким содержанием сырого протеина (44,1–45,4 %) и отличающиеся эпигональным типом ветвления, а также выделены сортобразцы универсального направления использования БГСХА 102, БГСХА 103, БГСХА 105, БГСХА106 и БГСХА 107, характеризующиеся стабильной урожайностью зерна, зеленой массы и очень высоким содержанием белка в зерне от 45,9 до 49,0 %.

Ключевые слова: люпин жёлтый, сортобразец, рекуррентный отбор, урожайность, сырой протеин.

Lupine yellow is the highest protein species among legumes, thanks to which it is possible to solve the reduction and deficiency of vegetable feed protein in the Republic of Belarus. The basis for obtaining high yields of yellow lupine is the creation of tolerant, productive and high-protein varieties for various uses.

As a result of recurrent selection, promising samples of yellow lupine were obtained, bred by EE BSAA. The BSAA 82 variety sample was selected, which in 2022 was transferred to the State variety testing under the name Muza. This variety sample can serve as a source of early maturity and seed productivity in the selection of varieties of yellow lupine for grain use, in which the length of the growing season was the shortest and averaged from 90 to 98 days, and the seed yield was from 2.16 to 2.28 t/ha, with a very high content of raw protein of 45.8 %, it is characterized by the simultaneity of seed ripening and has a spike-like morphotype. Currently, reproduction is underway to transfer to the State Variety Testing a variety sample BSAA 99 and BSAA 81 of universal use.

In competitive variety testing for further reproduction of variety samples adaptive to the conditions of the republic and transfer to the State variety testing, promising varieties of the grain direction BSAA 112, BSAA 110 and BSAA 109 were selected, ripening on average in 93 days, with a high and very high content of raw protein (44.1–45.4 %) and characterized by an epigonal type of branching, as well as varieties of the universal direction of use BSAA 102, BSAA 103, BSAA 105, BSAA106 and BSAA 107, characterized by a stable yield of grain, green mass and a very high protein content in grain from 45.9 to 49.0 %.

Key words: yellow lupine, variety sample, recurrent selection, yield, raw protein.

Введение

Люпин желтый является одним из наиболее ценных возделываемых однолетних видов люпина, который обладает наибольшей адаптацией к песчаным почвам, на которых формирует более высокие урожаи по сравнению с другими видами [1, 2]. Наиболее перспективно использование люпина желтого для получения зерна и зеленой массы. Семена желтого люпина содержат самый высокий процент белка среди зернобобовых культур. Однако из-за сильной восприимчивости к антракнозу его посевы в мире сократились до 3–5 тыс. га [3, 4, 5].

Поиск эффективных источников устойчивости к антракнозу не дал положительных результатов, так как патоген обладает высокой репродукционной способностью, адаптацией к окружающей среде и внутренним полиморфизмом, что значительно затрудняет селекцию на резистентность к патогену и она должна проводиться в географических зонах, где предполагается возделывать сорт. Патоген обладает высокой вирулентностью и агрессивностью и в годы эпифитотий может приводить к полной гибели посевов. Он поражает вегетативные части растений и семена, на которых может сохраняться до 3 лет [4, 6].

Для возрождения люпиносеяния желтого люпина в Республике Беларусь необходимо внедрение в производство новых толерантных сортов различного направления использования [8].

Получение устойчивых к антракнозу форм возможно только с помощью искусственных инфекционных фонов, где наиболее эффективно использование методов рекуррентного отбора. W. A. Cowlings предложил использование рекуррентной селекции (непрерывный повторяющийся отбор лучших растений из исходных образцов с их дальнейшей оценкой по наиболее ценным признакам) [7].

В настоящее время селекционная практика успешно применяет множество различных модификаций рекуррентного отбора для создания новых популяций, что особенно актуально для изучения эффективности внутривидовой рекуррентной селекции и включения ее как в схему селекционного процесса, так и в схему первичного семеноводства, что важно для рациональной организации и интенсификации производства семян в местных условиях [9].

