

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПИГМЕНТНОГО ФОНДА АССИМИЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ФАЗЫ ЦВЕТЕНИЯ И БОБООБРАЗОВАНИЯ

**Ж. А. РУПАСОВА, С. Н. АВРАМЕНКО, А. В. УШАКОВА,
Е. В. СПИРИДОВИЧ, К. С. ШАНБАНОВИЧ**

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail:j.rupasova@cbg.org.by

И. Г. БРУЙ, Ю. А. КАРАПЕТЯН

РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 15.07.2025)

Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре изменений в составе комплекса фотосинтезирующих пигментов ассимилирующих органов люпина узколистного при испытании 4 систем защиты растений от фитопатогенов с двукратным комбинированным применением в фазы бутонизации и цветения фунгицидных препаратов Ревистар Топ, КЭ (0,5 л/га) и Скор, КЭ (0,2 л/га), Серкадис, КС (0,8 л/га) и Пиктор Актив, КС (0,5 л/га), а также Импакт эксклюзив, КС (0,5 л/га) и Солигор, КЭ (0,8 л/га) соответственно и использованием в качестве контроля варианта с обработками фунгицидом Прозаро, КЭ (0,8 л/га). Установлено, что лишь применение препаратов Ревистар Топ, КЭ и Скор, КЭ оказало значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла b, при отсутствии значимых изменений в содержании желтых пигментов. При использовании остальных парных комбинаций фунгицидов выявлено, напротив, ингибирование биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов в листовой ткани, особенно в фазу цветения, наиболее выраженное при обработках препаратами Серкадис, КС и Пиктор Актив, КС и менее значительное при использовании препаратов Импакт эксклюзив, КС и Солигор, КЭ, причем на стадии бобообразования обеднение пигментного фонда зелеными пигментами при нормализации их состава проявилось менее контрастно, чем в период цветения, при отсутствии подобных различий в содержании желтых пигментов. Показано, что, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки препаратом Прозаро, КЭ по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного фонда пластид занимали промежуточное положение между системой защиты с использованием фунгицидов Ревистар Топ, КЭ и Скор, КЭ, способствующей его обогащению хлорофиллами, и системой с использованием препаратов Импакт эксклюзив, КС и Солигор, КЭ, обеспечивающей противоположный эффект.

Ключевые слова: люпин узколистный, фенофазы цветения и бобообразования, ассимилирующие органы, системы защиты от фитопатогенов, фунгицидные препараты, фотосинтезирующие пигменты, хлорофиллы, каротиноиды.

The article presents the results of a comparative study of changes in the composition of the complex of photosynthetic pigments of the assimilating organs of narrow-leaved lupine in an experimental crop when testing 4 systems of plant protection against phytopathogens with a double combined application in the budding and flowering phases of the fungicide preparations Revistar Top, EC (0.5 l/ha) and Skor, EC (0.2 l/ha), Sercadis, KS (0.8 l/ha) and Pictor Active, KS (0.5 l/ha), as well as Impact Exclusive, KS (0.5 l/ha) and Soligor, EC (0.8 l/ha), respectively, and using as a control the variant with treatments with the fungicide Prozaro, EC (0.8 l/ha). It was found that only the use of Revistar Top, KE and Skor, KE preparations had a significant positive effect on the accumulation of green plastid pigments in the leaf tissue, especially chlorophyll b, in the absence of significant changes in the content of yellow pigments. When using other paired combinations of fungicides, on the contrary, inhibition of the biosynthesis of both chlorophylls and carotenoids in the leaf tissue was revealed, especially in the flowering phase, which was most pronounced when treated with Sercadis, KS and Pictor Active, KS and less significant when using Impact Exclusive, KS and Soligor, KE preparations, and at the stage of bean formation, the depletion of the pigment fund of green pigments with the normalization of their composition was manifested less contrastingly than during the flowering period, in the absence of such differences in the content of yellow pigments. It was shown that, regardless of the stage of seasonal development of plants, treatment with Prozaro, EC in terms of the degree of influence on the studied characteristics of the pigment fund of plastids occupied an intermediate position between the protection system using the fungicides Revistar Top, EC and Skor, EC, promoting its enrichment with chlorophylls, and the system using the preparations Impact Exclusive, KS and Soligor, EC, providing the opposite effect.

