

УДК 633.367.1

## ПОЛУЧЕНИЕ МУТАНТОВ ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО С ИЗМЕНЕННЫМ АМИНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ БЕЛКА

**Н.В. НОВИК**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**А.А. СТЕПАНЕНКО**, младший научный сотрудник  
**Т.В. ЯГОВЕНКО**, кандидат биологических наук  
**А.А. ЛЕБЕДЕВ**, младший научный сотрудник

ФГБНУ ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФНЦ «ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА»

*Селекционное улучшение люпина желтого включает оптимизацию сбалансированности белка по аминокислотному составу. Для получения исходного материала использовался метод экспериментального мутагенеза. В качестве мутагенного фактора применялся препарат эсфон (этиленпродуцент на основе 2-хлорэтилфосфоновой кислоты). Результаты наблюдений в  $M_2$  позволили рассматривать 2-ХЭФК как действенный мутаген на люпине желтом. Получены мутантные формы с повышенной толерантностью к антракнозу и вирусным болезням, превосходящие в 6-м поколении исходную форму по концентрации в семенах белка и незаменимых аминокислот. В стрессовых условиях 2016 года селекционные номера, полученные на основе мутантных форм, сохранили высокий уровень белковости семян – 41-46% против 38% у контрольного варианта. У селекционных номеров выявлено существенное превышение над исходной формой по каждой из анализируемых аминокислот. Так, по содержанию лизина селекционный номер I 0,5% 35.1 превысил контроль в 1,8 раза, а по содержанию гистидина – в 3 раза. По метионину селекционный номер I 0,2% 9.1 превышал контроль в 2,9 раза. По содержанию аргинина, лизина, треонина, серина, аланина и глицина эти селекционные номера превосходят все имеющиеся в коллекции ВИРа образцы люпина жёлтого.*

**Ключевые слова:** люпин желтый, селекция, исходный материал, мутагенез, аминокислотный состав белка.

Семена люпина желтого представляют собой своеобразный белковый концентрат с высоким содержанием лизина, аргинина, глутаминовой и аспарагиновой кислот и суммы незаменимых аминокислот, но с большим дефицитом метионина, цистина и триптофана [1]. Поэтому одной из частных задач, стоящих перед селекционерами, является оптимизация сбалансированности белка по аминокислотному составу. Решение её осуществляется путем скрининга мирового генофонда с последующим вовлечением выделенных генетических источников в скрещивания, а также методом экспериментального мутагенеза. Достоинством последнего является то, что при его использовании возможно выделение гомозиготных константных форм уже во втором ( $M_2$ ) или в третьем поколении ( $M_3$ ), в то время как при гибридизации процесс выделения таких форм более длительный [2].

Метод индуцированного мутагенеза особенно эффективен в селекции зернобобовых культур на скороспелость, улучшенный химический состав, устойчивость к болезням, а также для усиления изменчивости количественных признаков в популяциях растений [3, 4]. Известно, что мутационные изменения признаков и свойств, имеющих хозяйственно ценное значение, явление относительно редкое, что объясняется очень высокой степенью надежности генома высших растений [5, 6]. Поэтому от объективной оценки мутационных популяций первого мутантного поколения ( $M_1$ ) зависит эффективность дальнейшей работы со вторым и последующими мутантными поколениями ( $M_2 \dots M_n$ ).

Большая часть экспериментально полученных мутантов относится к видимым или резким макромутантам. На практике используют классификацию мутаций по морфологическим признакам листа, цветка, боба, семени, всего растения и по

физиологическим признакам. Такого рода мутанты люпина желтого мы получаем большей частью при использовании физических мутагенных факторов, а именно – гамма-облучения [7]. Долгое время в исследованиях по индуцированному мутагенезу преобладало выделение и непосредственное использование макромутантов, однако предполагаемая возможность изменения отдельных отрицательных признаков у сортов без изменения других ценных признаков при работе с макромутантами не подтвердилась. Для большинства индуцированных макромутантов свойственны множественные изменения. Из видимых или резких мутантов лишь единичные по комплексу хозяйственно ценных признаков могут служить для выведения сортов, отвечающих требованиям производства, остальные представляют интерес как исходный материал для дальнейшей селекционной работы методами гибридизации и отбора [2].

Что касается микромутаций, то они имеют большое селекционное значение, поскольку, как правило, отражаются на признаках, важных в хозяйственном отношении. Этот вид мутаций в очень незначительной степени затрагивает различные признаки организмов. Морфологические и физиологические микромутации легко обнаруживаются лишь при линейном размножении материала в  $M_3$  и  $M_4$ . Однако, именно микромутации чаще затрагивают контролируемые полигенно количественные признаки. При этом величина фиксируемого в год отбора отклонения в выражении данного количественного признака при микромутациях не выходит за пределы модификационной изменчивости этого признака у исходной формы. Наследственный характер отклонения (т.е. наличие микромутации) устанавливается проверкой в ряду последовательных поколений [8].

