

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО МЕТОДОМ МУТАГЕНЕЗА

Д. В. ГАТАЛЬСКАЯ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: dashahatalskaya95@gmail.com*

(Поступила в редакцию 05.01.2024)

Существующий дефицит белка по экспертным оценкам в стране составляет 25–30 % от общей потребности, что снижает продуктивность животных и качество продукции, ведет к перерасходу кормов и увеличению себестоимости продукции. В себестоимости животноводческой продукции на корма приходится 70 %, а в стоимости комбикормов самой дорогой составляющей является белковая. Решение белковой проблемы и снижение себестоимости в производстве животноводческой продукции, которая будет конкурентноспособной на продовольственном мировом рынке возможно только при собственном возделывании зернобобовых культур, например люпина. Для увеличения площадей люпина желтого в Беларуси необходимы новые, устойчивые к болезням, скороспелые, высокоурожайные, экологически стабильные и пластичные сорта разных направлений хозяйственного использования. Индуцированный мутагенез является одним из методов, позволяющих увеличить генетическое разнообразие исходного материала для создания сортов, и по мнению ряда исследователей, метод особенно эффективен в селекции зернобобовых культур.

Для получения мутантных форм люпина желтого произведена их радиационная обработка гамма-излучением кобальт-60 без непосредственного контакта, в двух вариантах с дозой облучения 250±37 Гр и 500±75 Гр. В питомнике мутантов M₁ до фазы цветения наблюдалась гибель растений, 8 вариантов погибли полностью. В питомнике мутантов M₁ и M₂ наблюдалась депрессия по основным хозяйственно полезным показателям, однако нами были выделены формы с одновременным цветением главной и боковых кистей, формы с завязыванием двух бобов в листовой пазухе и формы с оранжевой и белесой окраской цветка, с новой окраской семян. Данный материал был высеван линейно с целью дальнейшего исследования в последующих поколениях.

Ключевые слова: люпин жёлтый, мутантные формы, радиационная обработка.

According to expert estimates, the existing protein deficit in the country is 25–30 % of the total requirement, which reduces animal productivity and product quality, leads to overconsumption of feed and increased production costs. Feed accounts for 70 % of the cost of livestock products, and protein is the most expensive component of the cost of compound feed. Solving the protein problem and reducing costs in the production of livestock products that will be competitive in the world food market is possible only with our own cultivation of leguminous crops, such as lupine. To increase the area of yellow lupine in Belarus, new, disease-resistant, early-ripening, high-yielding, environmentally stable and flexible varieties of different types of economic use are needed. Induced mutagenesis is one of the methods that allows increasing the genetic diversity of the starting material for creating varieties, and according to a number of researchers, the method is especially effective in the breeding of leguminous crops.

To obtain mutant forms of yellow lupine, they were irradiated with cobalt-60 gamma radiation without direct contact, in two versions with an irradiation dose of 250±37 Gy and 500±75 Gy. In the nursery of M₁ mutants, plant death was observed before the flowering phase; 8 variants died completely. In the nursery of mutants M₁ and M₂, depression was observed in the main economically useful indicators, however, we identified forms with simultaneous flowering of the main and lateral racemes, forms with the setting of two beans in the leaf axil and forms with orange and whitish flower color, with a new color of seeds. This material was sown linearly for the purpose of further research in subsequent generations.

Key words: yellow lupine, mutant forms, radiation treatment.

Введение

Сельское хозяйство республики ориентировано на производство молока и мяса. Поэтому главной задачей является обеспечение животноводства дешевыми полноценными кормами в достаточном объеме. Существующий дефицит белка по экспертным оценкам в стране составляет 25–30 % от общей потребности, что снижает продуктивность животных и качество продукции, ведет к перерасходу кормов и увеличению себестоимости продукции. В себестоимости животноводческой продукции на корма приходится 70 %, а в стоимости комбикормов самой дорогой составляющей является белковая [1]. Решение белковой проблемы и снижение себестоимости в производстве животноводческой продукции, которая будет конкурентноспособной на продовольственном мировом рынке возможно только при собственном возделывании зернобобовых культур [2]. Люпин в этом плане является уникальной культурой, так как обладает протеиновой сбалансированностью для всех видов животных и птицы, содержит самый высокий процент белка в зерне, а антипитательных веществ, таких как ингибиторы трипсина в 100 раз ниже, чем в сое, что обуславливает его высокую переваримость и позволяет использовать в корм животным без предварительной термической обработки. Основой совершенствования люпиносеяния, повышения его эффективности являются сорта [3]. Для увеличения площадей люпина желтого в Беларуси необходимы новые, устойчивые к болезням, скороспелые, высоко-

