

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОДОВ, СЕМЯН И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*) С ДЕТЕРМИНАНТНЫМ ТИПОМ РОСТА

Г.Г. ГАТАУЛИНА, А.В. ШИТИКОВА, Н.В. МЕДВЕДЕВА

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Многолетние исследования были проведены в условиях северной части Центрально-Черноземного региона на экспериментальной базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Мичуринский район Тамбовской области), на выщелоченных черноземных почвах. В рамках селекционной программы по созданию сортов белого люпина (*Lupinus albus L.*) с детерминантным типом роста была проведена оценка степени влияния стрессовых факторов, связанных с влиянием погодных условий на динамические параметры и семенную продуктивность сортов люпина белого селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Старт, Гамма, Дельта, Дега, Детер 1). В исследованиях 2021–2022 гг. у новых сортов люпина белого Тимирязевский и Гана отмечен высокий уровень адаптационного потенциала к дефициту влаги (засуха) и тепловому стрессу: в среднем за 2 года исследований урожайность составила 540 г/м² (сорт Тимирязевский) и 516 г/м² (сорт Гана).

Ключевые слова: *Lupinus albus L.*, сорта, варибельность, урожайность, динамические параметры формирования урожая, стресс-факторы.

Введение

Белый люпин (*Lupinus albus L.*) как альтернатива сое в мировой практике достаточно широко освещается в многочисленных источниках литературы. Естественно, что истоки этого направления в проведенных исследованиях обращены прежде всего к характеристике этого вида в сравнении с другими видами рода *Lupinus spp* средиземноморского происхождения [1, 3, 5]. В ряде научных публикаций подчеркивается, что зерно люпина белого использовали в пищу и в качестве корма для скота в древние времена после удаления алкалоидов путем вымачивания в проточной воде.

Белый люпин (общее название *Lupinus albus L.*) является видом рода *Lupinus*, трибы *Genisteae*, семейства *Fabaceae*. Это однолетнее растение, которое может достигать высоты примерно 120 см, с прочным стеблем и корневой системой, проникающей в почву на глубину 1,5 м. Листья очередные, с 5–9 листочками. Отдельные растения последовательно образуют ветви (боковые побеги) нескольких порядков, заканчивающиеся соцветием. Цветки могут быть различной окраски: от белого до синего цвета с разными оттенками; семена крупные, кремового цвета, круглой приплюснутой формы, масса 1000 семян составляет 300–450 г.

Благодаря азотфиксации получение высокого урожая семян и белка возможно без внесения азотных удобрений [2–4]. Содержание алкалоидов в зерне люпина белого варьируется в зависимости от сорта, типа почвы и периода вегетации. В люпине меньше антипитательных факторов, чем в соевых бобах. Зерно люпина в отличие от сои не нуждается в термической обработке, поскольку ингибиторы трипсина практически отсутствуют (варьируется от 0,1 до 0,2 мг/г) [3, 5, 7]. Содержание белка в семенах белого люпина колеблется от 33 до 47% в зависимости от генотипа и условий произрастания.

В отличие от злаков белки люпина содержат большое количество лизина и низкое количество серосодержащих аминокислот [6]. Содержание масла варьируется

от 9 до 12% при высокой концентрации полиненасыщенных жирных кислот. Среди ненасыщенных жирных кислот преобладающими являются олеиновая, линолевая, альфа-линоленовая кислоты. Низкое содержание насыщенных жирных кислот и высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в рационе считаются полезными для здоровья. Особенно соотношение между жирными кислотами омега-6 и омега-3 является важным фактором, определяющим профилактику ряда метаболических заболеваний включая ишемическую болезнь сердца.

Семена белого люпина являются богатым источником макро- и микроэлементов. Их общее содержание составляет 30–40 мг/кг: кальций – от 2,1 до 4,7 г/кг; фосфор – от 4,3 до 7,2 г/кг; магний – от 1,2 до 2,2 г/кг; калий – от 8,6 до 11,1 г/кг; натрий – от 0,1 до 0,2 г/кг. Семена люпина содержат витамины – такие, как тиамин, ниацин, рибофлавин и токоферолы, а также каротиноиды. По мнению некоторых авторов, потребление 100 г семян люпина способно удовлетворить потребности примерно на 50% в тиаминах (В1), на 30% в ниацине (В3) и на 20% в рибофлавине (В2) при рационе в 2000 ккал в день [9, 10, 14].