В нашем случае при работе с химическим мутагеном 2-хлорэтилфосфоновой кислотой были выделены микромутации в  $M_3$ , достоверность наличия которых подтвердилась в последующих поколениях. В шестом поколении ( $M_6$ ), в экстремальных условиях для желтого люпина, у мутантов была обнаружена большая стрессоустойчивость, а также повышенное содержание отдельных незаменимых аминокислот в белке семян по отношению к исходной форме.

### **Материалы и методы исследований**

С 2011 г. нами начаты исследования по выявлению возможного мутагенного эффекта эсфона (2-ХЭФК) на люпине желтом. Мутагенное действие 2-ХЭФК было обнаружено в Кировском сельскохозяйственном институте Г.П. Дуниным и О.С. Кривошеиной. Ими получен ряд наследуемых мутаций на сорте ячменя белорусской селекции Зазерский 85. В 1997 г. это изобретение было защищено патентом РФ [9].

В качестве исходной формы был выбран сорт Новозыбковский 100, соавторами которого мы являемся.

На основании результатов лабораторного эксперимента для полевых испытаний были выбраны 3 концентрации эсфона – 0,2; 0,5; 1,0% растворы и 16-ти часовая экспозиция. Этот вариант в названии мутантных форм и селекционных номеров отмечен как I. Предварительно выдержанные в растворах эсфона семена вручную высевались в поле на однорядковых делянках площадью  $1\text{ м}^2$  в 20 кратной повторности. В каждом рядке размещалось по 50 семян (500000/га). Учеты в питомниках мутагенеза велись в соответствии с Методическими рекомендациями по использованию метода индуцированного мутагенеза в селекции зернобобовых культур [2]. Во время уборки подсчитывалось количество продуктивных растений, при камеральной оценке определялись выживаемость и сохранность, а также структура семенной продуктивности (количество бобов, семян в соцветии и бобе, их масса в соцветии и масса 1000 штук). Статистическая обработка данных выполнялась методом дисперсионного анализа по Доспехову [10].

Второй вариант опыта включал опрыскивание растений 0,2% и 0,5% растворами эсфона в начале фазы бутонизации (соответствует гаметогенезу). В названии мутантных форм и селекционных номеров отмечен как II.

Начиная с  $M_2$  в каждом из вариантов индивидуально отбирались отклоняющиеся, в основном по признакам продуктивности, растения. В результате из них были получены

селекционные номера. Каждый селекционный номер ежегодно разносторонне оценивался и размножался в системе селекционных питомников [11].

Почва опытных участков серая лесная легкосуглинистая, развивающаяся на лёссовидном карбонатном суглинке.

Метеорологические условия 2011-2016 гг. были довольно контрастными. Метеорологическая ситуация вегетационного периода 2016 года (год репродуцирования семян, подвергшихся качественному анализу белка) сложилась не самым благоприятным образом для люпина, так как отдельные фазы его развития проходили в экстремальных условиях. Так, во время фазы цветения отклонение от среднегодовой температуры воздуха составило +5,4°C, а осадков выпало всего лишь 15% от нормы. Цветение проходило при 30-ти градусных отметках дневных температур. Это послужило первой причиной снижения семенной продуктивности растений. Второй же причиной было массовое распространение вирусных болезней во всех селекционных питомниках.

Мониторинг алкалоидности селекционных номеров велся ежегодно в несколько этапов: метод оттиска черешков листьев на фильтровальной бумаге, пропитанной реактивом Драгендорфа в фазу бутонизации; метод определения алкалоидности семян окрашиванием их дерти в растворе Бухарда в двух концентрациях, позволяющих выделить без -, мало – и алкалоидные образцы; метод количественного определения алкалоидов по методике Ф.К. Терехова в модификации ВНИИ люпина [12].

Количественное содержание алкалоидов в семенах и зеленой массе и сырого протеина определено в лаборатории физиологии ВНИИ люпина, содержание аминокислот – в испытательной лаборатории Брянского ГАУ.

#### Результаты исследований

Замачивание семян в препарате эсфон отрицательно отразилось на полевой всхожести, её динамике (рис. 1), в целом на структуре посевов (рис. 2) и семенной продуктивности главного соцветия в М<sub>1</sub> (табл. 1) [13].