Основная часть

В наших исследованиях представлены результаты оценки с использованием рекуррентного отбора на инфекционном фоне образцов люпина желтого с 2013 по 2021 гг. Для получения константных и толерантных форм нами был проведен отбор носящий циклический характер, суть которого заключалась в том, что в течении ряда лет отбирались лучшие растения по фенотипу, которые характеризовались скороспелостью, толерантностью к антракнозу и высокой семенной продуктивностью. При индивидуальном отборе учитывалось наличие алкалоидов в семенах и проводился отбор безалкалоидных форм с содержанием алкалоидов менее 0,025 %.

На кафедре селекции и генетики ведутся исследования по выведению сортов желтого люпина различного направления использования. Основные из них это:

- создание исходного материала, обладающего толерантными свойствами к антракнозу и другим наиболее вредоносным болезням;
- повышение урожайности зерна и зеленой массы;
- создание высокопродуктивных форм с детерминантным типом роста стебля и ограниченным боковым ветвлением;
- создание скороспелых форм, стабильно вызревающих в северных условиях республики;
- увеличение содержания белка в семенах и зеленой массе;
- снижение содержания алкалоидов в зерне и зеленой массе [10].

Целью наших исследований являлось создание нового селекционного материала с помощью рекуррентного отбора и выделение на инфекционном фоне константных перспективных образцов желтого люпина с толерантными свойствами к антракнозу.

Посев в питомнике исходного материала проводился вручную под маркер с шириной междурядий 15 см. Учетная площадь делянки составляла 1 м². Норма высева 120 семян на 1 м². В селекционном питомнике 1-го года (СП-1) и (СП-2) высевалось потомство каждого растения отдельно. В селекционном питомнике 1-го года (СП-1) высевались растения, которые были индивидуально отобраны на инфекционном антракнозном фоне или из других питомников.

В контрольном питомнике были посеяны лучшие номера, отобранные в селекционном питомнике 2-го года. Посев осуществлялся порционной сеялкой «Неге-80». Учетная площадь делянки составляла 7 м², повторность двукратная. Норма высева составляла 120 всхожих семян на 1 м², в конкурсном сортоиспытании – 10 м², повторность четырехкратная. За посевами проводились все необходимые ухода и наблюдения. Уборку осуществляли вручную путем обрыва бобов и их обмола на МПСУ-500, а затем очистки семян на пневмосепараторе. Уборка контрольного питомника и конкурсному сортоиспытанию осуществляли селекционным зерноуборочным комбайном «Wintersteiger Classic».

Полученные результаты исследований обрабатывались методом дисперсионного анализа в изложении Б. А. Доспехова по прикладным программам на компьютере [11].

В результате применения рекуррентного отбора на инфекционном фоне был выделен ряд перспективных селекционных номеров результаты которого представлены в табл. 1.

Лучшие сортообразцы испытывались в конкурсном сортоиспытании на протяжении трех лет. Достоверно превосходили контроль по урожайности семян сортообразцы БГСХА 87, БГСХА 81, БГСХА 67 и сорт Еврантус на 13,8–16,9 ц/га (табл. 2). Имеют высокую потенциальную урожайность семян, но не стабильны по годам по данному показателю сортообразцы БГСХА 91 и БГСХА 92.