Зерно люпина содержит алкалоиды, относящиеся к семейству хинолизидинов: в основном спартеин и люпанин, придающие зерну горький вкус. Присутствие алкалоидов является нетоксичным при низких концентрациях, современные сорта содержат 0,04–0,05% алкалоидов. Поскольку большинство алкалоидов люпина растворимы в воде, их содержание в зерне можно снижать путем предварительной обработки.

В настоящее время зерно белого люпина находит применение в комбикормовой промышленности как высокобелковый компонент кормов. Муку люпина можно использовать в производстве различных ферментированных продуктов, макарон, чипсов, хлеба и эмульгированных мясных продуктов для повышения питательной ценности, а также для изменения текстуры. Люпин белый используется в качестве полной или частичной замены соевых бобов при производстве тофу, для получения белкового изолята [13, 14, 17].

В дополнение к питательной ценности в кормлении животных люпин является хорошим предшественником для многих культур севооборота, в том числе при производстве органической продукции [10, 12, 16].

Интерес к производству люпина белого в последнее время растет ввиду его потенциала в качестве источника белка, его потенциальных фармацевтических целей и того факта, что современные сорта этого вида можно выращивать в широком диапазоне климатических условий, а также ввиду содержания алкалоидов, которые могут действовать как природный пестицид для самого растения несмотря на токсичность [14, 17].

Нестабильность урожайности зернобобовых культур во всех странах в значительной мере связана с действием неблагоприятных погодных условий в течение вегетации.

Цель исследований: изучение изменчивости продукционных этапов развития растений на основе динамических параметров *Lupinus albus* L., определение вклада отдельных этапов органогенеза в течение вегетационного периода, урожайных свойств, зависимости уровня урожайности от климатических факторов в условиях изменения климата для Центрально-Черноземного региона РФ.

В схему опыта были включены разные типы сортов люпина белого, существенно различающиеся по морфоархитектонике растений: побегообразование, динамика роста, этапы органогенеза и их продолжительность.

Материал и методы исследований

Полевые опыты проводились на экспериментальной базе учхоза имени М.И. Калинина Мичуринского района Тамбовской области. Почва –выщелоченный чернозем средней мощности, рН_{сол.} – 5,7–5,9. Содержание в почве Р₂О₅ составляло

94–98 мг, K_2O – 210–220 мг в 1 кг почвы. Площадь опытной делянки – 25 м², в четырех повторениях. Срок посева – оптимально ранний (третья декада апреля). Способ посева – широкорядный с междурядьями 45 см и нормой высева 500 тыс/га всхожих семян (50 семян/м²). Азотофиксирующая способность растений обеспечивает получение устойчивых урожаев культуры без внесения удобрений. Элементы продуктивности на главном и боковых побегах растений представлены, как и урожайность, в расчете на единицу площади.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel. Вариабельность показателей формирования урожая оценивали по коэффициенту вариации – V%. Коэффициент вариации определяли как отношение, выраженное в процентах, среднеквадратического отклонения (в статье – сигма) к средней оцениваемого показателя.

Результаты и их обсуждение

По происхождению белый люпин относится к позднеспелым видам, которые раньше в условиях северной части Центрально-Черноземного региона России не созревали. Интродукция белого люпина в этот регион стала возможной благодаря селекционной работе ученых РГАУ-МСХА, в результате многолетних экспериментов которых были получены первые экспериментальные образцы растений с детерминантным типом роста. Они послужили основой создания нового уникального исходного материала для начала селекции новых сортов *Lupinus albus* L., вызревающих в условиях Центрального Черноземья. Так появились новые сорта *Lupinus albus* L.: Старт, Мановицкий, Гамма, Дельта, Дега, Детер 1. Новым этапом в научных исследованиях явилась разработка теоретических основ формирования урожая, присущих биологии культур для семейства Бобовые.

Биологически обоснованные периоды формирования урожая у люпина белого и других зернобобовых культур были научно обоснованы после многолетних опытов с люпином, когда детально были изучены особенности роста и развития биотипов этого вида. Исследования были посвящены последовательному выявлению тех особенностей фотосинтеза посева и формирования элементов продуктивности в предшествующий период, которые обуславливают существенное изменение состояния посева в последующий период, и в конечном счете – изменение урожайности и накопление протеина. Подобное структурное построение динамической системы оказалось вполне обоснованным и для других зернобобовых культур.

