

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ВЕГЕТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У СОРТОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*) СЕЛЕКЦИИ РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

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

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

*В полевых опытах 2019–2020 гг. в условиях северной части Центрально-Черноземного региона определены и представлены в статье компоненты продуктивности у разнотипных сортов белого люпина (*Lupinus albus L.*). Изучались адаптированные к условиям региона сорта Дега, Дельта, Старт, Мановицкий, а также недавно включенные в Государственный реестр селекционных достижений сорта Тимирязевский и Гана. Несмотря на высокий потенциал сортов, отмечаются значительное снижение урожайности и ее нестабильность при выращивании в разные годы и в различных почвенно-климатических условия. Погодные условия в годы исследований оказали сильное влияние на темпы развития растений, продолжительность отдельных периодов формирования урожая и в целом на продолжительность вегетационного периода от посева до фазы полного созревания.*

Определено влияние стрессовых факторов, связанных с изменением метеорологических условий вегетационного периода, на варибельность параметров семенной продуктивности растений. Созданные в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева сорта белого люпина с детерминантным типом роста характеризовались высоким уровнем адаптационного потенциала к дефициту влаги (засуха) и тепловому стрессу (Heat stress). Биологическая урожайность сортов была высокой, в среднем по сортам она составила в 2019 и 2020 гг. соответственно 530 и 570 г/м². Урожайность семян была сформирована по годам на 85 и 90% за счет семян главного побега. Коэффициент вариации (V%) в среднем по сортам составил 12 и 10%, на боковых побегах он был в 3 раза выше.

Ключевые слова: сорта люпина белого (*Lupinus albus L.*), рост и развитие, периоды формирования урожая, элементы структуры урожая, погода и стрессовые факторы, варибельность.

Введение

Потребность стран в растительном белке растет, так как его наличие определяет возможности производства продукции животноводства. Проблема дефицита растительного белка была исследована и четко обозначена в странах Общего рынка (US) с развитым животноводством, где производители продукции животноводства предпочитали импортировать сою как источник растительного белка и оказались в зависимости от стран-импортеров сои [2, 15, 19].

Потребность России в растительном белке, ее продовольственная безопасность определяют необходимость расширения производства высокобелковых и урожайных культур, к которым относится люпин белый. Однако белый люпин (*Lupinus albus L.*), родиной которого является Средиземноморье, характеризуется позднеспелостью. У природных биотипов люпина белого неограниченный (индетерминантный) тип роста. При достаточном количестве влаги на растениях последовательно и попарно формируются боковые побеги первого-пятого порядков. Главный побег и каждый из боковых заканчиваются соцветием. Такие растения могут устойчиво созреть

только в условиях субтропического климата. Для производства люпина белого нужны сорта, устойчиво созревающие, технологичные, урожайные, с высоким содержанием протеина, устойчивые к болезням, адаптированные к условиям Центрально-Черноземного региона. Такие сорта созданы в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Старт, Мановицкий, Гамма, Дельта, Дега, Детер 1, Тимирязевский, Гана). Эти сорта различаются по степени ветвления, продолжительности вегетации, содержанию белка, элементам структуры урожая и потенциальным возможностям их реализации [1–5, 7, 8].

Возделывание урожайных и высокобелковых сортов белого люпина позволяет увеличить производство растительного белка до 15 ц/га (с аналогичным урожаем у зерновых культур сбор белка в 4 раза меньше). Благодаря азотфиксации возможно его производство без затрат дорогостоящих азотных удобрений, что выгодно также в энергетическом и экологическом аспектах [2–5]. В отличие от сои семена белого люпина практически не содержат ингибиторов трипсина, и их можно использовать в корм для животных без тепловой обработки, а также для использования в пищу и в фармацевтике. Успешное производство люпина на зерно при наличии адаптированных сортов возможно в более суровых почвенно-климатических условиях, где потенциал сои не реализуется ввиду ограниченных тепловых ресурсов и других факторов среды, не соответствующих биологии этой культуры [1–2].

Изучение устойчивости к стрессовым факторам среды в течение вегетации имеет значение для использования в адаптивной селекции белого люпина [2–5]. Белый люпин содержит в своих семенах 35–40% протеина и 9–12% жира. Благодаря азотфиксации получение высокого урожая семян и белка возможно без внесения азотных удобрений. Использование люпина является многообразным включая кормление животных и питание человека, предотвращение эрозии, восстановление плодородия почвы. Биологические особенности люпина определяют его роль в развитии органического земледелия и обеспечении экологической безопасности [2–3, 15, 16].

