

УДК 632.754.1

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КАРАНТИННОГО ВРЕДИТЕЛЯ КРУЖЕВНИЦА ДУБОВОЙ НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

© 2023 г. А. Р. Бибин^{a, b, c, *}, О. Г. Белоус^d, Н. Б. Платонова^d

^aИнститут экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,
ул. И. Арманд, д. 37 а, Нальчик, Кабардино-Балкарская республика, 360051 Россия

^bКавказский государственный природный биосферный заповедник им. Г.Х. Шапошникова,
ул. Карла Маркса, д. 8, Сочи, Краснодарский край, 354340 Россия

^cМайкопский государственный технологический университет,
ул. Первомайская, д. 191, Майкоп, Республика Адыгея, 385000 Россия

^dСубтропический научный центр Российской академии наук,
ул. Яна Фабрициуса, д. 2/28, Сочи, Краснодарский край, 354002 Россия

*E-mail: bibin@inbox.ru

Поступила в редакцию 17.05.2022 г.

После доработки 08.01.2023 г.

Принята к публикации 30.05.2023 г.

В 2015 г. на территории Краснодарского края был обнаружен инвазивный клоп дубовая кружевница (*Corythucha arcuata*) (Say, 1832) — представитель североамериканской фауны клопов-кружевниц (Heteroptera: Tingidae). Основная вредоносность дубовой кружевницы заключается в высасывании клеточных соков из листьев, в результате чего развивается их хлороз, что может представлять особую опасность и является причиной угнетения и гибели дубов. Для оценки воздействия питания дубовой кружевницы мы проанализировали пигментный состав листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) до и после повреждения. Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на спектрофотометре. Оценку функционального состояния фотосинтетического аппарата вели на портативном хлорофилл-флуорометре. В результате установлено существенное снижение содержания основного фотосинтетического пигмента — хлорофилла и каротиноидов, что свидетельствует о подавлении механизма неспецифической защиты растений. Параллельно происходит снижение коэффициента фотосинтетической активности и уровня жизнеспособности. Однако эти негативные процессы хотя бы отчасти компенсируются увеличением хлорофилла b, что предотвращает угнетение ассимиляции CO₂. Поражение вредителем вызывает существенное уменьшение толщины листа в основном за счет уменьшения биометрических параметров губчатой и столбчатой паренхимы.

Ключевые слова: дубовая кружевница, хлорофилл, каротиноиды, негативное воздействие.

DOI: 10.31857/S0024114823060025, **EDN:** YXTROW

В рамках исследования была предпринята попытка оценить воздействие питания клопа дубовой кружевницы на пигментный состав листьев дуба черешчатого. В настоящее время распространено мнение, что столь масштабная дехромация листьев дубов, вызванная питанием клопа-кружевницы, влечет за собой существенное ослабление дубов вследствие сокращения периода фотосинтеза. По этой причине нами поставлена задача — выявить наличие такой тенденции путем анализа изменения пигментного состава листа.

Дубовая кружевница — представитель североамериканской фауны клопов-кружевниц (Heteroptera: Tingidae) (Orvis, Grissino-Mayer, 2002).

Вредоносность дубовой кружевницы заключается в высасывании клеточных соков из листьев (в результате чего развивается их хлороз, вплоть

до полного обесцвечивания) и в загрязнении листьев экскрементами и экзuviaми личинок. Существует мнение, что снижение фотосинтетической активности листьев представляет особую опасность и является причиной угнетения и гибели дубов (Стрюкова и др., 2019).

Основное питание клопы проходят на дубах различных видов, но также могут питаться и развиваться на других растениях (Борисов и др., 2018).

В настоящее время этот вид заселил Северный Кавказ во всем ареале дуба. Наибольшая его численность и видимые повреждения отмечены на территории Краснодарского края, республик Адыгеи и Кабардино-Балкарии.

Ранее нами была предпринята попытка оценить воздействие и экономические потери из-за возможного снижения прироста древесины в дуб-

равах Кавказского экорегиона. Результаты проведенных исследований не дают возможности говорить о негативном влиянии питания клопа на прирост дубов (Бибин, Грабенко, 2021), в связи с чем была поставлена задача определить функциональное состояние растений с привлечением анатомо-физиологических параметров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Для изучения изменения пигментного состава листьев дуба вследствие питания дубовой кружевницей брались пробы до 17.06.2021 и после 20.08.2021 г. поражения клопом с одного дерева на территории 6 кв. Курджипского участка лесничества, Майкопского лесничества Республики Адыгеи.