Для всех культур характерны 2 периода в развитии, когда фотосинтез отсутствует: начальный период – от посева до появления всходов; конечный – период созревания, когда на растениях отсутствуют листья и другие зеленые части растений.

В течение вегетации от всходов до начала созревания, когда посев функционирует как фотосинтезирующая система, выделяются 4 периода:

I – от всходов до начала цветения (до раскрытия первого цветка на растении);

II – цветение и образование плодов (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения);

III – рост плодов (в конце периода плоды на боковых побегах или верхних ярусах растения достигают максимальных размеров, створки плодов – максимальной массы, отмечается фаза выполненных или блестящих бобов);

IV – налив семян (ассимиляты и питательные вещества из створок плодов и других органов оттекают в семена; в конце периода сухая масса семян является максимальной, влажность семян – высокой).

Созревание семян – завершающий период их развития. В этот период семена и створки плодов теряют влагу. Скорость созревания, характеризующаяся интенсивностью снижения влажности семян и створок плодов, зависит от погодных условий.

Изучаемые сорта разнотипны в соответствии с архитектурой растений: по степени ветвления, способности формировать побеги разных порядков, продолжительности вегетации. Сорта адаптированы к условиям региона, устойчиво созревают, урожайность зерна составляет 3–5 т/га. В условиях достаточной влагообеспеченности периода роста отмечалось наиболее полное проявление сортовых признаков, особенно в части ветвления стебля и побегообразования (табл. 1).

Детерминантные сорта белого люпина по сравнению с индетерминантными характеризуются отсутствием или низким количеством боковых побегов, ранним созреванием, более низким выходом биомассы. Однако урожай семян у таких сортов почти полностью зависит от главного стебля, в то время как у индетерминантных сортов вклад главного стебля в формирование урожайности изменяется от 40 до 65% в зависимости от густоты растений.

Вариабельность продолжительности вегетации «Всходы-созревание» и отдельных периодов в разные по метеорологическим условиям годы позволяет оценить возможности и риски при возделывании этой культуры. Вегетационный период (от всходов до созревания) в условиях северной части Центрального Черноземья варьировал в зависимости от сорта и метеорологических условий года от 73 до 115 дней (табл. 2).

Вегетационный период (от всходов до созревания) наиболее ускоренным был в засушливые годы: 90...94 дня (2007 г.); 73...78 дней (2010 г.). При этом наиболее скороспелым в условиях дефицита влаги был сорт Детер 1, который не образует боковых побегов: 90 дней (2007 г.); 73 дня (2010 г.) В среднем за 9 лет исследований в засушливых условиях все изучаемые сорта развивались по типу скороспелых, отмечено существенное сокращение вегетационного периода в среднем на 37 дней.

В 2009, 2011 и 2012 гг. отмечались засушливые условия и повышенная температура в отдельные периоды второй половины вегетации, после завершения цветения (табл. 3).

Сорта Старт, Гамма, Дельта и Дега в эти годы созревали одновременно. Вегетационный период этих сортов был на 12–15 дней короче, чем в 2008 г. Сортная вариабельность продолжительности периода «Всходы-созревание», оцениваемая по коэффициенту вариации, в 3 раза меньше, чем под влиянием погодных условий в разные годы. При отборе перспективных генотипов по проанализированным показателям учитывали основные тенденции в селекции люпина, в первую очередь – генотипы с коротким вегетационным периодом, что является важным критерием для формирования продуктивности растений. Структурные элементы, определяющие уровень урожайности, их изменчивость в зависимости от генотипа и условия произрастания растений связаны с потенциалом сорта и степенью его адаптации к меняющимся условиям.