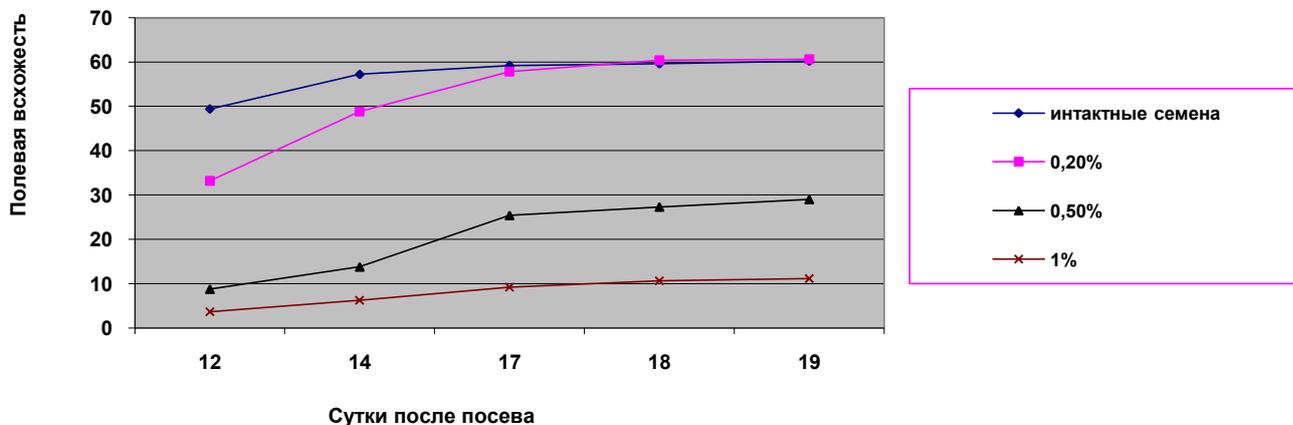


Рис. 1. Динамика полевой всхожести

Полевая всхожесть семян колебалась от 60,2 (контроль) до 11,2% (обработка 1% раствором). В зависимости от дозы обработки и из-за ливневых дождей, уплотнивших почву, всходы были запоздалыми и неровными. Так, только на 12-е сутки после посева в контрольном варианте появилось 82% всходов от полевой всхожести, а в варианте с обработкой семян 1% раствором эсфона – только 33%.

В течение вегетационного периода происходила элиминация растений как из-за поражения грибными и вирусными болезнями, так и в результате негативного воздействия этиленпродуцента эсфона. Поэтому стеблестой был изрежен, особенно в опытных вариантах, что наиболее чётко выражается в плотности посева перед уборкой, рассчитываемой как отношение количества сохранившихся растений к числу физически высеванных семян. С

каждым увеличением концентрации раствора этот показатель снижался от 48 (контрольный вариант) до 5,9% (замачивание семян в 1% растворе эсфона).