Возраст искусственных дубрав насаждения в среднем 32 года. Тип леса — свежие дубняки дуба черешчатого (СВДЧ), тип условий произрастания — Д2 (свежая дубрава). Для наших целей было выбрано дерево Д-38, Н-12 м, находящееся в сомкнутых лесных культурах рядовой посадки, с разных сторон кроны которого были срезаны ветки с листьями и переданы в лабораторию.

Следует отметить, что в связи с очень высокой численностью дубовой кружевницы на протяжении последних 5 лет поражение ассимиляционного аппарата дубов оказывается сплошным (фото). Состояние “до поражения” характеризуется нормальным, темно-зеленым цветом листовой у всех деревьев в насаждении, клопы регистрируются единично, следов питания не обнаружено. Состояние “после поражения” отличается светло-серым (кремовым) цветом листовой во всем насаждении, в дальнейшем неизменяемым (не имеет в виду сезонное увядание листовой). Экспозиция кроны и положение дерева в древостое играют роль в начале патологического процесса, влияя на скорость его развития, к концу сезона все деревья оказываются одинаково и тотально дехромированы.

Определение физиологических характеристик состояния растений дуба осуществлялось в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН. Все аналитические определения проводились в трехкратной повторности.

При определении содержания фотосинтетических пигментов использовали спектрофотометрический метод определения содержания хлорофилла и каротиноидов с экстракцией пигментов 96%-ным этанолом и использованием расчетных формул Смитта и Бенитеса (Шлык, 1971). Оптическую плотность экстрагированных пигментов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ (производитель — ООО “ЭКРОСХИМ” (Россия)) при длине волны для хлорофиллов *a* и *b* — 665 и 649 нм,

для каротиноидов — 440.5 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм.

Оценку функционального состояния фотосинтетического аппарата вели по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла на портативном хлорофилл-флуориметре LPT-3CF/RT-Df (Россия). Флуоресценция возбуждается в синей области спектра (470 нм), регистрируется кривая медленной индукции флуоресценции хлорофилла (МИФХ) — медленная фаза кривой Каутского, и на ее базе определяются параметры фотосинтетического преобразования световой энергии в растительной клетке. Полученные показатели позволяют судить о функциональном состоянии фотосинтезирующих тканей и всего растения в целом. Перед измерением мы проводили темновую адаптацию объектов, для чего листья помещали в условия низкой освещенности (менее 50 лк) на 15–20 мин (Будаговская и др., 2006).

Экспериментальные данные, полученные в ходе исследований, были обработаны с использованием общепринятых методов математической статистики с применением пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показал, что при поражении существенно изменяется содержание фотосинтетической группы пигментов: снижение отмечено по группе хлорофилла *a* и, что самое значимое, по группе каротиноидов (табл. 1). Так как основным фотосинтетическим пигментом — это именно хлорофилл *a*, его снижение может приводить к ингибированию фотосинтетической активности листьев, а также — к изменению окраски листовых пластинок (Belous et al., 2018; Кунина, Белоус, 2020). Следует отметить, что хлорофиллы, в частности, хлорофилл *a*, не играют прямой роли в устойчивости. Изменение количества хлорофилла *a* идет на фоне практически любого воздействия.

Однако одновременно происходит существенное увеличение синтеза хлорофилла *b*, который является показателем, связанным с устойчивостью растений к уровню освещенности: у растений, приспособленных к низкой освещенности, его количество выше, чем у светолюбивых (Любименко, 1963; Заленский, 1977; Насыров, 1982; Naboudane et al., 2002; Ракутько и др., 2020). В результате этого процесса сумма хлорофиллов не изменяется. Возможно, в этом причина отсутствия снижения радиального прироста.