Таблица 1

Типы сортов в зависимости от архитектуры растений

Сорта	Архитектура растений
Детер 1 (I тип)	Нет боковых побегов, на главном побеге происходит образование бобов
Старт, Гамма (II тип)	Побеги первого порядка укороченные, образование бобов на главном и укороченных побегах
Дега, Дельта (III тип)	Боковые побеги первого и второго порядков длинные

Таблица 2

Продолжительность вегетации сортов *Lupinus albus* L., дней

№	Год	Сорт					Средняя	σ^*	V%
		Старт	Гамма	Дельта	Дера	Детер 1			
1	2007	94	94	94	94	90	93	1,60	1,7
2	2008	114	114	115	114	105	112	3,72	3,3
3	2009	103	102	105	102	97	102	2,64	2,6
4	2010	77	77	78	77	73	76	1,74	2,3
5	2011	90	98	98	98	93	95	3,32	3,5
6	2012	102	102	103	102	96	101	2,53	2,5
7	2013	102	102	104	103	96	101	2,80	2,8
8	2014	102	102	102	102	96	101	2,40	2,4
9	2015	112	111	114	114	100	110	5,23	4,7
Средняя		100	100	101	101	94	99	2,66	2,7
σ		10,7	10,0	10,4	10,4	8,4			
V%		10,7	10,0	10,3	10,4	8,9			

*Сигма (σ) в таблицах – стандартное отклонение; V% – коэффициент вариации.

Таблица 3

Показатель гидротермического коэффициента в годы исследований (Тамбовская область, Мичуринский район)

Среднее значение	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0,80	0,38	0,71	0,79	0,30	1,05	1,02	0,55	0,42	0,94

Дефицит воды у *Lupinus albus* L. вызывает тканеспецифические реакции, которые зависят от интенсивности стресса. Углеводный обмен весьма чувствителен к изменениям водного статуса растения. Специфические реакции растений на дефицит воды зависят от количества и скорости потери воды, продолжительности стресса и стадии развития растения. Физиологические изменения, вызванные водным стрессом, подтверждают роль стебля люпина в адаптации растений как органа, запасющего влагу.

Различия в архитектонике растений определяли не только величину продуктивности и ее стабильность в годы исследований, но и продолжительность вегетационного периода. Различия между изучаемыми сортами наблюдались после стадии бутонизации и сохранялись до конца вегетационного периода.

Урожайность всегда является компромиссом между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований оказали существенное влияние на формирование и вариабельность урожайности (табл. 4). При этом отмечена прямая зависимость динамики сокращения вегетационного периода и урожайности.

Исследования позволили установить разнообразие основных компонентов продуктивности генотипов люпина белого. Сорта характеризовались значительными различиями по высоте растений, количеству бобов, семян и массы семян. Повышение продуктивного потенциала генотипов зависело от количества бобов и семян на растении. Погодные условия в разные годы оказали сильное воздействие на уровень урожайности и ее вариабельность.

Урожайность семян сортов *Lupinus albus* L. в среднем за 9 лет исследований изменялась от 2,4 до 6,1 т/га. Наиболее значимые результаты были получены в благоприятные по обеспеченности влагой годы исследований: 2009, 2011–2012, 2015 (ГТК – более 0,79). Урожайность в среднем по сортам составила 3,6; 3,38; 3,84; 5,07 т/га соответственно.

Таблица 4

Урожайность семян сортов *Lupinus albus* L., т/га

№	Год	Сорт					Средняя	σ	V%
		Старт	Гамма	Дельта	Дега	Детер 1			
1	2007	2,40	2,38	2,67	2,34	2,26	2,41	0,14	5,7
2	2008	3,85	3,98	3,84	3,9	3,28	3,77	0,25	6,6
3	2009	3,45	3,43	4,16	3,78	3,19	3,60	0,34	9,3
4	2010	2,00	2,00	2,16	1,56	2,0	1,94	0,20	10,4
5	2011	3,58	3,16	3,07	3,53	3,58	3,38	0,22	6,6
6	2012	4,06	3,78	3,53	3,78	4,06	3,84	0,20	5,2
7	2013	2,00	2,31	2,11	2,17	2,07	2,13	0,10	4,9
8	2014	3,24	3,09	3,92	3,35	2,12	3,14	0,58	18,6
9	2015	3,82	5,54	6,10	5,89	4,00	5,07	0,97	19,0
Средняя		3,16	3,30	3,51	3,37	2,95	3,26	0,19	5,8
σ		0,76	1,02	1,16	1,19	0,80	0,93		
V%		24,2	30,8	33,1	35,4	27,1	28,5		