У белого люпина, как и у других зернобобовых культур (включая сою), отмечаются значительная вариабельность урожайности и ее нестабильность при выращивании в разные годы и в различных почвенно-климатических условиях [1–2, 6, 9, 10].

Белый люпин распространен в основном в областях Центрально-Черноземного региона – в зоне недостаточного увлажнения, поэтому следует отметить климатические особенности данного региона в отношении возможных факторов, лимитирующих рост, развитие растений и формирование урожая. В начале вегетации почвы содержат в метровом слое 175–200 мм продуктивной влаги, что близко к наименьшей полевой влагоемкости. В течение лета запасы влаги постепенно убывают, доходя до минимума под культурами в июне – 50–90 мм. Для ежегодного созревания семян белого люпина в этой зоне необходимы сорта, требующие за период от посева до созревания сумму активных температур – 2000–2200°C. В сентябре температура быстро снижается: в I декаде – 14,0; во II – 11,8; в III – 9,5°C. Такая температура может замедлять развитие растений на последних этапах онтогенеза. В III декаде сентября температура становится ниже биологического минимума для налива семян и их созревания.

В онтогенезе люпина выделяются два периода: начальный – от посева до всходов; конечный – после пожелтения и опадения листьев (созревание), когда фотосинтез отсутствует.

Время вегетации, когда осуществляется фотосинтез (от всходов до начала созревания), включает в себя следующие периоды развития и формирования урожая: *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*, когда ассимиляты и питательные вещества из створок плодов и других органов оттекают в семена; в конце периода сухая масса семян максимальная, влажность семян высокая. Отмечено, что период *II* – *цветения и образования плодов* – критический в формировании урожая. Именно в это время определяется максимальное за вегетацию число плодов на растении и на единице площади. В дальнейшем число плодов в случае действия неблагоприятных факторов может уменьшиться. В период роста плодов определяется возможное число семян на растениях, а в период налива – масса 1000 семян. Масса 1000 семян снижается, если условия этого периода неблагоприятны – например, при засухе [1, 3, 9, 10, 13].

Таким образом, в динамическом процессе формирования урожая у растений разных сортов белого люпина, а также у других зернобобовых культур возможно проявление негативного действия стрессовых погодных условий [17, 18]. В обзоре «Бобовые в условиях стресса окружающей среды: урожай, улучшение и адаптация» (*Legumes under environmental stress: yield, improvement and adaptations*) сообщается о влиянии теплового стресса (*Heat stress*) на рост, развитие и урожайность нута [11]. Аналогичные исследования были проведены и на других зернобобовых культурах [11, 12].

Цель исследований – изучить влияние стрессовых факторов, связанных с изменением метеорологических условий вегетационного периода, на вариабельность параметров семенной продуктивности сортов люпина белого селекции РГАУ-МСХА.

Материал и методы исследований

В схему опыта входят адаптированные к условиям региона сорта *Дега*, *Дельта*, *Старт*, *Мановицкий*, а также недавно включенные в Государственный реестр селекционных достижений сорта *Тимирязевский* и *Гана* [8].

Несмотря на высокий потенциал сортов, отмечаются значительное снижение урожайности и ее нестабильность при выращивании в разные годы и в различных почвенно-климатических условия. Мы называем эти сорта разнотипными в соответствии с архитектоникой растений: по степени ветвления, способности формировать побеги разных порядков, продолжительности вегетации. Эти признаки растений проявляются в полной мере *только в условиях хорошей влагообеспеченности в период вегетативного роста и ветвления растений*. Для сортов *Старт* и *Гана* характерны укороченные побеги 1 порядка с бобами. У сортов *Дега* и *Дельта* образуются более длинные боковые побеги 1 и 2 порядков. Сорт *Мановицкий* при хорошей влагообеспеченности последовательно образует побеги 1–3 и более высоких порядков.

Изучение действия стрессовых и других лимитирующих факторов на продукционный процесс сортов белого люпина проводилось на экспериментальном участке в учхозе имени М.И. Калинина (Тамбовская область) в 2019–2020 гг. – там же, где создавались или испытывались сорта. Площадь опытной делянки составила 15 м², в 4-х повторениях. Почвы – выщелоченный чернозем средней мощности, рН_{сол.} – 5,7–5,9. Содержание в почве P₂O₅ – 94–98 мг, K₂O – 210–220 мг в 1 кг почвы.