Таблица 1. Результаты рекуррентного отбора (2013–2021 гг.) люпина желтого

Питомники	ПИМ – 2013 г. (И)			СП-1 – 2014 г. (И)			СП-2 – 2015 г. (И)			КП – 2016 г. (Е)			КСИ – 2017 – 2019 г. (Е)
	количество высевных растений	количество отобранных растений	% отбора	количество высевных растений	количество отобранных растений	% отбора	количество высевных растений	количество отобранных растений	% отбора	количество высевных растений	количество отобранных растений	% отбора	
658 Надежный мт	120	14	11,7	657	27	4,1	1483	98	6,6	2375	560	23,6	БГСХА 98
659 Надежный мс	120	10	8,3	762	84	11,0	4361	610	14,0	4635	641	13,8	–
761Д-207 бел	120	5	4,2	235	17	7,2	919	80	8,7	960	520	54,2	БГСХА 107
415 П-300 Престиж	180	17	9,4	864	86	10,0	4488	496	11,1	2280	684	30,0	БГСХА 97, БГСХА 110, 111
228 Д-272/3 мс	120	5	4,2	149	36	24,2	1857	492	26,5	480	189	39,4	БГСХА 109
26 Надежный э/мт	23	4	17,4	207	60	29,0	1699	524	30,8	2126	725	34,1	БГСХА 67
28 Демидовский бел	48	5	10,4	238	57	23,9	1947	718	36,9	1936	1254	64,8	БГСХА 81, 82
29-777 ПГ-15 мс.	160	11	6,9	608	67	11,0	3230	1247	38,6	3550	1480	41,7	БГСХА 90
29-777 ПГ-15 мел.	80	10	12,5	414	92	22,2	3584	1236	34,5	1680	1248	74,3	БГСХА 88, 89, БГСХА 91,92, БГСХА 112
31-Бригантина	120	7	5,8	392	41	10,5	2400	328	13,7	1436	527	36,7	БГСХА 87
780 БГСХА-382 мт	120	1	0,8	160	22	13,8	1200	315	26,3	240	145	60,4	БГСХА 106, 108
Академ 352–Ор/ПГ	24	3	12,5	291	38	13,1	1360	485	35,7	1540	1214	78,8	БГСХА 99, 101 БГСХА 102, 103, БГСХА 104,105
Бригантина	120	2	1,7	138	14	10,1	589	86	14,6	840	–	–	–

Примечание: И – инфекционный антракнозный фон, Е – естественный фон.

Вызывает определенный интерес сортобразец БГСХА 82, характеризующийся самым коротким вегетационным периодом в 105 дней, благодаря отсутствию бокового ветвления, у которого за годы испытаний урожайность составила 22,8 ц/га и была на уровне контроля или достоверно превышала его. На наш взгляд, он весьма перспективен для возделывания на зерно в условиях северной и центральной части Беларуси, так как созревает к началу августа месяца, а потенциал его урожайности достаточно высок. Данный сортобразец характеризуется дружностью созревания и может служить источником скороспелости и семенной продуктивности и использоваться в селекционных программах по получению исходного материала люпина желтого зернового типа.

Таблица 2. Результаты конкурсного сортоиспытания люпина желтого в среднем за 2017–2019 гг.

Сортообразец	Продолжительность вегетационного пер., дн.	Урожайность семян		Сырой протеин	Клетчатка	Сбор белка с 1 га, ц/га
		ц/га	± к контролю			
Владко (контроль)	117	19,1	–	40,3	15,2	7,7
Еврантус	112	36,0	16,9	40,8	16,6	14,7
БГСХА 67	111	35,6	16,5	42,9	16,7	15,3
БГСХА 81	111	34,7	15,6	41,2	16,7	14,3
БГСХА 82	105	22,8	3,7	40,4	17,1	9,2
БГСХА 87	111	32,9	13,8	40,0	14,6	13,1
БГСХА 88	112	38,0	18,9	42,7	17,2	16,2
БГСХА 89	112	43,2	24,1	37,8	17,8	16,3
БГСХА 91	115	33,8	14,7	41,4	16,3	14,0
БГСХА 92	117	38,4	19,3	40,3	16,4	15,5
БГСХА 97	117	24,5	5,4	42,3	16,5	10,4
БГСХА 98	106	16,8	-2,3	39,0	15,7	6,5
БГСХА 99	114	26,5	7,4	44,6	16,4	11,8
X min	105	16,8	-2,3	37,8	14,6	6,5
X max	117	43,2	24,1	44,6	17,8	16,3

Сортообразцы БГСХА 67, БГСХА 81, БГСХА 87, БГСХА 88 и БГСХА 89 характеризуются стабильно высокой урожайностью семян по годам и могут быть использованы как источники для создания универсальных сортов желтого люпина с высокой семенной продуктивностью и урожайностью зеленой массы [10]. Выход растительного белка с единицы площади по сортообразцам варьировал от 6,5 до 16,3 ц/га. Самым высоким он был у сортообразцов БГСХА 67, БГСХА 92, БГСХА 88 и БГСХА 89.

В конкурсном сортоиспытании в течение трех лет у большинства сортообразцов содержание сырого протеина было более 40 %, кроме сортообразцов БГСХА 89 и БГСХА 98. Самое высокое содер-

жание сырого протеина отмечено у сортообразца БГСХА 99 (44,6 %). Содержание клетчатки в семенах варьировало от 14,6 % до 17,8 %.