Key words: narrow-leaved lupine, flowering and bean formation phenophases, assimilating organs, protection systems from phytopathogens, fungicidal preparations, photosynthetic pigments, chlorophylls, carotenoids.

Введение

Повышенный интерес аграриев Беларуси к культуре люпина узколистного обусловлен, прежде всего, тем, что его надземные части являются важнейшим сырьевым источником кормового белка, введение которого в рацион сельскохозяйственных животных обуславливает существенное повышение их продуктивности. Наряду с этим способность корневых выделений растений люпина к высвобождению питательных элементов из прочносвязанного состояния с переводом в доступные формы обеспечивает их значительное накопление в фитомассе, что впоследствии оказывает положительное влияние на уровень почвенного плодородия. В настоящее время в Государственный реестр Республики Беларусь включен ряд сортов люпина, способных продуцировать до 50 ц/га зерна и более 500 ц/га

зеленой массы, тем более что почвенно-климатические условия республики являются весьма благоприятными для их культивирования.

Вместе с тем не существует таксонов данного вида, как, впрочем, и других сельскохозяйственных растений, абсолютно устойчивых к фитопатогенам, среди которых наиболее опасными являются антракноз, бактериозы и фузариозные корневые гнили, поражающие растения на самом раннем этапе развития. Как показал практический опыт, введение в технологический процесс возделывания люпина любых химических средств, в том числе фунгицидов, является весьма сильным стрессовым фактором и зачастую оказывает негативное влияние на ростовую функцию и развитие растений, обусловленное ингибированием работы фотосинтетического аппарата. Вместе с тем эти агенты должны не только препятствовать проникновению в растения фитопатогенов, но и активизировать в них защитные реакции пролонгированного действия в отношении данного негативного фактора, при повторном возникновении которого должна происходить не только локализация болезнетворных микроорганизмов в очагах их проникновения со снижением способности к размножению, но и обеспечиваться включение механизмов, повышающих устойчивость растений в целом к негативным абиотическим факторам.

В настоящее время создан ряд высокоэффективных фунгицидных препаратов нового поколения, в связи с чем представлялось необходимым провести сравнительную оценку их эффективности в посевах нового сорта люпина узколистного Искандер универсального направления использования, что и было осуществлено в рамках здания «Оптимизация элементов технологии возделывания люпина узколистного с целью повышения на 8–10 % реализации генетического потенциала его продуктивности и улучшения качества зерна» ГНТП «Инновационные агропромышленные технологии в АПК» (2023–2028 гг.). В условиях опытной культуры были испытаны 4 варианта системы защиты растений люпина от фитопатогенов, предусматривающие двукратное применение в фазы бутонизации и симподиальных побегов ветвления (ВВСН 50-52) и цветения (ВВСН 59-60) 7 видов фунгицидных препаратов, при чередовании действующих веществ различных классов в зависимости от стадии сезонного развития растений. Так, при обработках последних в фазы ВВСН 50-52 и ВВСН 59-60 в 1-м варианте опыта, выбранном в качестве контроля, в обоих случаях был применен препарат *Прозаро, КЭ* (0,8 л/га), во 2-м – соответственно *Ревистар Топ, КЭ* (0,5 л/га) и *Скор, КЭ* (0,2 л/га), в 3-м – соответственно *Серкадис, КС* (0,8 л/га) и *Пиктор Актив, КС* (0,5 л/га), а в 4-м варианте – препараты *Импакт эксклюзив, КС* (0,5 л/га) и *Солигор, КЭ* (0,8 л/га).