Срок посева – оптимально ранний, обычно в конце апреля. Способ посева – широкорядный с междурядьями 45 см и нормой высева 500 тыс./га всхожих семян (50 семян/м²). Проводили фенологические наблюдения, определяли продолжительность вегетации и межфазных периодов, число бобов, семян и массу семян на главном и боковых побегах. Элементы продуктивности 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%.

Метеорологические условия вегетационного периода и их влияние на развитие растений. 2019 г. Посев провели 24–25 апреля, всходы появились 8–9 мая. В первой половине месяца прошли дожди. В период вегетативного роста от всходов до начала цветения продолжительностью 35 дней (*период I*) растения не испытывали дефицита влаги.

В июне практически не было осадков – *засуха, что совпало с критическим периодом формирования урожая* белого люпина (*период II* – цветение и образование плодов). В этих условиях все сорта в дальнейшем развивались по типу скороспелых, побеги выше II порядка не формировались. В условиях 2019 г. начало цветения у всех сортов и образцов (раскрытие нижнего цветка на растениях) отмечено на 35–37 дни после появления всходов. Продолжительность цветения была ускоренной в связи с засухой и составила всего 14–16 дней в зависимости от образца, в благоприятные годы – 25–30 дней. Кроме того, в начале июня растения испытывали *сильный перегрев (Heat stress)* ввиду аномально жаркой погоды с дневной температурой 40°C. В результате бобы на растениях сформировались в основном на главном побеге. Число бобов и семян на растениях было значительно меньше, чем в другие, более благоприятные по погодным условиям годы. Июль был дождливым и холодным, осадков выпало больше нормы, а температура была на 4°C ниже. Обилие влаги уже не могло положительно повлиять на число бобов на растениях. Пониженная температура *способствовала увеличению длительности периодов роста бобов и налива семян (периоды III–IV)*. В августе погода была близкой к норме. Для налива семян (*период IV*) сложились благоприятные условия. *Масса 1000 семян была значительно выше, чем в другие годы.*

2020 г. Отклонение погоды от нормы во время вегетации повлияло на рост, развитие растений и формирование элементов продуктивности в 2020 г. В период от всходов до начала цветения среднесуточная температура была на 2–4°C ниже нормы. В результате период «Всходы-начало цветения» (*период I*) увеличился на 5–6 дней. Общая продолжительность периода цветения и образования бобов составила 23 дня. В это время *в течение 14 дней стояла жаркая и сухая погода без осадков. Дневная температура была выше нормы на 5–6°C, что вызвало перегрев растений=тепловой стресс (heat stress)*. Угнетение вегетативного роста в критический для развития растений период и стрессовые условия определили дальнейшее развитие *всех* сортов, особенно формирующих побеги II–IV порядков, *по типу скороспелых*, с ограничением ветвления. Осадки после периода засухи *способствовали сохранению завязавшихся бобов на главном и побегах I порядка*. Налив и созревание семян проходили в ускоренном режиме при теплой и сухой погоде в августе.

Результаты и их обсуждение

Продолжительность вегетации. В 2019 г. посев был проведен 25 апреля, всходы появились через 13 дней, период от всходов до начала цветения – 35–36 дней. Общая продолжительность вегетации от всходов до полного созревания варьировала от 115 дней (сорт Гана) до 130 (сорт Мановицкий), от посева до созревания – соответственно 128 и 143 дня. У сорта Мановицкого полное созревание отмечено 15 сентября.

В 2020 г. посев проведен 30 апреля, полные всходы – через 10 дней, период от всходов до начала цветения – 37–38 дней. В дальнейшем жаркая и сухая погода ускорила развитие растений. Все сорта созрели одновременно в середине августа. Продолжительность вегетации от посева до созревания составила 110 дней.

Таким образом, погодные условия в годы исследований оказали сильное влияние на темпы развития растений, продолжительность отдельных периодов формирования урожая и в целом на продолжительность вегетационного периода от посева до фазы полного созревания.