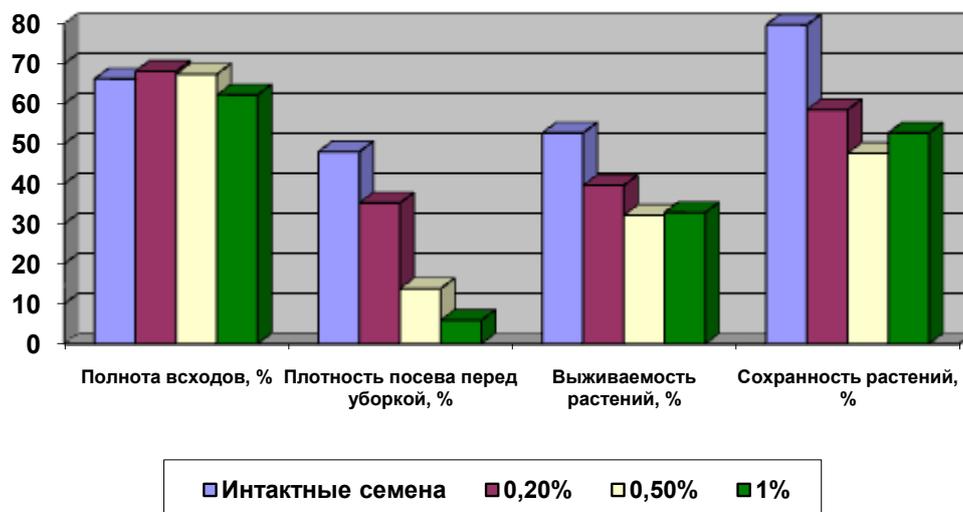


Рис. 2. Структура посевов

Обработка семян раствором эсфона минимальной концентрации (0,2%) в 1,7-1,8 раза по сравнению с контрольным вариантом обусловила снижение среднего количества бобов, семян, массы последних с одного главного соцветия (табл. 1). Расчётные показатели (осеменённость плода, масса 1000 семян) остались практически без изменений. Дальнейшее увеличение концентрации вызвало ещё более резкое снижение значений элементов семенной продуктивности за исключением массы 1000 семян. Замачивание семян в растворе эсфона максимальной концентрации (1%) обернулось снижением количества бобов главного соцветия в 4,4, семян – в 5,3 раза, их средней массы в 5,4 раза по сравнению с контрольным вариантом. Статистическая обработка выявила существенные различия в значениях количественных признаков.

Таблица 1

**Влияние обработки растворами эсфона на семенную продуктивность растений М<sub>1</sub> люпина жёлтого Новозыбковский 100**

Концентрация раствора эсфона, %	Среднее количество, шт.			Средняя масса семян, г	
	бобов в соцветии	семян в соцветии	семян в бобе	соцветия	1000 шт.
Дистиллированная вода	16,6	36,9	2,22	4,18	113,28
0,2	9,4	21,2	2,26	2,31	108,96
0,5	7,3	15,8	2,16	1,70	107,59
1,0	3,8	7,0	1,84	0,78	111,43
НСР <sub>05</sub>	3,4	9,1		0,88	

Всего с питомника было получено 953 семени.

В 2012 году в М<sub>2</sub> прослеживалось пролонгированное воздействие обработки семян эсфоном на морфологические признаки и резистентность к болезням растений люпина второго поколения (рис.3, 4).



*Рис. 3. Измененный под действием эсфона морфотип растения*



*Рис. 4. Хлорофильная мутация*

С увеличением концентрации препарата в  $M_2$  возрастала доля отклонений от исходной формы по окраске семядолей и стебля. По опушению последнего реакция была разнонаправленной. Было отмечено отсутствие поражения антракнозом на фоне естественного распространения болезни в вариантах с последствием эсфона в концентрациях 0,5 и 1,0%, а также значительное подавление вирусной инфекции. Последствие обработки семян эсфоном негативно отразилось на распределении долей элементов семенной продуктивности по отношению к исходной форме. С каждым увеличением доз уменьшалось относительное число семей с превышающим исходную форму средним количеством бобов, семян и их массы с растения [12]. Все растения, имеющие отклонения от исходной формы, убирались индивидуально.

Таким образом уже результаты наблюдений в  $M_2$  позволили рассматривать 2-ХЭФК как возможный мутаген и для зернобобовых культур.

В 2013 году в третьем поколении по варианту опыта с семенами, обработанными 1% раствором эсфона, было проанализировано 5 семей, 0,5% раствором – 9 семей и 0,2% раствором – 5 семей. По варианту опыта с обработкой вегетирующих растений теми же растворами проанализировано 8 семей. Всего в  $M_3$  изучалось 27 семей, а также 5 потомств продуктивных индивидуальных отборов. В качестве контроля (исходной формы) высевался сорт Новозыбковский 100. Всходы в питомнике  $M_3$  появились в срок, полевая всхожесть была на уровне контроля. По варианту опыта с замачиванием семян в эсфоне обнаружены семьи, отклоняющиеся от исходной формы по морфологическим признакам и резистентности растений к антракнозу и вирусным болезням (табл. 2).

В вариантах 0,2 и 0,5% выделены по одной семье со светло-жёлтой окраской венчика, в варианте 1% отобрано 6 растений одной семьи с лимонным венчиком. Выделены семьи с разной интенсивностью окраски листа. Их количество, так же как и по окраске венчика, не зависело от варианта. Размеры среднего листочка 5-го листа в фазу стеблевания в большинстве случаев отличались от исходной формы. Уменьшение размеров чаще встречалось в вариантах 0,5 и 1%, а их увеличение – в вариантах 0,2 и 0,5%. Большинство семей в питомнике превосходили исходную форму по высоте стебля, которая составляла в среднем 70-75 см, и 8 семей на 2-4 см были ниже. Стебель исходной формы достигал в среднем 67 см.

Поражённость антракнозом в потомствах третьего поколения была в целом выше по сравнению с исходной формой и по сравнению с  $M_2$ . В 16 из 19 семей доля поражённых растений превышала 18,7% в контроле.