Более значимым с точки зрения формирования устойчивости является изменение в содержании пигментов из группы каротиноидов (Крас-

Таблица 1. Характеристика пигментного комплекса листьев дуба

Образец	Оценки фотосинтетической группы пигментов, $M \pm m$, мг/г сырой массы					
	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	$\Sigma_{\text{Хл}}$	$\Sigma_{\text{Кар}}$	Хл <i>a</i> /Хл <i>b</i>	$\Sigma_{\text{Хл}}/\Sigma_{\text{Кар}}$
До поражения	2.13 ± 0.12	0.80 ± 0.04	2.94 ± 0.16	3.64 ± 0.39	0.54 ± 0.06	0.81 ± 0.03
После поражения	1.75 ± 0.21	1.22 ± 0.12	2.97 ± 0.33	2.20 ± 0.24	0.32 ± 0.04	1.35 ± 0.04
НСР($P \leq 0.05$)	0.23	0.12	НС	0.04	0.03	0.46

Примечание. НСР — наименьшая существенная разность между вариантами; НС — несущественно; Хл *a* — хлорофилл *a*; Хл *b* — хлорофилл *b*; $\Sigma_{\text{Кар}}$ — каротиноиды.

Таблица 2. Функциональное состояние фотосинтетического аппарата листьев дуба

Образец	Оценки параметров флуоресценции хлорофилла, $M \pm m$, условных единиц		
	Fm/F _T	Kf _T	Kf _n
До поражения	4.46 ± 0.31	0.78 ± 0.01	0.76 ± 0.01
После поражения	2.36 ± 0.05	0.57 ± 0.00	0.54 ± 0.00
НСР($P \leq 0.05$)	0.14	0.07	0.01

новский, 1994; Cuttriss et al., 2004; Edge, Truscott, 2010). Снижение каротиноидов, а следовательно, и изменение соотношения хлорофиллы/каротиноиды — отрицательный факт, который свидетельствует о подавлении механизма неспецифической защиты, компонентом которого и являются каротиноиды (Рындин и др., 2014).

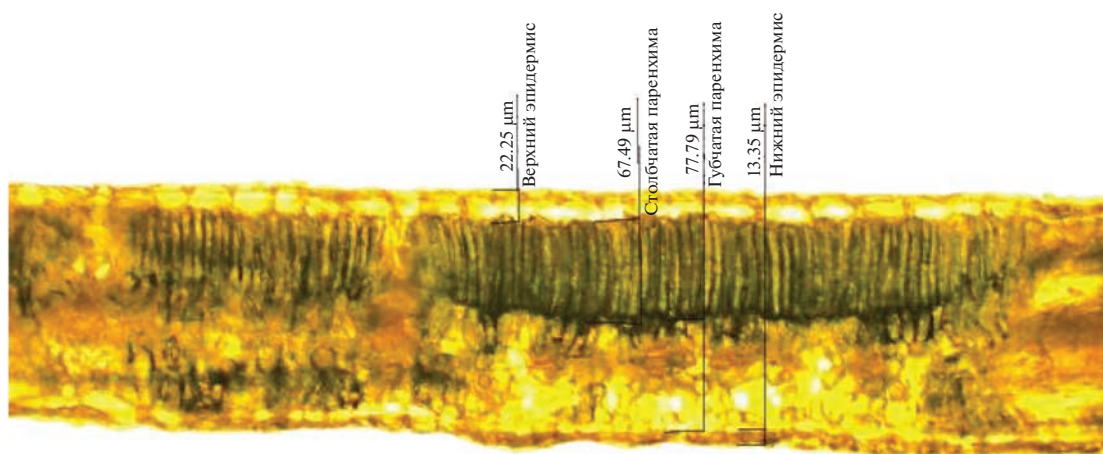
Надежным показателем функционального состояния растений, а также характеристикой, связанной с ассимиляционной деятельностью, является флуоресценция хлорофилла (Baake, Schloder, 1992; Будаговская и др., 2006). Метод оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата по измерению параметров медленной индукции флуоресценции хлорофилла дает возможность быстро оценить реакцию фотосинтетического аппарата на действие факторов среды, в том числе на биотические стрессоры (Корнеев, 2002). Так, В.Н. Гольцевым (Гольцев и др., 2014) показаны примеры использования флуоресценции хлорофилла в изучении стрессовой реакции растений. Авторами отмечено, что по повышению величины минимальной флуоресценции можно судить о способности растений “справляться” со световым стрессом, в то время как при воздействии температурного стресса (заморозки) происходит снижение флуоресценции. Исследователями установлено: в засуху у растений происходит окислительный стресс, что также фиксируется увеличением флуоресценции хлорофилла (Oukarroum et al., 2007; Guo et al., 2008; Longenberger et al., 2009). Ряд авторов отмечает, что флуоресценция хлорофилла является одним из наиболее высокоинформативных, быстрых и неdestructивных диагностических методов для обнаружения и

количественного определения повреждений фотосинтетического аппарата в результате экологического стресса в растениях (Strasser et al., 2004; Strasser et al., 2010).