Научные исследования в области селекции однолетних зернобобовых культур, в том числе белого люпина, за последние годы достигли значительного прогресса в создании новых сортов с высокой пищевой ценностью, улучшенной экологической пластичностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям. Несмотря на это необходимость и возможность дальнейшего совершенствования и создания новых сортов люпина белого продолжает оставаться важнейшей задачей ввиду меняющихся условий выращивания. Исследования по определению параметров и variability компонентов семенной продуктивности у новых сортов белого люпина Тимирязевский и Гана в сравнении со стандартом – сортом Дега – при действии стрессовых погодных условий позволили установить следующую закономерность: погодные условия 2021 г. (ГТК 0,78) и 2022 г. (ГТК 1,1) в отдельные периоды вегетации характеризовались как стрессовые (дефицит влаги, засуха, тепловой стресс). В 2021 г. жаркая и сухая погода с высокой температурой (35 °С) и засухой отмечалась после начала цветения и в период налива семян. Люпин созрел в первую декаду августа – на месяц раньше обычных сроков. В условиях 2022 г. до начала цветения происходило регулярное выпадение осадков. В период цветения и образования плодов отмечен тепловой стресс, что привело к низкому количеству завязавшихся бобов на боковых побегах. Сухая и жаркая погода в июле и августе способствовала раннему сбрасыванию листьев у растений (табл. 5).

Таблица 5

Биологическая урожайность семян, г/м²

Год	Сорт			Средняя	σ	V%
	Дега	Тимирязевский	Гана			
Главный побег						
2021	365	401	369	378	19,7	5,2
2022	522	513	482	506	21,0	4,1
средняя	444	457	426	442	15,8	3,6
σ	79	79	80	64		
V%	17,7	17,3	18,8	14,4		
Боковые побеги						
2021	81	122	135	113	28,2	25,0
2022	58	41	45	48	8,9	18,5
средняя	70	82	90	80	10,3	12,8
σ	16,3	57,3	63,6	45,7		
V%	23,4	70,3	70,7	56,9		
Всего на растениях						
2021	446	526	504	492	41,3	8,4
2022	580	554	527	554	26,5	4,8
средняя	513	540	516	523	12,2	2,3
σ	94,8	19,8	16,3	43,6		
V%	18,5	3,7	3,2	8,3		

Биологическая урожайность новых сортов люпина белого в годы исследований составила в 2021 и 2022 гг. соответственно 526, 554 г/м² (сорт Тимирязевский) и 504, 527 г/м² (сорт Гана). Доля главного побега в урожайности семян по годам составила 80%.

Выводы

Исследованиями установлено, что созданные адаптированные к условиям Центрально-Черноземного региона сорта люпина белого стабильно созревают, формируя урожайность зерна на уровне 3–5 т/га. Определены продолжительность периодов и динамические параметры формирования урожая белого люпина для каждого периода. Доказано, что II период – цветение и образование плодов (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения) – имеет решающее значение для формирования урожая. Новые сорта люпина белого Тимирязевский и Гана с детерминантным типом роста проявили высокую степень устойчивости к засушливым условиям и тепловому стрессу, сформировав высокую биологическую урожайность: в среднем за 2 года по сортам она составила 540 г/м² (сорт Тимирязевский) и 516 г/м² (сорт Гана).