Исследования проводили на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на среднеоккультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развитой на легком песчанистом суглинке, подстилаемом с глубины 30–50 см рыхлым песком, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 1,9 %, подвижных соединений фосфора и калия – 325 и 527 мг/кг почвы соответственно. Опыты закладывали в четырехкратной повторности с размером опытной деланки 72 м². Технология возделывания люпина узколистного предусматривала внесение фосфорных (60 кг д.в/га) и калийных (120 кг д.в/га) удобрений осенью под вспашку, азотных – в дозе 60 кг/га д.в. под предпосевную культивацию. Посев проведен 28.03.2025 г. с нормой высева семян 1,2 млн. всхожих зерен на гектар.

Заметим, что в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов [1–17] убедительно показано, что фунгициды, тестируемые на различных сельскохозяйственных культурах, в большинстве случаев проявляли доказанное положительное действие. При этом они не только обеспечивали защиту от фитопатогенов, но и позволяли получать прибавку урожая производимой продукции при улучшении ее качественных характеристик. Вместе с тем установлена также способность данных препаратов оказывать значительное влияние и на физиологическое состояние культиваров, что указывало на необходимость оценки его основных наиболее информативных характеристик. На наш взгляд, важнейшим критерием ответной реакции опытных растений на применение испытываемых фунгицидов являлось выявление соответствующих изменений в пигментном комплексе пластид ассимилирующих органов на основных стадиях сезонного развития, определяющих активность фотосинтетических процессов, а следовательно, и темпы формирования надземной фитомассы.

Для оценки состояния пигментного фонда хлоропластов ассимилирующих органов люпина узколистного, в свежих усредненных пробах листовой ткани определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [18], фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т.Н. Годнева [19] и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [20]. Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel. Отбор растительных образцов произведен на 6-й (фаза цветения–ВВСН 63-65 и на 28 день (фаза бобообразования – ВВСН 7071) после второй обработки фунгицидами.

Цель исследования – определение влияния фунгицидных препаратов на формирование пигментного фонда ассимилирующих органов люпина узколистного в фазы цветения и бобообразования.

Основная часть

Общеизвестно, что обработки растений фунгицидными препаратами, как и другие внешние воздействия, являются сильным стрессовым фактором, в связи с чем следовало ожидать значительного их влияния на состояние пигментного фонда пластид ассимилирующих органов опытных растений. Напомним, что сравнительное повариантное исследование содержания в них зеленых и желтых фотосинтезирующих пигментов после двукратных обработок растений серией испытываемых препаратов проводили дважды за период вегетации – в фазы цветения (ВВСН 63-65) и бобообразования (ВВСН 70-71). При этом были апробированы 4 варианта их защиты от фитопатогенов, различавшиеся набором фунгицидов на обозначенных этапах сезонного развития растений, за исключением варианта с применением *Прозаро*, выбранного в качестве контроля.

В результате данных исследований установлено, что на стадии цветения содержание сухих веществ в листовой ткани растений, дважды по схеме обработанных фунгицидными препаратами, варьировалось в рамках эксперимента в весьма узком диапазоне, составлявшем 13,0–15,9 %. При этом достоверным превышением контрольного уровня данного показателя отмечены варианты с обработками *Ревистар Топ+Скор* и *Серкадис+Пиктор Актив* при отставании от него варианта с использованием *Импакт эксклюзив + Солигор*. Как следует из табл.1, в данный период суммарное содержание хлорофиллов в сухой массе листовой ткани было относительно невысоким и варьировалось по вариантам опыта в диапазоне 44,8–110,5 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 38,1–88,8 мг/100 г, хлорофилла *b* – 6,7–46,4 мг/100 г, а общее содержание желтых пигментов было также незначительным и не превышало 5,0–7,2 мг/100 г. Приведенные показатели оказались вполне сопоставимы с результатами, полученными для культуры люпина белорусскими и российскими исследователями [21, 22].