урожайные, экологически стабильные и пластичные сорта разных направлений хозяйственного использования. Индуцированный мутагенез является одним из методов, позволяющих увеличить генетическое разнообразие исходного материала для создания сортов. Всего в мире с применением экспериментального мутагенеза выведено более 1,5 тысячи сортов сельскохозяйственных растений, и по мнению ряда исследователей, метод особенно эффективен в селекции зернобобовых культур на скороспелость, улучшение химического состава, повышении устойчивости к болезням, изменчивости количественных признаков в популяциях растений [4–6]. Например, в 1927–1928 гг. в Германии Зенгбушем было найдено 3 практически безалколоидных растения желтого люпина, в 1939 г. Троллем найдена мутация, определяющая образование у люпина желтого гладких бобов, благодаря чему ускоряется созревание. В ряде работ показано, что действие мутагенных факторов приводит к появлению ряда новых признаков у люпина: мягкокожурость семян, нерастрескиваемость бобов, быстрые темпы начального роста [7].

Основная часть

В наших исследованиях представлены результаты создания и оценки образцов люпина желтого, полученных при радиационной обработке гамма-излучением кобальт-60 в 2020 г., с 2020 по 2022 гг. Целью наших исследований являлось получить мутантные формы с различной степенью редуцирования бокового ветвления и оценить полученные образцы по комплексу хозяйственно полезных признаков.

Для получения мутантных форм люпина желтого произведена их радиационная обработка гамма-излучением кобальт-60 без непосредственного контакта, с дозой облучения 250 ± 37 Гр и 500 ± 75 Гр в государственном научном учреждении «Объединённый институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук (Технологический паспорт радиационной обработки №1 от 17 апреля 2020 г., согласно договору №20/25-50 от 15.04.2020 г.).

Площадь питания в питомнике исходного материала составлял 20×5 см с раскладкой семян вручную под маркер. Размер учетной делянки зависел от количества семян и составлял 1–1,5 м². Длину вегетационного периода подсчитывали со дня посева до стадии полной спелости. Определяли индивидуальную продуктивность отобранных растений.

Объектом исследований являлись сортообразцы и сорта люпина желтого (*Lupinus luteus* L.). С целью получения мутантных форм семена сорта Владко (обычный морфотип), сортообразцы конкурсного сортоиспытания (обычный морфотип) и сортообразцы БГСХА 82, БГСХА 109, БГСХА 110, БГСХА 112 (эпигональный морфотип) – подвергли гамма-излучению кобальт-60 без непосредственного контакта, с дозой облучения 250 ± 37 Гр и 500 ± 75 Гр. В качестве контроля использовали необлученные семена.

Всходы начали появляться 12 мая, на девятнадцатый день после посева был проведен их первый подсчет из-за неравномерности всходов. Во всех вариантах семядольные листья были более мелкие, чем у контроля. В фазу розетки количество растений сильно сократилось, растения отставали в росте и усыхали, без видимых признаков повреждения. Такое же явление наблюдалась в фазу стеблевания. Растения более продолжительное время оставались в фазе розетки, а затем погибали. Частичная гибель растений наблюдалась до фазы цветения.

В контрольных вариантах полевая всхожесть варьировала от 91,7 до 99,2 %. В вариантах с дозой облучения 250 ± 37 Гр минимальным данный показатель был у сортообразца БГСХА 89 (55,8 %), максимальным у сортообразца БГСХА 103 (96,7 %). В вариантах с дозой облучения 500 ± 75 Гр минимальным данный показатель был у сортообразца БГСХА 89 (52,5 %), максимальным у сортообразца БГСХА 110 (92,0 %). Угнетающее действие высоких доз облучения проявлялось и на последующих этапах онтогенеза. Облучение семян изменило сроки наступления и продолжительность фаз люпина. Варианты с облучением в начальные фазы характеризовались задержкой развития растений. Так, в поколении М₁ с опозданием на 7–12 дней от исходной формы зацветали и с такой же задержкой вступали в фазу созревания без различий между вариантами опыта. Высота растений к моменту созревания семян в вариантах опыта была значительно ниже, по отношению к высоте растений контроля. В фазу цветения наблюдалось значительное поражение антракнозом, что привело к полной гибели 8 вариантов (табл. 1).