Библиографический список

1. *Гатаулина, Г.Г.* Адаптивная селекция люпина белого (*Lupinus albus* L) на устойчивость к абиотическим стрессорам / Г.Г. Гатаулина, А.В. Шитикова, Н.В. Медведева // Проблемы селекции – 2022: Тезисы докладов международной научной конференции, Москва, 12–15 октября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 132.
2. *Гатаулина, Г.Г.* Семенная продуктивность и адаптивность сортов люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона / Г.Г. Гатаулина, А.В. Шитикова, Н.В. Медведева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 67–78. – DOI 10.26897/0021–342X-2022–6–67–78.
3. *Alkemade J.A. et al.* The potential of alternative seed treatments to control anthracnose disease in white lupin //Crop Protection. – 2022. – Т. 158. – С. 106009.
4. *Bitarishvili S. et al.* Metabolic profiling reveals fumaric acid and GABA as possible markers of *Colletotrichum lupini* infection of white lupin //Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2023. – Т. 128. – С. 102130.
5. *Borowska, M.; Prusiński, J.; Kaszkowiak, E.; Olszak, G.* The yield of indeterminate and determinate cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) depending on plant density. *Acta Sci. Pol. Agric.* 2017, 16, 59–66.
6. *Boudsocq S. et al.* Changes in belowground interactions between wheat and white lupin along nitrogen and phosphorus gradients //Plant and Soil. – 2022. – Т. 476. – № . 1–2. – С. 97–115.
7. *Boukid F., Pasqualone A.* Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications //European Food Research and Technology. – 2022. – Т. 248. – № . 2. – С. 345–356.
8. *Georgieva, N.A.; Kosev, V.I.; Genov, N.G.; Butnariu, M.* Morphological and biological characteristics of white lupine cultivars (*Lupinus albus* L.). *Rom. Agric. Res.* 2018, 35, 109–119.
9. *Gresta F. et al.* White Lupin (*Lupinus albus* L.), an Alternative Legume for Animal Feeding in the Mediterranean Area //Agriculture. – 2023. – Т. 13. – № . 2. – С. 434.
10. *Jarecki W., Migut D.* Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species //Agronomy. – 2022. – Т. 12. – № . 11. – С. 2667.
11. *Jobert F. et al.* Auxin triggers pectin modification during rootlet emergence in white lupin //The Plant Journal. – 2022. – Т. 112. – № . 5. – С. 1127–1140.

12. Jones R.A.C. Host Resistance to Virus Diseases Provides a Key Enabler towards Fast Tracking Gains in Grain Lupin Breeding //Plants. – 2023. – T. 12. – № . 13. – C. 2521.
13. Keller J., Marmit S.P., Bunzel M. Structural characterization of dietary fiber from different lupin species (*Lupinus* sp.) //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – T. 70. – № . 27. – C. 8430–8440.
14. Osorio C.E., Till B.J. A bitter-sweet story: Unraveling the genes involved in quinolizidine alkaloid synthesis in *Lupinus albus* //Frontiers in Plant Science. – 2022. – T. 12. – C. 795091.
15. Panasiewicz K. Chemical Composition of Lupin (*Lupinus* spp.) as Influenced by variety and tillage system //Agriculture. – 2022. – T. 12. – № . 2. – C. 263.
16. Pecetti L. et al. White lupin drought tolerance: Genetic variation, trait genetic architecture, and genome-enabled prediction //International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – T. 24. – № . 3. – C. 2351.
17. Pereira A., Ramos F., Sanches Silva A. Lupin (*Lupinus albus* L.) seeds: Balancing the good and the bad and addressing future challenges //Molecules. – 2022. – T. 27. – № . 23. – C. 8557.
18. Staniak, M.; Szpunar-Krok, E.; Kocira, A. Responses of soybean to selected abiotic stresses – Photoperiod, temperature and water. *Agriculture* 2023, 13, 146.
19. Determining the Value of Novel Feedstuffs in Imperfect Markets, Taking *Lupinus albus* as an Example //Agriculture. – 2023. – T. 13. – № . 4. – C. 867.

FORMATION OF PODS, SEEDS
AND YIELD OF VARIETIES OF WHITE LUPIN (*LUPINUS ALBUS* L.)
WITH A DETERMINANT TYPE OF GROWTH

G.G. GATAULINA, N.V. MEDVEDEVA, A.V. SHITIKOVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*Long-term studies on leached chernozem soils were carried out at the experimental base of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Michurinskiy district, Tambov region) under the conditions of the northern part of the Central Black Earth Region. In the breeding program to create varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) with a determinant growth type studies were conducted to assess the degree of effect of stress factors associated with the weather conditions on the dynamic parameters and seed productivity of white lupine varieties selected by the RSAU-MTAA (Start, Gamma, Delta, Dega, Deter I). In the research under the conditions of 2021–2022 the new varieties of white lupine Timiryazevsky and Gana showed a high level of adaptive potential to moisture deficiency (drought) and heat stress: the average yield for two years of studies was 540 g/m² (variety Timiryazevsky) and 516 g/m² (variety Gana).*

Keywords: *Lupinus albus* L., varieties, variability, yield, dynamic parameters of crop formation, stress factors.