Заметим, что обработки растений испытываемыми препаратами оказали наиболее существенное влияние на темпы биосинтеза зеленых пластидных пигментов на стадии цветения растений, о чем свидетельствовала значительная ширина диапазонов варьирования в рамках эксперимента не только их общего количества, но и содержания отдельных форм. При этом максимальные значения данных показателей выявлены во 2-м варианте опыта с последовательными обработками препаратами *Ревистар Топ и Скор*, оказавшими наибольшее стимулирующее влияние на формирование хлорофилльного комплекса, тогда как минимальные значения его характеристик установлены в 3-м варианте, что свидетельствовало, напротив, о наиболее сильном ингибирующем воздействии на него препаратов *Серкадис и Пиктор Актив*. Обращает на себя внимание значительное подавление биосинтеза хлорофилла *b* не только в последнем случае, но даже в большей степени на фоне обработок растений по схеме *Импакт эксклюзив+Солигор*, что обусловило увеличение соотношения содержания хлорофиллов *a* и *b* в этих вариантах опыта до 5,8 и 10,6 соответственно против 1,4 и 2,1 при применении препаратов по схеме *Ревистар Топ+Скор* и *Прозаро+Прозаро* (см. табл. 1). В работах ряда исследователей [1, 2, 4, 7, 9] также есть указания на проявление подобного эффекта при обработке растений фунгицидными препаратами, объяснение которому авторы находят в токсичном воздействии последних на состояние хлоропластов, проявляющемся в повреждении их структуры, препятствующем синтезу хлорофиллов и способствующем их разрушению. Наряду с этим ими показано, что некоторые фунгициды способны ингибировать работу ферментов, участвующих в биосинтезе фотосинтезирующих пигментов, особенно в метаболических путях, ведущих к образованию хлорофилла *b*, что и вызывает относительный дефицит последнего по сравнению с хлорофиллом *a*. При этом исследователи отмечают более высокую чувствительность хлорофилла *b* к воздействию некоторых фунгицидов или их компонентов, что способствует подавлению его биосинтеза или ускорению разрушения.

Несмотря на то, что хлорофилл *a* является основным компонентом фотосинтетической системы растений, а хлорофилл *b* играет лишь вспомогательную роль в сборе и передаче световой энергии, выявленное в эксперименте столь интенсивное снижение его содержания в ассимилирующих органах люпина при использовании 3-го и 4-го вариантов фунгицидной защиты (см. табл. 1) косвенно свидетельствовало о наиболее сильном нежелательном влиянии обработок данными препаратами на фотосинтетические процессы, что впоследствии могло привести к снижению продуктивности растений. Вместе с тем, несмотря на весьма низкое содержание в листовой ткани люпина желтых пластидных пигментов и чрезвычайно узкий диапазон его варьирования в рамках эксперимента, только на фоне обработок растений двумя этими препаратами установлено достоверное снижение общего количества каротиноидов относительно контроля. Заметим, что в фазу цветения в трансформации пигментного фонда ассимилирующих органов при обработках фунгицидами *Ревистар Топ+Скор* и *Импакт эксклюзив+Солигор* темпы биосинтеза хлорофиллов в большей степени, нежели в контроле, достоверно превосходили таковые каротиноидов на фоне статистически значимого отставания от него по данному признаку при использовании варианта защиты *Серкадис+Пиктор Актив*.

Таблица 1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в ассимилирующих органах растений люпина узколистного в фазы цветения (ВВСН 63-65) и бобообразования (ВВСН 70-71) на фоне обработок фунгицидными препаратами (мг на 100 г сухой массы)