Выживаемость растений у контрольных образцов варьировала от 60,5 до 87,9 %. У вариантов с обработкой 250 ± 37 Гр была значительно ниже и колебалась от 0 у БГСХА 111 до 22,9% у БГСХА 112. У вариантов с обработкой 500 ± 75 Гр была самой низкой, от 0 у БГСХА 97, БГСХА 87, БГСХА 88, БГСХА 99, БГСХА 105, БГСХА 109 и БГСХА 111 до 12,6% у БГСХА 100.

Таблица 1. Полевая всхожесть и выживаемость мутантов М₁ люпина желтого

Образец	Вариант					
	контроль		250 Гр		500 Гр	
	полевая всхожесть, %	выживаемость, %	полевая всхожесть, %	выживаемость, %	полевая всхожесть, %	выживаемость, %
Еврантус	98,3	66,1	82,5	16,2	80,8	5,2
БГСХА 67	95,0	80,7	71,7	15,1	68,3	9,8
Владко	97,5	75,2	73,3	14,8	74,2	6,7
БГСХА 97	93,3	73,2	67,5	13,6	66,7	0,0
БГСХА 87	99,2	71,4	60,8	20,5	72,5	0,0
БГСХА 81	96,7	62,1	60,8	21,9	68,3	8,5
БГСХА 82	95,0	68,4	92,4	12,1	83,2	5,3
БГСХА 99	95,0	73,7	85,8	13,6	90,8	0,0
БГСХА 88	95,8	67,8	75,8	14,3	67,5	0,0
БГСХА 89	98,3	74,6	55,8	14,9	52,5	6,3
БГСХА 91	96,7	62,1	62,5	16,0	65,8	10,1
БГСХА 92	99,2	60,5	83,3	10,0	73,3	3,4
БГСХА 98	96,7	87,9	87,2	6,0	89,2	5,4
БГСХА 100	96,7	75,9	69,2	14,5	72,5	12,6
БГСХА 101	97,5	76,9	69,2	13,3	75,0	12,2
БГСХА 102	99,2	80,7	85,0	10,8	90,0	8,3
БГСХА 103	97,5	71,8	96,7	9,5	85,8	7,8
БГСХА 104	91,7	80,0	93,3	11,6	89,2	10,3
БГСХА 105	92,5	81,1	69,2	18,1	64,2	0,0
БГСХА 106	96,7	72,4	88,3	11,3	85,0	9,8
БГСХА 107	94,2	86,7	86,7	12,5	85,8	10,7
БГСХА 108	97,5	73,5	74,2	13,5	75,0	10,0
БГСХА 109	98,3	79,7	86,0	6,5	90,0	0,0
БГСХА 110	98,3	86,4	91,2	9,6	92,0	3,0
БГСХА 111	96,7	86,2	91,7	0,0	89,2	0,0
БГСХА 112	93,3	85,7	90,8	22,9	86,8	3,2
X min	91,7	60,5	55,8	0,0	52,5	0,0
X max	99,2	87,9	96,7	22,9	92,0	12,6

В поколении М₂ (табл. 2) влияние облучения оставалось заметным у всех исследованных образцов, однако проявилось оно по-разному. У многих образцов было заметно некоторое восстановление по высоте растений, однако значения большинства показателей, в том числе количество бобов и семян, оставались ниже контроля.

Нами были выделены образцы с оранжевой и белесой окраской цветка (рис. 1 и рис. 2).