Величина и варибельность элементов структуры урожая. Одним из важнейших элементов структуры урожая является густота стояния растений перед уборкой. В условиях эксперимента она составляла 45–46 растений на м². При изучении процесса формирования урожая в полевых условиях целесообразно элементы продуктивности (густоту стояния растений, число плодов, семян, их массу) учитывать, как и урожайность, на единицу площади (м²). Подобный подход принят и в зарубежной литературе [17–19].

Урожайность сорта в значительной степени определяется числом бобов, сформировавшихся на растениях и сохранившихся к уборке в расчете на единицу площади (табл. 1).

Таблица 1

Количество бобов на 1 м²

№	Сорт	2019 г.			2020 г.			V% по годам		
		Побеги								
		главный	боковые	всего	главный	боковые	всего	главный	боковые	всего
1	Дега	264	76	340	302	126	428	9,5	35,0	16,2
2	Дельта	260	40	300	338	167	504	18,5	86,8	35,9
3	Тимирязевский	260	64	324	315	189	504	13,5	69,9	30,7
4	Гана	272	88	360	320	221	540	11,5	60,9	28,3
5	Мановицкий	300	120	420	347	131	477	10,3	6,2	9,0
6	Старт	240	60	300	342	90	432	24,8	28,3	25,5
Средн. по сортам		266	75	340	327	154	481	14,6	49,1	24,1
V% по сортам		74	368	133	5,4	30,9	9,2			

В среднем по сортам доля бобов с главного побега составила в 2019 г. 80%, в 2020 г. – 68%. Рассмотрим, как изменялось количество бобов на 1 м² у разных сортов (всего на растениях). В 2019 г. оно было в пределах 300–420 бобов/м², в среднем по сортам – 340, V% – 13,3. В 2020 г. бобов сформировалось больше: соответственно 540–428 бобов/м² в среднем – 480, V% – 9,2. Коэффициент вариации, отражающий степень влияния погодных условий в разные годы на количество бобов, очень высокий, в среднем по сортам он составил 24,1%. Для бобов с боковых побегов этот показатель в два раза выше.

Отметим, что максимальное за вегетацию количество завязей плодов на растениях, включая главный и боковые побеги, образуется в период II – цветения и образования плодов. На сохранность этих плодов к уборке оказывают влияние многие факторы, в том числе временная последовательность образования плодов на главном и боковых побегах снизу вверх на растении, а также погодные условия последующих периодов развития растений.

Удельный вес числа семян с главного побега выше по сравнению с числом бобов (табл. 2). В 2019 г. он составил 85%, в 2020 г. – 90,5%, то есть соответственно на 5 и 10% больше, чем по числу бобов.

Таблица 2

Количество семян на 1 м²

№	Сорт	2019 г.			2020 г.			V% по годам		
		Побеги								
		главный	боковые	всего	главный	боковые	всего	главный	боковые	всего
1	Дега	928	176	1088	1103	230	1332	12,2	18,8	14,3
2	Дельта	952	52	1004	1301	414	1715	21,9	110	37,0
3	Тимирязевский	920	189	1100	1265	536	1800	22,3	70,3	34,1
4	Гана	1008	224	1228	1166	563	1728	10,3	60,9	23,9
5	Мановицкий	1124	272	1396	1395	369	1764	15,2	21,4	16,5
6	Старт	936	104	1040	1337	185	1522	25,0	39,6	26,6
Средн. по сортам		978	168	1143	1261	383	1393	17,9	55,2	25,4
V% по сортам		8,0	47,4	19,7	8,54	40,4	25,4			

В 2020 г. семян/м² сформировалось больше, чем в 2019 г., – в среднем по сортам на 16%. Важно, что коэффициент вариации числа бобов и семян на боковых побегах в 3–4 раза выше, чем на главном побеге.

Эти показатели по числу плодов и семян на 1 м² дают общее представление о возможностях адаптации сортов белого люпина к стрессовым погодным условиям, сложившихся на отдельных этапах производственного процесса.

Изменение массы 1000 семян представлено в таблице 3.