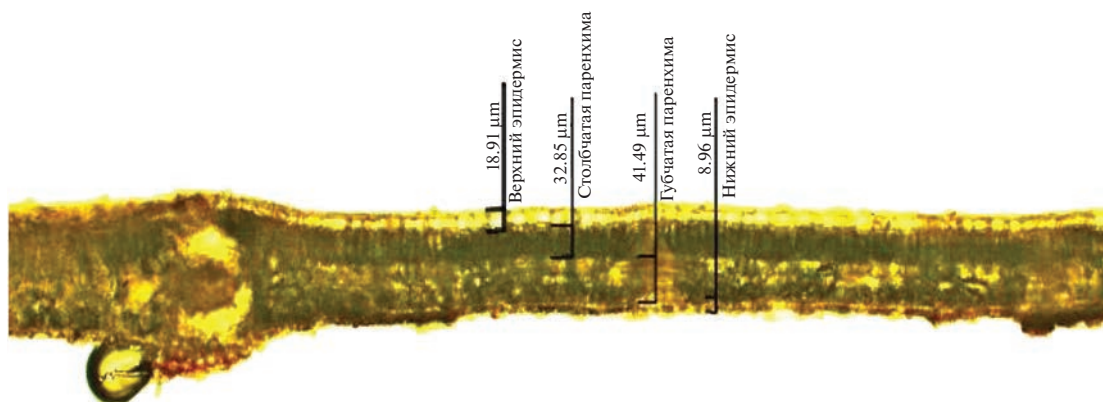
В табл. 2 представлены основные параметры флуоресценции: уровень жизнеспособности (Fm/F_T), показатель фотосинтетической активности по алгоритму экстраполяции (Kf_T), показатель фотосинтетической активности, рассчитанный в каждый текущий момент измерений (Kf_n).

Если уровень жизнеспособности (Fm/F_T), который рассматривается как мера потенциальной активности фотосинтеза, составляет 2.5 единицы и выше, это указывает на высокую активность фотосинтеза, в то время как снижение показателя ниже 2.5 условных единиц, и особенно ниже 1.0, говорит о том, что процесс ассимиляции CO₂ подавлен (Baake, Schloder, 1992; Будаговская, 2001; Гольцев и др., 2014).

Как видно из табл. 2, уровень жизнеспособности (Fm/F_T — т.н. потенциальная активность фотосинтеза) у растений до поражения находится на достаточно высоком уровне, в то время как после поражения существенно снижается, однако не достигает критических (ниже 1.0 единиц) отметок. При этом и коэффициент фотосинтетической активности (Kf_n) у растений после поражения ниже оптимального показателя, что свидетельствует о наличии некоторого стресса, так как в норме эффективность утилизации света при фотосинтезе (т.н. коэффициент фотосинтетической активности — Kf_n) составляет 0.6 единиц и выше, а при стрессах различного происхождения снижается пропорционально ослаблению фото-



Примечание. До поражения (июнь).



Примечание. После поражения (август).

Рис. 1. Биометрические характеристики листьев дуба (показано одно измерение). Примечание. До поражения (июнь). Примечание. После поражения (август).

синтетической функции. В нашем случае поражение кружевницей не только приводит к изменению количественного соотношения фотосинтетических пигментов, но и ослаблению ассимиляционной активности листьев.

Одним из факторов, обеспечивающим устойчивость культур, являются анатомо-морфологические особенности структуры листьев растений (Кунина и др., 2021), создающих естественный механический барьер на пути действия паразитов.

В связи с этим нами были проанализированы изменения анатомо-морфологических характеристик ассимиляционного аппарата. Исследования показали: поражение вредителем вызывает существенное уменьшение толщины не только листа в целом, но и каждого структурного компонента, что хорошо просматривается на рис. 1.