Рис. 1. Образец с оранжевой окраской цветка



Рис. 2. Образец с белесой окраской цветка

Таблица 2. Структура урожайности образцов люпина желтого в питомнике мутантов (M₂)

Сортообразец	Вариант																	
	Контроль						250 гр						500 гр					
	высота, см		бобов на растении, шт.		семян на растении, шт.		высота, см		бобов на растении, шт.		семян на растении, шт.		высота, см		бобов на растении, шт.		семян на растении, шт.	
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %
Еврантус	58,2±0,7	5,8	12,0±0,6	23,6	46,3±2,4	26,4	58,0±0,7	7,6	7,6±0,3	21,7	19,2±1	33,1	54,3±1,5	8,9	6,6±0,5	23,9	17,8±2,9	50,8
БГСХА 67	43,7±1,2	13,8	13,8±1,1	38,8	47,0±3,7	39,7	54,0±0,3	6,9	7,0±0,4	32,8	17,7±1,2	38,6	54,4±2,4	14,0	6,4±0,7	32,3	18,2±2,7	46,2
Владко	53,2±0,8	7,9	11,5±0,7	29,0	42,1±2,6	30,4	54,4±0,2	6,2	5,3±0,9	56,3	12,6±1,9	47,6	56,5±1,5	8,4	5,0±0,6	37,7	10,6±1,4	40,3
БГСХА 97	49,4±1,0	9,7	14,0±0,7	23,2	51,6±2,6	24,7	51,3±0,2	7,1	7,3±0,7	28,2	16,7±2,0	38,5	–	–	–	–	–	–
БГСХА 87	49,1±1,1	11,5	9,6±0,5	23,9	29,8±1,6	26,7	51,3±0,4	9,2	6,6±0,3	33,3	14,2±0,7	37,2	–	–	–	–	–	–
БГСХА 81	57,6±1,0	8,3	13,2±0,7	28,5	47,9±2,3	24,3	54,5±0,3	8,4	6,3±0,4	42,4	15,0±1,3	55,5	58,5±0,9	4,9	7,8±0,6	24,0	16,9±1,6	29,6
БГСХА 82	49,9±1,1	11,0	10,3±0,6	30,9	32,0±1,6	25,0	49,8±0,2	5,8	6,8±0,5	44,1	17,8±1,3	46,3	51,2±0,9	5,3	7,3±0,7	31,7	16,1±1,7	33,1
БГСХА 99	50,9±1,0	9,5	11,2±0,9	41,3	36,0±2,8	38,3	50,0±0,5	12,1	7,4±0,4	30,9	18,3±1,3	37,7	–	–	–	–	–	–
БГСХА 88	56,8±0,9	7,8	14,2±0,6	21,6	51,4±2,0	19,4	52,5±0,2	5,5	5,9±0,5	38,9	14,0±1,9	60,6	–	–	–	–	–	–
БГСХА 89	56,4±0,9	8,3	16,5±0,9	27,4	57,3±3,5	30,3	50,3±0,4	9,8	6,2±0,7	49,3	14,0±2,0	63,3	38,8±2,2	12,4	5,4±1,3	54,9	11,8±2,2	42,1
БГСХА 91	55,2±0,8	7,0	15,4±0,7	23,3	56,1±2,5	22,3	54,9±0,2	4,8	7,1±0,6	49,5	17,2±1,8	55,8	48,8±0,9	8,0	7,1±0,7	42,1	13,8±1,4	47,0