Варианты опыта	Хлорофилл <i>a</i>		Хлорофилл <i>b</i>		Хлорофилл <i>a</i> / Хлорофилл <i>b</i>	
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>
Фаза ВВСН 63-65						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	57,6±0,2		27,6±0,4		2,1±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	64,1±0,5	11,3*	46,4±0,6	24,9*	1,4±0,1	-29,3*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	38,1±1,0	-19,3*	6,7±0,6	-29,2*	5,8±0,3	10,7*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	88,8±2,1	14,9*	8,4±0,4	-32,4*	10,6±0,3	26,0*
Фаза ВВСН 70-71						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	60,0±0,1		24,0±0,6		2,5±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	65,3±0,3	20,2*	31,3±0,1	12,6*	2,1±0,1	-6,8*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	52,4±0,3	-22,0*	21,2±0,1	-4,7*	2,5±0,1	-0,4
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	54,1±0,6	-10,2*	22,5±0,1	-2,8*	2,4±0,1	-1,5
	Сумма хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i>		Сумма каротиноидов		Сумма хлорофиллов / Сумма каротиноидов	
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>
Фаза ВВСН 63-65						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	85,2±0,6		6,9±0,1		12,3±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	110,5±1,2	19,1*	7,2±0,2	1,6	15,4±0,5	5,5*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	44,8±1,6	-24,0*	5,0±0,3	-6,5*	9,1±0,4	-7,8*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	97,2±2,5	4,7*	5,9±0,2	-5,6*	16,5±0,1	28,8*
Фаза ВВСН 7-71						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	84,0±0,6		9,0±0,1		9,3±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	96,6±0,2	20,3*	9,0±0,1	-0,8	10,8±0,1	16,4*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	73,6±0,3	-15,9*	7,2±0,2	-11,3*	10,3±0,2	5,1*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	76,5±0,6	-9,1*	7,5±0,1	-19,2*	10,2±0,1	14,1*

Примечание. Звездочка (*) – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Аналогичные исследования с ассимилирующими органами растений люпина в фазу бобообразования на фоне двукратного применения фунгицидов, являющихся парными компонентами 4 испытываемых систем защиты растений от фитопатогенов, выявили заметное сходство с предыдущей стадией развития по содержанию в листовой ткани сухих веществ, варьировавшемуся в рамках эксперимента в диапазоне 14,7–17,1 % при достоверном превышении контрольного уровня на фоне обработок препаратами *Ревистар Топ+Скор* и особенно *Импакт Эксклюзив+Солигор* и отсутствии различий с ним при применении варианта защиты *Серкадис+Пиктор Актив*.

Сравнительный анализ состояния пигментного фонда листьев на данной стадии сезонного развития растений люпина выявил также заметное сходство в содержании хлорофиллов *a* и *b* при двукратном применении *Прозаро* (см табл. 1). Это представляется нам весьма логичным, учитывая роль данного варианта опыта при испытании систем защиты от фитопатогенов в качестве контроля. В остальных же вариантах наблюдалось заметное нивелирование межвариантных различий в общем содержании зеленых пигментов по сравнению с фазой цветения до 73,6–96,6 мг/100 г против 44,8–110,5 мг/100, обусловленное активизацией накопления обеих форм хлорофилла при обработках препаратами *Серкадис+Пиктор Актив*, а также ингибированием биосинтеза хлорофилла *b* при применении схемы *Ревистар Топ+Скор* и противоположными по знаку изменениями в содержании хлорофиллов *a* и *b* при использовании варианта *Импакт эксклюзив+Солигор*. Выявленное сближение в рамках полевого эксперимента основных характеристик хлорофилльного комплекса ассимилирующих органов люпина на стадии бобообразования нашло отражение в нормализации соотношения количеств хлорофиллов *a* и *b*, подтверждаемой существенным сужением диапазона варьирования данного показателя по сравнению с фазой цветения до 2,1–2,5 против 1,4–10,6. На наш взгляд, это свидетельствовало об определенной стабилизации фотосинтетического аппарата ассимилирующих органов растений в результате их адаптации к стрессовому воздействию фунгицидных препаратов. Что касается комплекса желтых пластидных пигментов, то на стадии бобообразования во всех вариантах опыта наблюдалось усиление их накопления по сравнению с предыдущим этапом развития растений до 7,2–9,0 мг/100 г против 5,0–7,2 мг/100 г на фоне заметного нивелирования межвариантных различий соотношения количеств хлорофиллов и каротиноидов, варьировавшегося в диапазоне 9,3–10,8 против 9,1–16,5 мг (см. табл. 1).