**Отклоняющиеся от исходной формы семьи люпина желтого Новозыбковский 100 в М<sub>3</sub>**

Признаки, свойства	Варианты		
	0,2 %	0,5 %	1,0 %
Окраска венчика	1	1	1
Окраска листа	2	3	2
Размеры среднего листочка:			
превышают исходную форму	3	3	1
равны исходной форме	1	0	1
меньше исходной формы	1	6	3
Высота стебля:			
превышает исходную форму	3	6	1
равна исходной форме	0	1	0
меньше исходной формы	2	2	4
Поражённость антракнозом:			
превышает исходную форму	5	7	4
ниже исходной формы	0	2	1
Поражённость вирусными болезнями:			
превышает исходную форму	0	1	0
равна исходной форме	0	1	1
ниже исходной формы	5	7	4

Семьи из вариантов 0,5 и 1%, не поражавшиеся антракнозом в 2012 году, в условиях 2013 года поражаются сильнее исходной формы. Однако у двух семей из варианта 0,5% и одной из варианта 1% доля поражённых растений была существенно ниже контроля – 7,3; 7,8; 9,6%. Подавление вирусной инфекции отмечалось во всех вариантах опыта, что повторило тенденцию 2012 года.

К уборке сохранились и были популяционно убраны лишь 12 семей. Выбракованы по причине гибели от антракноза 2 семьи из варианта 0,2% и 4 семьи из варианта 0,5%. По причине 100% поражения вирусами в варианте 0,5% выбракована ещё 1 семья. Только в варианте 1% сохранились и были убраны популяционно все изучавшиеся семьи. Проведён структурный анализ их семенной продуктивности по снопу из 25 растений (табл. 3).

Таблица 3

**Семенная продуктивность семей из М<sub>3</sub>, 2013 г.**

№ п/п	Семья	Количество на главном соцветии, шт.			Масса семян, г	
		бобов	семян	семян в бобе	соцветия	1000 шт.
1	Новозыбковский 100 - К	8,1	27,6	3,4	3,06	110,6
2	М <sub>3</sub> I 1% 46.1	13,8	49,4	3,6	6,20	124,6
3	М <sub>3</sub> I 1% 46.2	6,6	19,4	2,9	2,51	126,8
4	М <sub>3</sub> I 1% 46.3	10,4	22,8	2,2	3,22	138,1
5	М <sub>3</sub> I 1% 47.2	9,2	28,4	3,1	3,31	116,1
6	М <sub>3</sub> I 1% 47.3	6,1	21,9	3,6	2,24	99,3
7	М <sub>3</sub> I 0,5% 35.1	7,9	25,3	3,2	2,76	109,1
8	М <sub>3</sub> I 0,5% 35.2	7,3	18,8	2,6	1,90	100,8
9	М <sub>3</sub> I 0,5% 37.1	7,3	23,6	3,2	2,50	103,4
10	М <sub>3</sub> I 0,5% 39-41	7,9	18,1	2,3	2,41	131,0
11	М <sub>3</sub> I 0,2% 4.1	7,1	16,2	2,3	1,92	118,8
12	М <sub>3</sub> I 0,2% 9.1	7,5	16,4	2,2	2,00	120,5
13	М <sub>3</sub> I 0,2% 11.1	6,7	16,0	2,4	2,13	130,8
	НСР <sub>05</sub>	2,6	6,8		0,72	

В целом по питомнику в большинстве семей растения сформировали бобов и семян на уровне исходной формы, но масса 1000 семян в 8-ми семьях была выше. Однако одна семья – М<sub>3</sub> I 1% 46.1 – из варианта обработки семян 1% раствором эфсона превзошла по всем элементам продуктивности контроль. По количеству бобов, семян и массе семян превышения составляли 170, 179 и 203% от контроля соответственно.

В третьем поколении было выполнено 14 индивидуальных отборов по признакам продуктивности, резистентности к болезням и морфологическим отклонениям, 10 из них прошли камеральную оценку и браковку.

В питомнике мутантов 4-го поколения продолжалось изучение семей и потомств индивидуальных отборов 2013 года. Тенденция низкой урожайности повторилась у всех семей и в 4-м поколении (табл. 4).