References

1. Gataulina G.G., Shitikova A.V., Medvedeva N.V. Adaptive breeding of white lupine (*Lupinus albus* L.) for resistance to abiotic stressors. *Problemy selektsii* – 2022. Theses of reports of the international scientific conference. Moscow: Rossiyskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet – MSKhA im. K.A. Timiryazeva. 2022:132. (In Russ.)

2. Gataulina G.G., Shitikova A.V., Medvedeva N.V. Seed productivity and adaptability of varieties of white lupin in the conditions of the Central Chernozem zone. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2022;1(6):67–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-6-67-78>
3. Alkemade J.A. et al. The potential of alternative seed treatments to control anthracnose disease in white lupin. *Crop Protection*. 2022;158:106009.
4. Bitarishvili S. et al. Metabolic profiling reveals fumaric acid and GABA as possible markers of Colletotrichum lupini infection of white lupin. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2023;128:102130.
5. Borowska M., Prusiński J., Kaszkowiak E., Olszak G. The yield of indeterminate and determinate cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.) depending on plant density. *Acta Sci. Pol. Agric.* 2017;16;59–66.
6. Boudsocq S. et al. Changes in belowground interactions between wheat and white lupin along nitrogen and phosphorus gradients. *Plant and Soil*. 2022;476(1–2):97–115.
7. Boukid F., Pasqualone A. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: Characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology*. 2022;248(2):345–356.
8. Georgieva N.A., Kosev V.I., Genov N.G., Butnariu M. Morphological and biological characteristics of white lupine cultivars (*Lupinus albus* L.). *Rom. Agric. Res.* 2018;35:109–119.
9. Gresta F. et al. White Lupin (*Lupinus albus* L.), an Alternative Legume for Animal Feeding in the Mediterranean Area. *Agriculture*. 2023;13(2):434.
10. Jarecki W., Migut D. Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species. *Agronomy*. 2022;12(11):2667.
11. Jobert F. et al. Auxin triggers pectin modification during rootlet emergence in white lupin. *The Plant Journal*. 2022;112(5):1127–1140.
12. Jones R.A.C. Host Resistance to Virus Diseases Provides a Key Enabler towards Fast Tracking Gains in Grain Lupin Breeding. *Plants*. 2023;12(13):2521.
13. Keller J., Marmit S.P., Bunzel M. Structural characterization of dietary fiber from different lupin species (*Lupinus* sp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2022;70(27):8430–8440.
14. Osorio C.E., Till B.J. A bitter-sweet story: Unraveling the genes involved in quinolizidine alkaloid synthesis in *Lupinus albus*. *Frontiers in Plant Science*. 2022;12:795091.
15. Panasiewicz K. Chemical Composition of Lupin (*Lupinus* spp.) as Influenced by variety and tillage system. *Agriculture*. 2022;12(2):263.
16. Pecetti L. et al. White lupin drought tolerance: Genetic variation, trait genetic architecture, and genome-enabled prediction. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(3):2351.
17. Pereira A., Ramos F., Sanches Silva A. Lupin (*Lupinus albus* L.) seeds: Balancing the good and the bad and addressing future challenges. *Molecules*. 2022;27(23):8557.
18. Staniak M., Szpunar-Krok E., Kocira A. Responses of soybean to selected abiotic stresses – Photoperiod, temperature and water. *Agriculture*. 2023;13:146.
19. Determining the Value of Novel Feedstuffs in Imperfect Markets, Taking *Lupinus albus* as an Example. *Agriculture*. 2023;13(4):867.

Гатаулина Галина Глебовна, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», д-р с.-х. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;

127422, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ggataulina@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–18–18 78

Шитикова Александра Васильевна, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», д-р с.-х. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: plant@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–13–75

Медведева Наталия Викторовна, ведущий научный сотрудник Центра зерновых бобовых культур и производства растительного белка ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: plant@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–13–75

Galina G. Gataulina, DSc (Ag), Professor, Professor of the Department of Plant Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: +7 (499) 976–18–18; E-mail: ggataulina@rgau-msha.ru)

Aleksandra V. Shitikova, DSc (Ag), Professor, Professor of the Department of Plant Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: +7 (499) 976–13–75; E-mail: plant@rgau-msha.ru)

Nataliya V. Medvedeva, CSc (Ag), Leading Research Associate of the Center for Grain Legumes and Vegetable Protein Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: +7 (499) 976–13–75; E-mail: plant@rgau-msha.ru)