Поскольку основной задачей настоящих исследований являлось выявление варианта опыта с наиболее выраженным позитивным либо наименьшим негативным влиянием испытываемых фунгицидных препаратов на фотосинтетический аппарат растений люпина, то на обеих стадиях их сезонного развития проведено определение статистически значимых относительных различий тестируемых вариантов опыта с контролем (обработки фунгицидом *Прозаро*) по содержанию в листьях зеленых и желтых пластидных пигментов, результаты которого приведены в табл. 2.

Таблица 2. Относительные различия тестируемых вариантов опыта с контролем по содержанию фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах растений люпина узколистного в фазы ВВСН 63-65 и ВВСН 70-71 на фоне двукратного применения фунгицидных препаратов, %

Показатели	Фаза ВВСН 63-65			Фаза ВВСН 70-71		
	Варианты фунгицидной защиты					
	2.Ревистар Топ+Скор	3.Серкадис+Пиктор Актив	4.Импакт эксклюзив+Солигор	2.Ревистар Топ+Скор	3.Серкадис+Пиктор Актив	4.Импакт эксклюзив+Солигор
Хлорофилл a	+11,3	-33,9	+54,2	+8,8	-12,7	-9,8
Хлорофилл b	+68,1	-75,7	-69,6	+30,4	-11,7	-6,3
Сумма хлорофиллов	+29,7	-47,4	+14,1	+15,0	-12,4	-8,9
Сумма каротиноидов	–	-27,5	-14,5	–	-20,0	-16,7
Суммарный эффект	+109,1	-174,7	-15,8	+54,2	-56,8	-41,7

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

Как и следовало ожидать, на стадии цветения лидирующее положение в активизации биосинтеза первых, особенно хлорофилла *b*, принадлежало варианту опыта с обработками препаратами *Ревистар Топ+Скор* при сопоставимых с контролем темпах биосинтеза каротиноидов, тогда как наиболее выраженное ингибирующее влияние на накопление последних, как, впрочем, и зеленых пигментов, особенно хлорофилла *b*, оказало применение фунгицидов *Серкадис+Пиктор Актив*. Заметим, что на фоне обработок препаратами *Импакт эксклюзив+Солигор* отмечена наиболее значительная в эксперименте активизация биосинтеза хлорофилла *a*, сочетавшаяся со столь же существенным, как и при использовании фунгицидов *Серкадис+Пиктор Актив*, подавлением биосинтеза хлорофилла *b* при заметном отставании от контроля в накоплении желтых пластидных пигментов.

На стадии бобообразования, наблюдалась довольно близкая этой картина ответной реакции пигментного комплекса ассимилирующих органов, но вместе с тем характеризовавшаяся заметным ослаблением проявления выявленных тенденций (см. табл. 2). При этом в единственном варианте опыта с комбинированным применением в системе защиты препаратов *Ревистар Топ* + *Скор* установлено их значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла *b*, с превышением контрольного уровня их общего содержания соответственно на 30 % и 15 %, при отсутствии значимых различий с ним в содержании желтых пигментов. Наиболее существенное нежелательное влияние на состояние фотосинтетического аппарата опытных растений оказало комбинированное применение в системе защиты фунгицидов *Серкадис*+*Пиктор Актив*, обусловившее ингибирование биосинтеза и желтых, и зеленых пластидных пигментов, наиболее значительное в фазу цветения, с отставанием от контроля их содержания при обработках первым препаратом на 28 и 76 %, а вторым – на 12 и 20 %. Наименее выраженное отрицательное воздействие на накопление в листовой ткани фотосинтезирующих пигментов оказало применение системы защиты от фитопатогенов с использованием препаратов *Импакт эксклюзив*+*Солигор*, обусловившее в период цветения превышение на 54 % контрольного уровня содержания хлорофилла *a* при отставании от него на 70 % такового хлорофилла *b*, что привело в итоге к увеличению их общего количества на 14 % и сопровождалось отставанием на 14 % от контроля в содержании каротиноидов. При этом на стадии бобообразования степень обеднения пигментного фонда хлорофиллами уступала таковой в период цветения и не превышала 9%, тогда как для снижения содержания каротиноидов величина данного показателя была сопоставима с установленной на предыдущей стадии и составляла 17 % (см. табл. 2).