В 2020–2021 гг. проводилось предварительное размножение и дальнейшее изучение по комплексу хозяйственно полезных признаков наиболее перспективных сортообразцов люпина желтого (табл. 3).

Данные годы оказались не очень благоприятными по климатическим условиям для возделывания люпина желтого. По сортообразцу БГСХА 82 (зернового направления) получена в среднем за два года урожайность семян 21,6 ц/га, сырого протеина 45,8 %, а содержание клетчатки составило 13,6 %.

Таблица 3. Характеристика хозяйственной полезности перспективных сортообразцов в среднем за 2020–2021 гг.

Сортообразец	Продолжительность вегетационного периода, дн.	Урожайность семян		Сырой протеин, %	Клетчатка, %
		ц/га	± к контролю		
Владко (контроль)	104	18,7	-	44,6	12,3
БГСХА 81	97	24,7	6	46,8	14,6
БГСХА 82	91	21,6	2,9	45,8	13,6
БГСХА 99	97	23,5	4,8	46,2	15,6

В 2022 г. сортообразец БГСХА 82 передан в Государственное сортоиспытание под названием Муза. Сортообразцы БГСХА 81 и БГСХА 99 характеризуются не только более высокой урожайностью семян, но имеют более высокое содержание сырого протеина в зерне, чем контрольный сорт Владко, что обеспечивает более высокий выход белка с 1 га. По данным сортообразцам ведется размножение для дальнейшей передачи в Государственное сортоиспытание.

Из контрольного питомника выделено 13 сортообразцов для закладки в конкурсном сортоиспытании с 2020 г. Продолжительность вегетационного периода в среднем за 2020–2021 гг. в данном питомнике варьировала от 93 до 104 дней (таблица 4). Наиболее короткий вегетационный период имели сортообразцы БГСХА 109, БГСХА 110, БГСХА 112 обладающие эпигональным типом ветвления.

Наиболее высокую урожайность семян формировали сортообразцы БГСХА 105, БГСХА 102, БГСХА 106, БГСХА 103, от 28,3 до 31,1 ц/га.

В среднем урожайность зеленой массы люпина желтого в конкурсном сортоиспытании у сортообразцов БГСХА 109, БГСХА 110 и БГСХА 112 с эпигональным типом ветвления варьировала от 407,4 до 690,5 ц/га, а у остальных сортообразцов с симподиальным типом ветвления урожайность зеленой массы колебалась от 394,6 до 748,6 ц/га. Среди них высокую урожайность зеленой массы формировали сортообразцы БГСХА 107, БГСХА 104 и БГСХА 106 от 720,6 до 748,6 ц/га, которые могут служить источниками для создания сортов универсального и зеленоукосного использования.

Большинство изучаемых сортообразцов по содержанию сырого протеина характеризуются его очень высоким содержанием в зерне, а наименьшее содержание клетчатки имеют сортообразцы БГСХА 107, БГСХА 103, БГСХА 108, БГСХА 100 (13,0–14,7 %).

Таблица 4. Результаты конкурсного сортоиспытания сортообразцов люпина желтого в среднем за 2020–2021 гг.

Сортообразец	Продолжительность вегетационного периода, дн.	Урожайность семян		Урожайность зеленой массы		Сырой протеин	Клетчатка
		ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю		
Владко (контроль)	104	18,6	-	394,6	-	44,6	12,3
БГСХА 100	100	22,7	4,1	537,4	142,8	47,5	14,7
БГСХА 101	100	22,7	4,1	559,9	165,3	44,6	15,4
БГСХА 102	100	29,3	10,7	621,2	226,6	45,9	15,9
БГСХА 103	98	31,1	12,5	626,7	232,1	46,8	14,6
БГСХА 104	102	23,4	4,8	741,4	346,8	48,8	15,8
БГСХА 105	102	28,3	9,7	548,9	154,3	49,0	15,3
БГСХА 106	102	30,4	11,8	720,6	326,0	47,0	15,7
БГСХА 107	102	25,2	6,6	748,6	354,0	43,2	13,0
БГСХА 108	99	18,8	0,2	635,2	240,6	46,9	14,6
БГСХА 109 эп.	93	22,5	3,9	690,5	295,9	45,4	15,5
БГСХА 110 эп.	93	22,9	4,3	467,6	73,0	44,9	16,1
БГСХА 111	99	20,8	2,2	615,0	220,4	48,4	15,2
БГСХА 112 эп.	93	19,8	1,2	549,1	154,5	44,1	15,4