Из данных табл. 3, отражающей полные анатомо-морфологические характеристики листьев ду-

ба, видно, что наиболее сильные изменения затрагивают столбчатую и губчатую паренхимы (вариабельность от 34 до 42%).

Предварительно можно предположить, что некоторое снижение толщины верхнего и нижнего эпидермиса (соответственно в 1.1 и 1.3 раза) приводит к повышению проницаемости мембран, которая провоцирует торможение поглотительной активности клеток и других физиолого-биохимических процессов, осуществляющихся в обычных условиях (Чудинова, Орлова, 2006). Данный вопрос также требует дополнительного исследования, так как влияние клопа-кружевницы, скорее всего, имеет не только видимое изменение вследствие питания растительными соками, но и изменение окраски растительных тканей. В результате действия ферментов слюнных желез, вводимых в ткани, может происходить изменение биохимического состава в повреждаемых частях растений, что также может влиять на



Рис. 2. Листва дуба, пораженного дубовой кружевницей.

метаболические процессы и приводят к увяданию листьев, усыханию растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что питание кружевницы дубовой приводит к существенному изменению ассимиляционного аппарата дуба: происходит существенное снижение содержания основного фотосинтетического пигмента — хлорофилла *a* (в 1.2 раза) и каротиноидов (в 1.65 раза). Это приводит к значительному изменению соотношения

хлорофилл/каротиноиды (в 1.85 раза) и свидетельствует о подавлении механизма неспецифической защиты растений.

Параллельно после поражения происходит ухудшение характеристик фотосинтетической активности, о чем свидетельствуют снижение коэффициента фотосинтетической активности (Kf_n) — в 1.36 раза и уровня жизнеспособности (Fm/F_T) — в 1.88 раза. Однако эти негативные процессы хотя бы отчасти компенсируются увеличением хлорофилла *b*, что предотвращает угнетение ассимиляции CO_2 . Поражение вредителем

Таблица 3. Анатомо-морфологические характеристики листьев дуба

Структурный компонент	Оценки структурных компонентов листа				НСР ($P \leq 0.05$)	V, %
	до поражения		после поражения			
	$M \pm m$, мкм	%	$M \pm m$, мкм	%		
Верхний эпидермис	21.51 ± 0.81	12.0	19.03 ± 0.83	17.0	0.88	9
Столбчатая паренхима	67.37 ± 2.27	37.4	36.32 ± 5.24	32.1	3.84	42
Губчатая паренхима	78.01 ± 1.08	43.4	48.03 ± 8.84	42.2	3.76	34
Нижний эпидермис	12.98 ± 0.41	7.2	9.79 ± 0.93	8.7	1.02	20
Общая толщина	179.87 ± 2.59	100.0	113.16 ± 5.92	100.0	12.4	32

Примечание. НСР — наименьшая существенная разность между вариантами; V, % — коэффициент вариации, $n = 20$.