Таблица 3

Масса 1000 семян, г

№	Сорт	2019 г.			2020 г.			V% по годам		
		Побеги								
		главный	боковые	всего	главный	боковые	всего	главный	боковые	всего
1	Дега	414	364	412	318	268	304	18,5	21,5	21,3
2	Дельта	458	385	454	362	300	348	16,6	17,5	18,7
3	Тимирязевский	420	422	462	345	315	337	13,9	20,5	22,1
4	Гана	468	411	460	362	287	338	18,1	25,1	21,5
5	Мановицкий	490	426	479	340	305	331	25,7	23,4	25,8
6	Старт	480	369	470	362	292	358	19,7	16,5	47,0
Средн. по сортам		455	396	456	348	295	336	18,8	20,8	22,4
V% по сортам		6,92	6,2	6,8	5,07	5,0	5,5			

Таблица отражает большие различия по величине и вариабельности массы 1000 семян на главном и боковых побегах. Независимо от года исследований масса 1000 семян с боковых побегов всегда значительно меньше по сравнению с главным. Так, в среднем по сортам это снижение составило в 2019 г. 13%, в 2020 г. – 22%. Коэффициент вариации семян с боковых побегов различается по сортам, но обычно выше, чем у семян с главного побега.

В 2019 г. сложились благоприятные погодные условия в период налива семян. В среднем по сортам масса 1000 семян в 2019 г. была необычайно высокой – 456 г, то есть на 30% выше, чем в 2020 г.

Биологическая урожайность семян определяется их количеством на единице площади и зависит от массы 1000 семян (табл. 4).

Таблица 4

Биологическая урожайность семян, г/м²

№	Сорт	2019 г.			2020 г.			V% по годам		
		Побеги								
		главный	боковые	всего	главный	боковые	всего	главный	боковые	всего
1	Дега	384	64	448	369	131	500	2,8	48,6	7,8
2	Дельта	436	20	456	473	135	608	5,8	105	20,2
3	Тимирязевский	432	76	508	441	171	612	1,5	54,4	13,1
4	Гана	472	92	564	423	162	585	7,7	39,0	2,6
5	Мановицкий	552	116	668	473	113	585	10,9	1,9	9,4
6	Старт	448	80	528	491	54	545	6,5	27,4	2,2
Средн. по сортам		454	75	529	445	128	573	1,4	37,0	5,6
V% по сортам		12,3	42,9	15,3	10,0	32,8	7,5			

Таблица указывает на высокий уровень биологической урожайности семян сортов белого люпина несмотря на стрессовые погодные условия в отдельные периоды вегетации 2019 и 2020 гг. Можно сделать вывод о том, что адаптационный потенциал сортов проявился в полной мере, однако пути (способы) его реализации были различными в годы исследований. Репродуктивный период вегетации от начала цветения до полного созревания ввиду погодных условий в 2019 г. был длительным (115–120 дней), в 2020 г. – у всех сортов всего 63 дня. Число бобов и семян на 1 м² в 2019 г. было на 40 и 22% соответственно выше, чем в 2020 г. Однако в 2020 г. сложились благоприятные погодные условия во время налива семян при относительно небольшом их количестве. Масса 1000 семян почти на 30% была выше, чем в 2019 г. В результате различия по биологической урожайности семян по годам составили всего 7,5%.

Удельный вес главного побега в семенной продуктивности в среднем по сортам составил по числу и по массе семян в 2019 г. 86%. В 2020 г. эти показатели

были различными: по числу семян – 83%, по массе – 90%. Коэффициент вариации массы семян с боковых побегов был весьма высоким – в 3–4 раза выше по сравнению с главным побегом.

Выводы

Потребность в растительном белке постоянно растет в связи с необходимостью производства продуктов животноводства, его использования в рационах животных, в пищевой промышленности, питании людей. Во многих странах с развитым животноводством возникла проблема дефицита растительного белка и выявления способов ее решения с целью освобождения от белковой зависимости из стран-импортеров. Были проведены многочисленные и всесторонние исследования различных зернобобовых культур, способных фиксировать азот воздуха, которые могли бы заменить импортируемую сою и расширить собственное производство растительного белка. На основании исследований с зернобобовыми культурами, проведенных в разных странах, установлено, что белый люпин – наиболее перспективное растение как альтернатива сое.

В данном исследовании адаптационный потенциал созданных сортов белого люпина к дефициту влаги (засуха) и тепловому стрессу (Heat stress) проявился в полной мере. Биологическая урожайность сортов была высокой, в среднем по сортам она составила в 2019 и 2020 гг. соответственно 530 и 570 г/м². Однако пути (способы) реализации высокого уровня урожайности были различными: в 2019 г. это произошло в основном благодаря длительному репродуктивному периоду от начала цветения до созревания; в 2020 г. данный период был в два раза короче, однако масса 1000 семян была на 30% больше, чем в другие годы.