Вместе с тем при столь разноплановой картине трансформации пигментного комплекса фотосинтетического аппарата под действием испытываемых систем защиты от фитопатогенов на разных стадиях сезонного развития растений, для интегральной оценки степени влияния данного фактора на содержание хлорофиллов и каротиноидов был определен суммарный эффект. Для этого в каждом варианте опыта проведено суммирование относительных размеров статистически значимых различий исследуемых показателей с контролем (обработки препаратом *Прозаро*), с учетом их знака (см. табл. 2). Как и следовало ожидать, только использование в эксперименте системы защиты с комбинированным применением на обозначенных этапах сезонного развития растений фунгицидов *Ревистар Топ* + *Скор* способствовало существенной активизации биосинтеза фотосинтезирующих пигментов, тогда как в остальных случаях получен отрицательный эффект, наиболее значительный при применении системы защиты с чередованием обработок препаратами *Серкадис*+*Пиктор Актив* и минимальный – при использовании системы защиты с применением препаратов *Импакт эксклюзив*+*Солигор*. При этом, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки препаратом *Прозаро* по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного комплекса пластид листьев люпина занимали промежуточное положение между лидирующей системой защиты и системой с использованием фунгицидов *Импакт эксклюзив*+ *Солигор*.

Заключение

В результате сравнительного исследования в опытной культуре изменений в составе пигментного комплекса ассимилирующих органов люпина узколистного при испытании 4 вариантов системы защиты растений от фитопатогенов, предусматривающей комбинированное двукратное применение фунгицидных препаратов *Ревистар Топ*, КЭ (0,5 л/га) и *Скор*, КЭ (0,2 л/га), *Серкадис*, КС (0,8 л/га) и *Пиктор Актив*, КС (0,5 л/га), а также *Импакт эксклюзив*, КС (0,5 л/га) и *Солигор*, КЭ (0,8 л/га) соответственно и использование в качестве контроля варианта с двукратным применением фунгицида *Прозаро*, КЭ (0,8 л/га) установлено, что лишь применение препаратов по схеме *Ревистар Топ*, КЭ+*Скор*, КЭ оказало значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла *b*, при отсутствии значимых изменений в содержании желтых пигментов. При использовании остальных парных комбинаций фунгицидов выявлено, напротив, ингибирование биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов в листовой ткани растений, особенно в фазу цветения, наиболее выраженное при обработках препаратами *Серкадис*, КС+*Пиктор Актив*, КС и менее значительное при использовании препаратов *Импакт эксклюзив*, КС+*Солигор*, КЭ, причем на стадии бобообразования обеднение пигментного фонда зелеными пигментами при нормализации их состава проявилось менее контрастно, чем в период цветения, при отсутствии подобных различий в содержании желтых пигментов. Показано, что, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки фунгицидом *Прозаро*, КЭ по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного фонда пластид занимали промежуточное положение