вызывает уменьшение толщины листа в основном за счет существенного уменьшения (в 1.62–1.85 раза) биометрических параметров губчатой и столбчатой паренхимы. В результате влияние клопа-кружевницы вызывает четко фиксируемый стресс у растений дуба, исследование механизма которого требует детального изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибин А.Р., Грабенко Е.А. Предварительная оценка негативного воздействия карантинного вредителя кружевница дубовая на дубравы Западного Кавказа // Устойчивое лесопользование. 2021. № 2 (66). С. 20–23. https://doi.org/10.12345/2308-541X_2021_66_2_20
- Борисов Б.А., Карпун Н.Н., Бибин А.Р., Грабенко Е.А., Ширяева Н.В., Лягузов М.Е. Новые данные о трофических связях инвазионного клопа дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) в Краснодарском крае и Республике Адыгея по результатам исследований в 2018 году // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 67. С. 188–203.
- Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика функционального состояния растений // Научные основы эффективного садоводства. 2006. С. 101–111.
- Будаговская О.Н. Новые оптические методы и приборы количественной оценки адаптивного потенциала садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. 2001. Т. 28. С. 74–79. ISSN 2073-4948
- Гольцев В.Н., Каладжи М.Х., Кузманова М.А., Аллахвердиев С.И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с. ISBN 978-5-4344-0180-7
- Заленский О.В. Эколого-физиологические аспекты изучения фотосинтеза // Тимирязевские чтения. Л.: Наука, 1977. Вып. 37. 57 с.
- Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев, 2002. 191 с.
- Красновский А.А. Синглетный молекулярный кислород: механизмы образования и пути дезактивации в фотосинтетических системах // Биофизика. 1994. Т. 39. № 2. С. 236–250.
- Кунина В.А., Белоус О.Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Том 6 (72). № 2. С. 108–118. <https://doi.org/10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118>
- Кунина В.А., Белоус О.Г., Коннов Н.А. Морфологические параметры листовой пластинки как показатель функционального состояния городских видов // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. № 77. С. 120–131. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-77-120-131>
- Любименко В.Н. Работы по фотосинтезу и пигментам растений. Киев: АН УССР, 1963. Т. 2. 598 с.
- Насыров Ю.С. Генетическая регуляция формирования и активности фотосинтетического аппарата // Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 146–164.
- Ракутько С.А., Мишанов А.П., Ракутько Е.Н., Маркова А.Е. Дисперсионный анализ биометрических показателей и содержания хлорофилла в листьях рассады томата, выращиваемой в различных условиях световой среды // АгроЭкоИнженерия. 2020. № 2 (103). С. 30–44. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10239>
- Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абилюфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 40–48.
- Стрюкова Н.М., Омеляненко Т.З., Голуб В.Б. Дубовая кружевница в Республике Крым // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 43–44.
- Чудинова Л.А., Орлова Н.В. Физиология устойчивости растений. Пермь, 2006. 124 с. ISBN 5-7944-0653-4
- Шлык А.А. Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
- Baake E., Schloder J.P. Modelling the fast fluorescence rise of photosynthesis // Bulletin of Mathematical Biology. 1992. V. 54. P. 999–1021.
- Belous O., Klemeshova K., Malyarovskaya V. Photosynthetic Pigments of Subtropical Plants // Photosynthesis – from its evolution to future improvements in photosynthetic efficiency using nanomaterials. London: IntechOpen Limited, 2018. P. 31–52. ISBN 978-1-78923-786-3
- Cuttriss A.J., Pogson B.J. Carotenoids // Plant Pigments and Their Manipulation. Boca Raton: CRC Press, 2004. P. 57–91.
- Edge R., Truscott G. Properties of carotenoid radicals and excited states and their potential role in biological systems // Carotenoids: Physical, Chemical, and Biological Functions and Properties. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2010. P. 283–30.
- Guo P., Baum M., Varshney R., Graner A., Grando S., Ceccarelli S. QTLs for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post-flowering drought // Euphytica. 2008. V. 163 (2). P. 203–214.
- Haboudane D., Miller J.R., Tremblay N., Zarco-Tejada P.J., Dextraze L. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture // Remote Sensing of Environment. 2022. V. 81. № 2. P. 416–426.
- Longenberger P.S., Smith C.W., Duke S.E., McMichael B.L. Evaluation of chlorophyll fluorescence as a tool for the identification of drought tolerance in upland cotton // Euphytica. 2009. V. 166 (1). P. 25–33.
- Orvis K.H., Grissino-Mayer H.D. Standardizing the reporting of abrasive papers used to surface tree-ring samples // Tree-Ring Research. 2002. V. 58 (1/2). P. 47–50.
- Oukarroum A., Madidi S.E., Schansker G., Strasser R.J. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering // Environmental and Experimental Botany. 2007. V. 60 (3). P. 438–446.
- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Qiang S., Goltsev V. Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis* // Biochimica Biophysica Acta – Bioenergetics. 2010. V. 1797. P. 1313–1326.
- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient // Advances in Photosynthesis and Respiration. Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2004. P. 321–362.