Урожайность семян была сформирована по годам на 85 и 90% за счет семян главного побега. Коэффициент вариации (V%) в среднем по сортам составил 12 и 10%, на боковых побегах он в три раза выше.

Отметим, что зерновая продукция адаптированных сортов люпина белого с детерминантным типом роста используется для решения проблемы дефицита растительного белка, сокращения импорта сои и обеспечения белковой независимости России.

Библиографический список

1. *Гатаулина Г.Г.* Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования / Г.Г. Гатаулина, С.С. Никитина. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2016. – 242 с. – (Научная мысль).
2. *Гатаулина Г.Г.* Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? / Г.Г. Гатаулина, М.Е. Бельшкينا // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 5–11.
3. *Гатаулина Г.Г.* Селекционные аспекты variability урожайности и динамических характеристик продукционного процесса у сортов люпина белого / Г.Г. Гатаулина, Н.В. Медведева // Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводство: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию со дня основания Всероссийского научно-исследовательского института люпина (г. Брянск, 4 июля 2017 г.). – Брянск: ЗАО Издательство «Читай-город», 2017. – С. 23–37.

4. *Гатаулина Г.Г.* Люпин белый (*Lupinus albus* L.) – альтернатива сое: новый сорт Тимирязевский / Г.Г. Гатаулина, Н.В. Медведева, А.В. Шитикова // Кормопроизводство. – 2020. – № 1. – С. 36–40.
5. *Гатаулина Г.Г.* Урожайность и белковая продуктивность сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / Г.Г. Гатаулина, Н.В. Медведева // Доклады ТСХА. – 2019. – С. 593–598.
6. *Гатаулина Г.Г.* Урожайность и элементы структуры урожая сортов сои северного экотипа при формировании в разных погодных условиях / Г.Г. Гатаулина, Н.В. Заренкова, В.Ф. Консаго // Кормопроизводство. – 2020. – № 8. – С. 33–37.
7. *Gataulina G.G.* Breeding program results and development pattern of different types of *Lupinus albus* cultivars / G.G. Gataulina, N.V. Medvedeva // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. – 2010. – № S7. – P. 100–104.
8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Официальное издание. – Т. 1. Сорты растений. – М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2020. – 680 с.
9. *Annicchiarico P.* Quality of *Lupinus albus* L. (white lupin) seed: extent of genotypic and environmental effects / P. Annicchiarico, G. Boschin, P. Manunza, A. Arnoldi // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2014. – № 62. – P. 6539–6545.
10. *Annicchiarico P.* and Caroni A.M. (2009). Divercity white and narrow-leaved lupin genotypes adaptive response across climatically-contrasting Italian environments and implications for selection. – *Euphytica* 166. – 71–81.
11. *Bhandari K., Siddique K.H., Turner N.C., Kaur J., Singh S., Agrawal S.K., Nayyar H.* (2016). Heat stress at reproductive stage disrupts leaf carbohydrate metabolism, impairs reproductive function and severely reduces seed yield in lentil // *Journal of Crop Improvement* 30, 118–151.
12. *Bishop J., Potts S.G., Jones H.E.* (2016). Susceptibility of faba bean (*Vicia faba* L.) to heat stress during floral development and anthesis // *Journal of Agronomy & Crop Science* 202, 508–517.
13. *Cernay C.* Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas *Sci* / C. Cernay, T. Ben-Ari E. Pelzer J. – M. Meynard and D. Makowski. – 2015. – Rep. 5. – 11171.
14. *Devasirvatham V.* Chickpea and temperature stress. An overview / V. Devasirvatham, D.K. Tan, P.M. Gaur, R.M. Trethowan // In «Legumes under environmental stress: yield, improvement and adaptations» (Eds MM Azooz, P Ahmad). – 2015. – Pp. 97–106 (Wiley-Blackwell: Welwyn, UK).
15. Legume Futures 2014. Legume-supported cropping systems for Europe. General project report. Available at www.legumefutures.de.
16. *Lucas M.M.* The future of lupin as a protein crop in Europe / M.M. Lucas, F.L. Stoddard, P. Annicchiarico, J. Frías, C. Martínez-Villaluenga D. Sussmann, M. Duranti, A. Seger, P.M. Zander and J.J. Pueyo // *Front. Plant Sci.* – 2015. – 6:705.
17. *Ozga J.A.* (2016). Hormonal regulation of reproductive growth under normal and heat-stress conditions in legume and other model crop species. *Journal of Experimental* / J.A. Ozga, H. Kaur, R.P. Savada D.M Reinecke // *Botany* 68. – 1885–1894.
18. *Redden R.J.* Temperature, climate change, and global food security. *Temperature and Plant Development* / R.J. Redden, P.V. Hatfield, V. Prasad, A.W. Ebert, S.S. Yadav, G.J. O’Leary. – 2014. – 8. – 181–202.
19. De Visser C.L.M. The EU’s dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives / C.L.M. De Visser R. Schreuder and F.L. Stoddard (2014). OCL 21. – D.407. Doi: 10.1051/ocl/2014021.