Заключение

Перспективным для дальнейшей селекции является сортообразец люпина желтого БГСХА 82, у которого длина вегетационного периода была самой короткой и в среднем составляет от 90 до 98 дней, а урожайность семян от 21,6 до 22,8 ц/га. Данный сортообразец характеризуется дружностью созревания и может служить источником скороспелости и семенной продуктивности и использоваться в селекции на зерно.

Сортообразцы БГСХА 81 и БГСХА 99 характеризуются стабильной урожайностью зерна по годам, независимо от погодных условий, и могут выступать в качестве источников высокой семенной

продуктивности и сырого протеина и использоваться в селекции на получение универсальных сортов люпина желтого.

В конкурсном сортоиспытании для дальнейшего размножения адаптивных к условиям республики и передачи в Государственное сортоиспытание выделены перспективные сортообразцы зернового направления БГСХА 109, БГСХА 110 и БГСХА 112, созревающие в среднем за 93 дня и отличающиеся эпигональным типом ветвления, а также сортообразцы универсального направления использования БГСХА 102, БГСХА 103, БГСХА 105, БГСХА 106 и БГСХА 107, характеризующиеся стабильно высокой урожайностью зерна, зеленой массы и высокого содержания белка в зерне и зеленой массе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибайло, Н. В. Сравнительная оценка образцов люпина желтого в контрольном питомнике / Н. В. Грибайло, Е. В. Равков, Ю. С. Малышкина // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 29–30 янв. 2018 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки, 2018. – С. 57–59.
2. Гатальская, Д. В. Результаты оценки образцов желтого люпина в контрольном питомнике по сбору сырого протеина и урожайности семян / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры земледелия, Горки, 23–24 июня 2020 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Н. А. Дуктова [и др.]. – Горки, 2020. – С. 42–43.
3. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посева: монография / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск, 2006. – 576 с.
4. Гатальская, Д. В. Селекция желтого люпина на семенную продуктивность и резистентность к антракнозу / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 3. – С. 117–121.
5. Тарануха, Г. И. Селекция люпина желтого на резистентность к антракнозу / Г. И. Тарануха, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводство: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию со дня образования Всерос. науч.-исслед. ин-та люпина, 4 июля 2017 г. / ВНИИ люпина. – Брянск: ЗАО «Изд-во «Читай-город», 2017. – С. 75–82.
6. Руцкая, В. И. Разработка системы защиты люпина от антракноза в зависимости от биологических особенностей патогена / В. И. Руцкая, В. А. Миняйло, А. К. Миняйло // Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводство: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию со дня образования Всерос. науч.-исслед. ин-та люпина, Брянск, 4 июля 2017 г. / Всерос. науч. исслед. ин-т люпина; редкол.: М. И. Лукашевич [и др.]. – Брянск: ЗАО «Изд-во «Читай-город», 2017. – Брянск, 2017. – С. 205–217.
7. Cowling, W. A. Resistance to Phomopsis stem blight in *Lupinus angustifolius* L. / Cowling W. A. [et. al.] // Crop Sci. – 1987. – Vol. 27, № 4. – P. 648–652.
8. Анохина, В. С. Люпин: селекция, генетика, эволюция / В. С. Анохина, Г. А. Дебелый, П. М. Конорев. – Минск: БГУ, 2012. – 271 с.
9. Витютнев, С. В. Улучшение гибридной популяции кукурузы методом рекуррентного отбора в первичных звеньях семеноводства: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. / С. В. Витютнев – Дальневост. науч.-метод. центр РАСХН. – п. Тимирязевский, 2002. – 22 с.
10. Малышкина, Ю. С. Результаты оценки перспективных образцов желтого люпина на скороспелость и урожайность семян в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 1. – С. 75–78.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.