между системой защиты с использованием препаратов *Ревистар Топ*, *КЭ+Скор*, *КЭ*, способствующей его обогащению хлорофиллами, и системой с использованием фунгицидов *Импакт эксклюзив*, *КС+Солигор*, *КЭ*, обеспечивающей противоположный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Т. П. Побежимова [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – 3. – 461–475.
2. Лукпанов, Ж. Л. Изменение основных физиологических и биохимических показателей пшеницы под влиянием пестицидов. Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков / Ж. Л. Лукпанов // Труды Казахского научно-исследовательского института защиты растений. – Алма-Ата, 1973. – Т. XII. – С. 202–207.
3. Федулов, Ю. П. Фотосинтез и урожай / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин // В кн. Фотосинтез и дыхание растений: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 51–57
4. Effects of pyraclostrobin on leaf diseases, leaf physiology, yield and quality of durum wheat under Mediterranean conditions / J. T. Tsialtas [et al.]. Crop Protection, 2018. – 113: 48–55.
5. Увеличение продолжительности жизни листьев пшеницы при обработке растений фунгицидом / А. А. Иванов [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2013. – Т. 45. – 2. – С. 164–172.
6. Влияние удобрений и фунгицидов на фитосанитарное, физиологическое состояние и продуктивность зерновых культур / Н. Н. Лысенко [и др.] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – 4 (37). – 14–20.
7. Макаров, В. И. Влияние удобрений и средств химической защиты растений на фотосинтетическую деятельность и урожай озимой пшеницы / В. И. Макаров, В. В. Коломейченко // Удобрения и мелиоранты в интенсивном земледелии Центрально-Чернозёмной зоны Сборник научных трудов Воронежского сельскохозяйственного института имени К. Д. Глинки. – Воронеж, 1989. – С. 59–68.
8. Кошкин Е. И. Физиологические эффекты фунгицидов и гербицидов / Е. И. Кошкин // В кн. Патофизиология сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. – Москва: Проспект, 2016. – С. 87–106.
9. Modern Fungicides: Mechanisms of Action, Fungal Resistance and Phytotoxic effects. Annual Research & Review in Biology / E. V. Baibakova [et al.], 2019. – 3 (32): 1–16.
10. Fungicide Difenoconazole Induced Biochemical and Developmental Toxicity in Wheat (*Triticum aestivum* L.). PlantsLiu, R. [etal.], 2021.-10: 2304. <https://doi.org/10.3390/plants10112304>.
11. Юрин, В. М. Пестициды и растение: влияние на ион-транспортные системы плазматической мембраны: монография / В. М. Юрин [и др.]. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2011. – С. 23–30.
12. Байбакова, Е. В. Физиологические аспекты повышения устойчивости проростков пшеницы и ячменя к ретардантному действию фунгицидов: дисс. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Е. В. Байбакова. – Волгоград, 2022. – 59–61, 111–116.
13. The influence of cyproconazole, fludioxonil and preparations on their basis on the growth of wheat and barley, and grains contamination with fungal diseases. / E. V. Baybakova [et al.] // Conference: The All-Russian Scientific Conference with International Participation and Schools of Young Scientists “Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental”, 2018: 102–105.
14. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat. / Yan-Jun Zhang [et al.] // Pesticide Biochemistry and Physiology, 2010.-98; 151–157.
15. Physiological, biochemical, and nutritional parameters of wheat exposed to fungicide and foliar fertilizer. / L. N. Marques [et al.] // Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 2016. – Vol. 37; 3: 1243–1254.
16. Multi-aspect Comparative Investigation on the Use of Strobilurin and Triazole - based Fungicides for Winter Wheat Disease Control. Fungicides / I. Gaurilčikienė [et al.], 2010: 69–94.
17. Physiological Effects of the Fungicide Azoxystrobin on Wheat Seedlings under Extreme Heat. / LAN Chiu-Yueh [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2019. 47 (3): 683–690. <https://doi.org/10.15835/nbha47311448>.
18. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
19. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.
20. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина: ГОСТ 8756.22-80. Введ. 01.01.81. Дата последнего изменения 13.07.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
21. Содержание хлорофилла у люпина и ячменя в одновидовом и люпино-злаковом агроценозе / А. С. Кононов, М. Ю. Никитушкина // Вестник Брянского государственного университета, -2008. – №4. – С. 44–48.
22. Некоторые физиологические и биохимические показатели сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*), возделываемых в условиях Витебской области / И. М. Морозова [и др.] // Веснік ВДУ, 2013. – № 1(73). – С. 28–33.