Таблица 4

**Характеристика семей из М<sub>4</sub>, 2014 г.**

№ п/п	Семья	Степень поражения антракнозом, %		Урожай семян с м <sup>2</sup> , г	Масса 1000 семян, г	Сырой протеин в семенах, %
		стебель	бобы			
1	Новозыбковский 100 - К	41,8	46,6	175,9	104	40,16
2	М <sub>4</sub> I 1% 46.1	30,0	19,6	126,7	111	40,37
3	М <sub>4</sub> I 1% 46.2	25,0	26,5	84,7	110	-
4	М <sub>4</sub> I 1% 46.3	63,3	26,7	78,9	114	-
5	М <sub>4</sub> I 1% 47.2	43,3	24,7	78,5	113	41,78
6	М <sub>4</sub> I 1% 47.3	35,0	19,4	94,2	106	-
7	М <sub>4</sub> I 0,5% 35.1	36,7	20,7	132,4	108	41,64
8	М <sub>4</sub> I 0,5% 35.2	56,7	22,5	78,2	109	-
9	М <sub>4</sub> I 0,5% 37.1	38,3	19,7	68,4	110	43,01
10	М <sub>4</sub> I 0,5% 39-41	28,3	26,0	134,3	111	41,04
11	М <sub>4</sub> I 0,2% 4.1	51,7	23,3	88,5	112	-
12	М <sub>4</sub> I 0,2% 9.1	41,7	17,7	112,6	118	41,78
13	М <sub>4</sub> I 0,2% 41.1	31,7	19,0	105,3	98	-
14	М <sub>4</sub> II 0,2 % 50.1	26,7	19,6	94,5	102	-
15	М <sub>4</sub> II 0,2 % 53.1	46,7	28,4	80,3	110	-
16	М <sub>4</sub> II 0,5 % 54,2	38,3	31,2	85,4	108	-
17	М <sub>4</sub> II 51,2	28,3	24,8	97,4	113	-
	НСР <sub>05</sub>			28,6		

Параллельно эти же семьи испытывались на антракнозном инфекционном фоне, где 5 из них охарактеризованы как устойчивые и 8 – как среднеустойчивые к данному заболеванию (табл. 4). Две семьи с фона были убраны популяционно – I 0,5% 35.1 и II 0,2% 53.1. Все семьи показали низкую алкалоидность (0,04-0,05%) и хорошую белковость семян (от 40 до 42% белка). В 2014 году впервые была отмечена тенденция превышения мутантных форм над контрольным вариантом по содержанию белка в семенах. Превышение составляло от 1,5 до 2,8%. Максимальное содержание сырого протеина в семенах – 43,01 % наблюдалось в варианте I с 0,5% концентрацией эфсона -М<sub>4</sub> I 0,5% 37.1. Из питомника было индивидуально отобрано 174 растения с изменённым морфотипом и высокой продуктивностью.

На основании результатов 2014 года, а также, исходя из достаточного количества семян из выше названных мутантных форм были сформированы селекционные номера, которые высевались в 2015 году в селекционном питомнике 2-го года. Это был сеялочный посев (сеялка СКС-6-10) с размером учетной площади делянок 4 м<sup>2</sup>. Эти же семьи испытывались на антракнозном инфекционном фоне, где селекционные номера II 0,5% 54.2; I 1% 46,1; I 0,5% 37,1; I 0,5% 35,1 повторили хорошие результаты испытаний прежнего года (табл. 5).

**Степень устойчивости к антракнозу на инфекционном фоне у некоторых образцов люпина жёлтого в М<sub>5</sub>, 2015 г.**

№ п/п	Наименование образца	Степень поражения, %		Балл устойчивости *	Степень устойчивости *
		стебли	бобы		
1	Исходная форма	25,4	35,2	7/7	У/У
2	II 0,5 % 54,2**	15,0	46,3	8/5	ВУ/СУ
3	II 0,2 % 50,1**	25,0	31,6	7/7	У/У
4	II 0,2 % 50,2	26,7	24,8	7/8	У/ВУ
5	I 1 % 47,2**	16,7	26,7	7/7	У/У
6	I 1 % 46,1**	10,0	15,5	8/8	ВУ/ВУ
7	I 1 % 46,3	30,0	21,7	7/8	У/ВУ
8	I 0,5 % 37,1**	15,6	17,1	7/8	У/ВУ
9	I 0,5 % 35,1**	45,0	25,1	5/8	СУ/ВУ
10	I 0,5 % 35,2	26,7	18,1	7/8	У/ВУ

\* – ВУ – высокоустойчивый, У – устойчивый, СУ – среднеустойчивый, В – восприимчивый.

– числитель – по стеблю; знаменатель – по бобам.

\*\* – образцы, повторившие степень устойчивости за 2 года испытаний на АИФ

По уровню урожайности среди мутантных форм был выделен низкорослый мелкосемянный образец 12-М<sub>2</sub> I 1%, представляющий собой потомство отбора 2012 года, урожайность которого составила 2,1 ц/га и была на уровне Новозыбковского 100.