THE EFFECT OF STRESSFUL WEATHER CONDITIONS
AT DIFFERENT STAGES OF VEGETATION ON THE FORMATION
OF PRODUCTIVITY ELEMENTS IN VARIETIES
OF WHITE LUPIN (*LUPINUS ALBUS* L.) OF THE SELECTION
OF RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY –
MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY

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

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The article determined and presented the productivity components of different varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) in the field experiments of 2019–2020 in the conditions of the northern part of the Central Chernozem region. The varieties Degas, Delta, Start, Manovitsky, adapted to the region's conditions were studied, as well as the varieties Timiryazevskiy and Ghana recently included in the State Register of Breeding Achievements. Despite the high potential of the varieties, there is a significant decrease in yield and its instability during cultivation in different years and different soil and climatic conditions. During the years of research, weather conditions had a substantial effect on the rate of plant development, the duration of individual periods of crop formation, and, in general, the time of the growing season from sowing to the complete ripening phase.*

The studies determined the effect of stress factors associated with changes in meteorological conditions of the growing season on the variability of plant seed productivity parameters. The varieties of white lupine with a determinant growth type created at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy were characterized by a high level of adaptive potential to moisture deficiency (drought) and heat stress. The biological yield of the varieties was high; on average, for the varieties, it was 530 g/m² in 2019 and 570 g/m² in 2020. The seed yield was formed by 85 and 90% over the years due to the seeds of the main shoot. The coefficient of variation (V%) averaged 12% and 10% for varieties; on lateral shoots, it was three times higher.

Key words: varieties of white lupin (*Lupinus albus* L), growth and development, periods of crop formation, elements of crop structure, weather and stress factors, variability

References

1. Gataulina G.G. Zernobobovye kul'tury: sistemniy podkhod k analizu rosta, razvitiya i formirovaniya [Leguminous crops: a systematic approach to the analysis of growth, development and formation]. Moscow: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Nauchno-izdatel'skiy tsentr INFRA-M". 2016: 242. (In Rus.)
2. Gataulina G.G., Belyshkina M.E. Soya i drugie zernobobovye kul'tury: importirovat' ili proizvodit'? [Soya and other leguminous crops: import or produce?]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; 31 (8): 5–11. (In Rus.)
3. Gataulina G.G., Medvedeva N.V. Selektionnye aspekty variabel'nosti urozhaynosti i dinamicheskikh kharakteristik produktsionnogo protsessa u sortov lyupina belogo [Breeding aspects of yield variability and dynamic characteristics of the production process in varieties of white lupine]. Novye sorta lyupina, tekhnologiya ikh vyrashchivaniya i pererabotki, adaptatsiya v sistemy zemledeliya i zhivotnovodstvo: Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 30-letiyu so dnya osnovaniya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lyupina, Bryansk, 04 iyulya 2017 goda. Bryansk: ZAO «Izdatel'stvo «Chitay-gorod». 2017: 23–37. (In Rus.)
4. Gataulina G.G., Medvedeva N.V., Shitikova A.V. Lyupin beliy (*Lupinus albus* L.) – al'ternativa soe: novye sort Timiryazevskiy [White lupine (*Lupinus albus* L.) – an