БГСХА 92	53,3±1,1	10,1	12,8±0,6	22,2	46,6±2,2	24,0	52,6±0,4	8,9	7,7±0,9	52,1	15,5±2,1	61,2	54,4±1,1	6,6	6,0±0,7	35,1	11,9±1,2	32,5
БГСХА 98	55,4±0,6	5,0	12,6±0,4	17,1	43,6±1,5	17,3	48,1±0,4	11,3	7,1±0,4	32,6	17,0±1,1	37,0	48,1±0,1	6,9	7,1±0,5	46,7	17,9±0,3	34,4
БГСХА 100	57,3±0,8	7,1	12,0±0,6	25,1	43,9±2,3	25,8	48,2±0,7	18,9	6,0±0,5	39,0	14,0±1,7	53,7	53,6±2,0	14,8	10,3±0,9	33,3	23,7±2,5	42,2
БГСХА 101	52,4±1,0	9,9	12,0±0,6	24,3	44,9±2,2	24,4	57,6±0,2	7,7	7,9±0,8	32,9	17,6±2,5	45,2	59,0±0,5	2,9	9,4±1,1	38,3	20,2±2,2	34,9
БГСХА 102	63,6±1,0	7,6	15,8±0,8	25,8	60,8±3,2	26,3	58,4±0,1	4,7	10,2±1,2	37,5	24,6±3,6	46,6	63,0±1,0	5,0	10,0±0,7	23,6	26,4±1,9	22,2
БГСХА 103	63,8±1,2	9,7	16,5±0,9	27,2	57,4±3,4	30,0	60,4±0,2	5,1	8,0±0,8	30,6	19,4±2,9	47,4	64,3±1,4	6,8	9,8±0,8	24,9	17,4±1,7	31,5
БГСХА 104	57,4±0,9	7,5	16,6±1,0	29,8	56,9±3,4	30,3	60,4±0,2	6,3	9,6±0,8	25,1	18,4±2,0	33,8	56,0±0,8	4,5	8,7±0,8	29,2	18,9±2,3	37,8
БГСХА 105	65,9±0,8	5,8	17,5±0,8	21,8	62,8±3,0	24,2	64,8±0,2	7,3	7,9±0,6	35,1	16,7±2,0	52,4	–	–	–	–	–	–
БГСХА 106	64,2±0,7	5,6	15,4±1,1	35,5	55,9±4,1	36,8	63,8±0,3	7,3	9,3±0,6	29,3	22,4±2,1	42,4	61,0±1,0	5,1	7,3±0,8	35,4	13,4±1,6	37,1
БГСХА 107	66,1±0,9	6,8	17,6±1,0	28,1	64,7±3,4	26,4	58,9±0,2	7,0	7,0±0,5	35,0	16,5±1,5	40,6	55,1±1,5	12,0	5,4±0,8	65,9	11,4±1,8	69,2
БГСХА 108	57,3±0,8	6,6	12,3±0,5	18,7	46,7±1,7	18,7	54,0±0,3	6,4	6,6±0,5	38,9	14,5±1,1	42,8	55,0±1,2	6,9	7,6±0,8	34,1	17,7±2,2	39,9
БГСХА 109	59,8±0,9	7,4	11,0±0,4	16,0	39,4±1,6	20,1	51,0±0,3	11,1	5,8±0,4	34,0	15,6±0,8	29,4	–	–	–	–	–	–
БГСХА 110	57,0±1,0	9,2	13,5±0,8	27,8	43,5±2,1	24,6	50,0±0,4	9,3	5,8±0,4	36,9	15,3±1,2	42,1	52,3±1,2	12,7	5,0±0,4	44,6	14,1±1,2	46,7
БГСХА 111	61,8±1,0	8,3	14,1±0,9	30,2	53,4±3,2	29,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
БГСХА 112	59,1±0,7	6,3	13,8±0,6	22,2	46,8±2,0	21,4	58,6±0,3	7,1	7,0±0,3	29,0	19,0±1,1	40,8	52,3±1,2	9,4	8,6±0,4	35,1	18,8±0,9	38,1