В 2016 году селекционные номера высевались в контрольном питомнике в 2-х и 3-х кратном повторениях в зависимости от наличия посевного материала. Как упоминалось выше (см. Методика), год выдался не самым благоприятным и по метеоусловиям, и в связи с эпифитотией вирусных болезней. Урожайность семян была низкой как у сортов, так и у селекционных номеров - на уровне 7,5-13 ц/га, а содержание сырого протеина в семенах снизилось среди сортов до 37%. Так, у сорта Новозыбковский 100 содержание сырого протеина в семенах по годам составляет от 40,2 до 46,4%, но в 2016 году этот показатель снизился рекордно – до 38,4%. Однако, в таких экстремальных условиях у селекционных номеров, полученных на основе мутантных форм, была выявлена стрессоустойчивость, которая проявилась в уровне содержания протеина в семенах по отношению к контролю (исходной форме), а также в несколько меньшем снижении урожайности (табл. 6).

Таблица 6

**Содержание сырого протеина и отдельных аминокислот в семенах мутантов люпина желтого сорта Новозыбковский 100, % в сухом веществе**

Аминокислоты	Контроль	с.н. I 0,2% 9.1	с.н. I 0,5% 39.1	с.н. I 0,5% 35.1
Сырой протеин	38,40	41,30	40,86	45,84
Аргинин	5,30	7,14	8,79	8,54
Лизин	1,81	3,11	3,08	3,25
Тирозин	0,95	1,28	1,38	1,71
Фенилаланин	1,26	1,96	1,98	2,15
Гистидин	0,52	1,47	1,42	1,58
Лейцин и изолейцин	4,39	6,23	7,06	6,87
Метионин	0,08	0,23	0,12	0,13
Валин	1,06	1,80	1,82	1,79
Пролин	1,52	2,02	2,07	2,31
Треонин	1,73	2,25	2,44	2,57
Серин	2,02	3,06	3,31	3,31
Аланин	1,26	1,85	2,19	2,27
Глицин	1,53	2,59	2,30	2,44
Сумма аминокислот	23,44	34,99	37,96	38,92

Так, содержание сырого протеина в семенах снизилось, по сравнению с 2015 годом, у сорта Новозыбковский 100 на 8 %, а у селекционных номеров от 2,9 до 3,6%. Урожайность у сорта Новозыбковский 100 по отношению к таковой в 2015 году снизилась на 62%, а у описываемых селекционных номеров – от 28 до 43%.

Накопленные научные сведения об изменчивости общего содержания белка и его составных частей указывают на необходимость оценки селекционного материала не только по содержанию белка, но и по его качеству. В противном случае отбор только по содержанию белка может привести к нежелательному и даже резкому ухудшению его питательных свойств. Улучшение его качества осуществимо, в том числе через увеличение содержания наиболее ценных незаменимых аминокислот. Семена вышеназванных селекционных номеров были проанализированы по аминокислотному составу (табл. 6). В результате выявлена закономерность существенного превышения у всех селекционных номеров по каждой из аминокислот над исходной формой. Так, по содержанию лизина селекционный номер I 0,5% 35.1 превысил контроль в 1,8 раза, а по содержанию гистидина – в 3 раза. По метионину селекционный номер I 0,2% 9.1 превышал контроль в 2,9 раза. Более того, по содержанию аргинина, лизина, треонина, серина, аланина и глицина эти селекционные номера превосходят все имеющиеся в коллекции ВИРа образцы люпина желтого [14].

Таким образом, многолетняя работа с люпином желтым по индуцированному мутагенезу с использованием эсфона в качестве мутагенного фактора привела к созданию селекционных номеров с улучшенным аминокислотным составом белка семян, стрессоустойчивых, более толерантных к антракнозу и вирусным болезням. Новый исходный материал послужит основой для создания сортов адаптивных, продуктивных, с улучшенным качеством продукции.