- alternative to soy: a new variety Timiryazevsky]. *Kormoproizvodstvo*. 2020; 1: 36–40. (In Rus.)
5. *Gataulina G.G., Medvedeva N.V.* Urozhaynost' i belkovaya produktivnost' sortov lyupina belogo (*Lupinus albus* L.) selektsii RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva [Productivity and protein productivity of varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) bred by Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy]. *Doklady TS-KHA: Sbornik statey, Moskva, 06–08 dekabrya 2018 goda*. Moscow: Rossiyskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva. 2019: 593–598. (In Rus.)
 6. *Gataulina G.G., Zarenkova N.V., Konsago V.F.* Urozhaynost' i elementy struktury urozhaya sortov soi severnogo ekotipa pri formirovanii v raznykh pogodnykh usloviyakh [Productivity and elements of the structure of the yield of soybean varieties of the northern ecotype during formation in different weather conditions]. *Kormoproizvodstvo*. 2020; 8: 33–37. (In Rus.)
 7. *Gataulina G.G., Medvedeva N.V.* Breeding program results and development pattern of different types of *Lupinus albus* cultivars. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2010; S7: 100–104.
 8. State register of breeding achievements approved for using. V.1. “Sorta rasteniy” (ofitsial'noe izdanie). M.: FGBNU “Rosinformagrotekh”. 2020: 680. (In Rus.)
 9. *Annicchiarico P., Boschini G., Manunza P., Arnoldi A.* Quality of *Lupinus albus* L. (white lupin) seed: extent of genotypic and environmental effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014; 62: 6539–6545.
 10. *Annicchiarico P., Caroni A.M.* Divercity white and narrow-leafed lupin genotypes adaptive response across climatically-contrasting Italian environments and implications for selection. *Euphytica*. 2009; 166 (1): 71–81.
 11. *Bhandari K., Siddique K.H., Turner N.C., Kaur J., Singh S., Agrawal S.K., Nayyar H.* Heat stress at reproductive stage disrupts leaf carbohydrate metabolism, impairs reproductive function, and severely reduces seed yield in lentil. *Journal of Crop Improvement*. 2016; 30: 118–151.
 12. *Bishop J., Potts S.G., Jones H.E.* Susceptibility of faba bean (*Vicia faba* L.) to heat stress during floral development and anthesis. *Journal of Agronomy & Crop Science*. 2016; 202: 508–517.
 13. *Cernay C., Ben-Ari T., Pelzer E., Meynard J. – M., and Makowski D.* Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. *Sci. Rep.* 2015; 5: 11171.
 14. *Devasirvatham V., Tan D.K., Gaur P.M., Trethowan R.M.* Chickpea and temperature stress. An overview. *Legumes under environmental stress: yield, improvement and adaptations*. Wiley-Blackwell: Welwyn, UK. 2015: 97–106.
 15. *Legume Futures 2014. Legume-supported cropping systems for Europe. General project report.* URL: <http://www.legumefutures.de>
 16. *Lucas M.M., Stoddard F.L., Annicchiarico P., Frias J., Martínez-Villaluenga C., Sussmann D., Duranti M., Seger A., Zander P.M. and Pueyo J.J.* The future of lupin as a protein crop in Europe. *Front. Plant Sci.* 2015; 6: 705.
 17. *Ozga J.A., Kaur H., Savada R.P., Reinecke D.M.* Hormonal regulation of reproductive growth under normal and heat-stress conditions in legume and other model crop species. *Journal of Experimental Botany*. 2016; 68: 1885–1894.
 18. *Redden R.J., Hatfield P.V., Prasad V., Ebert A.W., Yadav S.S., O'Leary G.J.* Temperature, climate change, and global food security. *Temperature and Plant Development*. 2014; 8: 181–202.
 19. *De Visser C.L.M., Schreuder R., and Stoddard F.L.* The EU's dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives. *OCL*. 2014; 21: 407.

Гатаулина Галина Глебовна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru).

Шитикова Александра Васильевна, д-р с.-х. наук, заведующий кафедрой растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru).

Медведева Наталия Викторовна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник Центра зернобобовых и производства растительного белка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru).

Galina G. Gataulina, DSc (Ag), Professor, the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; phone: (499) 976–13–75; E-mail: plant@rgau-msha.ru).

Aleksandra V. Shitikova, DSc (Ag), Head of the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; phone: (499) 976–13–75; e-mail: plant@rgau-msha.ru).

Natalia V. Medvedeva, PhD (Ag), Key Research Associate, the Centre for Grain Legumes and Plant Protein Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow (127550, Russian Federation; phone: (499) 976–13–75; E-mail: plant@rgau-msha.ru).