Коэффициент вариации по признаку количество семян и количество бобов на растении превышал 20 %, что означает, что варьирование данных признаков сильное. Результаты проведенного опыта показали, что основные элементы структуры урожайности семян (число бобов и семян на растении) характеризуются высокой модификационной изменчивостью.

В питомнике мутантов (M_2) выполнены индивидуальные отборы лучших по продуктивности растений и растений, отличающихся от родительских форм по морфологическим признакам. Данный материал был размножен линейно с целью размножения и изучения в последующих поколениях.



Рис. 3. №107СП



Рис. 4. №365СП



Рис. 5. №230 СП



Рис. 6. №109 СП

В питомнике мутантов (M_3) были выделены образцы, отличающиеся по морфологическим признакам от родительских форм.

№ 107СП (рис. 3). Семена тёмно-серые, рисунок загущенный, к семядолям желто-коричневый, полулунный просвет хорошо выражен, окраска цветков жёлтая, кончик лодочки сине-черный. Стебель зеленый, хорошо облиственный. Бобы средней длины, нерастрескивающиеся. Тип ветвления симподиальный. Продолжительность вегетационного периода 100 дней. Индивидуальная продуктивность 5,7 г, масса 1000 семян 140 г.

№365 СП (рис. 4). Семена тёмно-серые, рисунок загущенный, полулунный просвет хорошо выражен, окраска цветков жёлтая, кончик лодочки сине-черный. Стебель зеленый, хорошо облиственный. Бобы средней длины, нерастрескивающиеся. Тип ветвления эпигональный, в пазухах листа завязывается не один, а два боба. Продолжительность вегетационного периода 100 дней. Индивидуальная продуктивность 5,2 г, масса 1000 семян 142 г.

№ 109 СП (рис. 5). Семена тёмно-серые, рисунок загущенный, к семядолям желто-коричневый, полулунный просвет хорошо выражен, окраска цветков жёлтая, кончик лодочки сине-черный. Стебель зеленый, хорошо облиственный. Бобы средней длины, нерастрескивающиеся. Тип ветвления эпигональный. Продолжительность вегетационного периода 92 дня. Индивидуальная продуктивность 4,5 г, масса 1000 семян 138 г.

№ 230 СП (рис. 6). Семена тёмно-серые, рисунок загущенный, полулунный просвет хорошо выражен, окраска цветков жёлтая, в пазухах листа образуются укороченные боковые кисти, которые созревают одновременно с центральной кистью, кончик лодочки сине-черный. Стебель зеленый, хорошо облиственный. Бобы средней длины, нерастрескивающиеся. Тип ветвления симподиальный. Продолжительность вегетационного периода 102 дня. Индивидуальная продуктивность 5,4 г, масса 1000 семян 136 г.

Заключение

Облучение семян влияет на элементы семенной продуктивности растений в поколениях M_1 и M_2 и наблюдается депрессия по основным хозяйственно-полезным признакам. Доза 250 Гр оказалась губительна для образца БГСХА 111, а доза 500 ± 75 Гр для 7 образцов БГСХА 97, БГСХА 87, БГСХА 88, БГСХА 99, БГСХА 105, БГСХА 109 и БГСХА 111. Вместе с тем нами была выделена форма с одновременным цветением главной и боковых кистей №230 СП, формы с завязыванием двух бобов в листовых пазухах №365 СП, формы с оранжевой и белесой окраской цветка, с новой окраской семян и симподиальным типом ветвления №107 СП, с новой окраской семян и эпигональным типом ветвления №109 СП. Данный материал был высеян линейно с целью дальнейшего исследования в последующих поколениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Равков, Е. В. Распространение антракноза и ориентировочные потери урожая люпина белого в питомнике исходного материала / Е. В. Равков, Ю. С. Малышкина, Р. Н. Ковтун // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 26–27 янв. 2022 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Мастеров А. С. [и др.]. – Горки, 2022. – С. 214–217.
2. Малышкина, Ю. С. Результаты оценки коллекции люпина узколистного на семенную продуктивность в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, П. С. Емельяничкова // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 26–27 янв. 2022 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Мастеров А. С. [и др.]. – Горки, 2022. – С. 149–154.
3. Новик, Н. В. Новые сорта и сортообразцы люпина желтого селекции ВНИИ люпина // Аграрная наука и развитие отраслей сельского хозяйства региона. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 100-летию института. Калуга, 2020. – С. 79–82.
4. Анохина, В. С. Люпин: селекция, генетика, эволюция / В. С. Анохина, Г. А. Дебелый, П. М. Конорев; рец.: Л. В. Хотылева, Л. Н. Каминская. – Минск: БГУ, 2012. – 197–201 с.
5. Бернацкая, М. Л., Шошина З. В., Иванченкова Т. И. Использование химических мутагенов в селекции люпина желтого // Ускорение научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе Брянской области: Тез. докл. науч.-практ. конференции. Брянск, 1992. – С. 134–138.
6. Дебелый, Г. А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ // Москва–Немчиновка, 2009. – 258 с.
7. Новик, Н. В. Создание исходного материала для селекции люпина желтого методом индуцированного мутагенеза / Н. В. Новик, И. А. Якуб, А. А. Степаненко, А. А. Лебедев // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: материалы Международ. науч.-практ. конф. 26–28 сентября, 2018. г. Обнинск. С. 94–98.