#### Литература

1. Бернацкая М.Л., Шошина З.В., Иванченкова Т.И. Аминокислотный состав суммарного белка семян люпина желтого и пути его улучшения // Ускорение научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе Брянской области: тезисы докладов науч.-практ. конф. – Брянск, – 1992. – С. 136-138.
2. Дебелый Г.А., Бережной П.П. Методические рекомендации по использованию метода индуцированного мутагенеза в селекции зернобобовых культур. – М., ВАСХНИЛ, – 1983. – 19 с.
3. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ. Значение, селекция, использование, смешанные посевы. – Москва – Немчиновка, НИИСХ ЦРНЗ, – 2009. – С.204-216.
4. Селекция зернобобовых культур / Н.М. Чекалин, Н.И. Корсаков, М.Д. Варлахов, С.Н. Агаркова, А.А. Голубев, А.И. Кудрин, А.П. Лаханов; под ред. акад. А.В. Пухальского – М.: Колос, 1981. – С.60-81.
5. Митрофанов Ю.А., Олимпиаенко Г.С. Индуцированный мутационный процесс у эукариот. – М.: Наука, – 1980. – 264 с.
6. Сарапульцев Б.И., Гераськин С.А. Генетическая природа феномена устойчивости клетки // Радиобиология. – 1991. – Т. 31, В. 4. – С. 543-545.
7. Новик Н.В., Якуб И.А., Степаненко А.А., Лебедев А.А. Создание исходного материала для селекции люпина желтого методом индуцированного мутагенеза // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сб. докладов междунар. науч.-практ. конференции / Обнинск, – 2018. – С.94-97.
8. Г.В. Гуляев, В.В. Мальченко Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции, семеноводству и семеноведению – М.: Россельхозиздат, – 1975. – С. 97-103.
9. Патент РФ № 94015633 / 13, 20.10.1997.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
11. Лихачев Б.С., Саввичева И.К., Новик Н.В. Схема единого селекционно-семеноводческого процесса на примере люпина жёлтого // Вестник РАСХН. - 2011. - № 5. – С.30-32.
12. Артюхов А.И., Яговенко Т.В., Афонина Е.В., Трошина Л.В. Количественное определение алкалоидов в люпине /Методические рекомендации – Брянск: Читай-город, – 2012. – 16 с.
13. Новик Н.В., Захарова М.И., Лебедев А.А. Действие эсфона на люпин желтый // Вестник БГСХА. -- 2013. – № 1. – С.34-37.
14. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 511. Люпин желтый (Характеристика образцов по аминокислотному составу суммарного белка семян). – Ленинград, – 1990. – 25 с.

**DEVELOPMENT OF YELLOW LUPIN MUTANTS WITH CHANGED AMINO ACIDS' COMPOSITION OF PROTEIN**

**N.V. Novik, A.A. Stepanenko, T.V. Yagovenko, A.A. Lebedev**

ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGGY

**Abstract:** *Breeding improvement of yellow lupin includes optimization of balanced protein on amino acid composition. Method of experimental mutagenesis was used to produce initial material. Esphone (ethylene-producer on the base of 2- chloroethylphosphonic acid) was used as mutagenic factor. Test results of M<sub>2</sub> allowed consider 2-ChEPhA as effective mutagen for yellow lupin. Mutant lines with increased resistance to anthracnose and virus diseases have been developed. In the F<sub>6</sub> they exceeded an initial line in protein and amino acid concentration in seeds. Under the extreme conditions 2016 breeding lines developed of mutant forms hold high protein level in seeds – 41-46% compared to the standard line (38%). The breeding lines have significant excess in each of the analyzed amino acid compared to the initial one. So SN I 0,5% 35,1 increased the standard on lysine content in 1,8 times and on histidine one – in 3 times. SN I 0,2% 9,1 increased the standard on methionine in 2,9 times. These breeding lines surpass all of the yellow lupin lines from VIR collection on the content of arginine, lysine, threonine, serine, alanine and glycine.*

**Keywords:** yellow lupin, breeding, initial material, mutagenesis, amino acids' composition, protein.

**DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11072**

**УДК 635.655:631.5**

**ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ООО «ДУБОВИЦКОЕ» ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**\*П.Н. МАТВЕЙЧУК**, аспирант, агроном

**Н.Н. ЛЫСЕНКО**, доктор сельскохозяйственных наук

**Е.Г. ПРУДНИКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

\*ООО «ДУБОВИЦКОЕ» ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

E-mail: lysenko\_nik@mail.ru

*В ООО «Дубовицкое» Орловской области в качестве основных средств эффективного управления ростовыми процессами растений сои с целью получения стабильного высокого и качественного урожая использовали систему, ключевыми моментами которой являлись: использование надежных сортов, адаптированных к местным условиям: Ланцетная, Свапа, Мезенка, Зуша. Дробное внесение фосфорных и калийных удобрений: осенью под основную обработку почвы и весной под культивацию. Азотные удобрения вносились весной. Инокулянт Ризоформ использовали совместно со стабилизатором-прилипателем Статик заблаговременно за 5-15 дней до посева. Одновременно применили биостимулятор Биостим Старт, который на ранних этапах развития сои стимулирует обменные процессы и защищает растения от стрессов. Некорневая подкормка комплексными микроудобрениями Ультрамаг Комби для бобовых, Ультрамаг Бор, Ультрамаг Молибден дает возможность сбалансировать минеральное питание. Биостимулятор Биостим Масличный восстанавливает продуктивность в постстрессовый период. Система защитных мероприятий включала, кроме агротехники, применение комплекса препаратов в основные*