Assessment of the Negative Impact of the Quarantine Pest Oak Lace Bug in the Western Caucasus

A. R. Bibin^{1, 2, 3, *}, O. G. Belous⁴, and N. B. Platonova⁴

¹*Tembotov's Institute of Ecology of Mountainous Territories of the RAS, I. Armand st. 37 a, Nalchik, 360051 Russia*

²*Caucasian State Natural Biosphere Reserve, Karl Marx st. 8, Sochi, 354340 Russia*

³*Maykop State Technological University, Pervomayskaya st. 191, Maykop, 385000 Russia*

⁴*Subtropical Scientific Center of the RAS, Jan Fabricius st. 2/28, Sochi, 354002 Russia*

*E-mail: bibin@inbox.ru

In 2015, an invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) (Say, 1832), a representative of the North American fauna of lace bugs (Heteroptera: Tingidae), was discovered in the Krasnodar Territory. The main harmfulness of oak lace bug lies in it sucking the cell juices from the leaves, as a result of which their chlorosis develops, which can be especially dangerous and serve as a cause of repression and death of oaks. To assess the foraging impact of oak lace bug, we analysed the pigment composition of English oak (*Quercus robur* L.) leaves before and after infestation. The optical density of the extracted pigments was measured on a spectrophotometer. The functional state of the photosynthetic apparatus was assessed using a portable chlorophyll fluorometer. As a result, a significant decrease in the content of the main photosynthetic pigment, chlorophyll, as well as carotenoids was found, which indicates the suppression of the plant's nonspecific protective mechanism. In parallel, there occurs a decrease in the photosynthetic activity coefficient and the vitality level. However, these negative processes are at least partially offset by an increase in chlorophyll b, which prevents the inhibition of CO₂ assimilation. Pest damage causes a significant decrease in leaf thickness, mainly due to a decrease in the biometric parameters of spongy and columnar parenchyma.

Keywords: oak lace bug, chlorophyll, carotenoids, negative impact.

REFERENCES

- Baake E., Schloder J.P., Modelling the fast fluorescence rise of photosynthesis, *Bulletin of Mathematical Biology*, 1992, Vol. 54, pp. 999–1021.
- Belous O., Klemeshova K., Malyarovskaya V., Photosynthetic Pigments of Subtropical Plants, In: *Photosynthesis – from its evolution to future improvements in photosynthetic efficiency using nanomaterials*, London: IntechOpen Limited, 2018, pp. 31–52.
- Cuttriss A.J., Pogson B.J., Carotenoids, In: *Plant Pigments and Their Manipulation*, Boca Raton: CRC Press, 2004, pp. 57–91.
- Edge R., Truscott G., Properties of carotenoid radicals and excited states and their potential role in biological systems, In: *Carotenoids: Physical, Chemical, and Biological Functions and Properties*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2010, pp. 283–30.
- Guo P., Baum M., Varshney R., Graner A., Grando S., Ceccarelli S., QTLs for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post-flowering drought, *Euphytica*, 2008, Vol. 163 (2), pp. 203–214.
- Haboudane D., Miller J.R., Tremblay N., Zarco-Tejada P.J., Dextraze L., Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture, *Remote Sensing of Environment*, 2022, Vol. 81, No. 2, pp. 416–426.
- Longenberger P.S., Smith C.W., Duke S.E., McMichael B.L., Evaluation of chlorophyll fluorescence as a tool for the identification of drought tolerance in upland cotton, *Euphytica*, 2009, Vol. 166 (1), pp. 25–33.
- Orvis K.H., Grissino-Mayer H.D., Standardizing the reporting of abrasive papers used to surface tree-ring samples, *Tree-Ring Research*, 2002, Vol. 58 (1/2), pp. 47–50.
- Oukarroum A., Madidi S.E., Schansker G., Strasser R.J., Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering, *Environmental and Experimental Botany*, 2007, Vol. 60 (3), pp. 438–446.
- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Qiang S., Goltsev V., Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis*, *Biochimica Biophysica Acta – Bioenergetics*, 2010, Vol. 1797, pp. 1313–1326.
- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A., Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient, In: *Advances in Photosynthesis and Respiration. Chlorophyll a Fluorescence: a Signature of Photosynthesis*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2004, pp. 321–362.
- Zalenskii O.V., *Ekologo-fiziologicheskie aspekty izucheniya fotosinteza* (Ecological and physiological aspects of the photosynthesis study), Leningrad: Nauka, 1977, 56 p.
- Lyubimenko V.N., *Raboty po fotosintezu i pigmentam rastenii* (Research on photosynthesis and plant pigments), Kiev: Izd-vo AN Ukrainkoi SSR, 1963, Vol. 2, 681 p.
- Bibin A.R., Grabenko E.A., Predvaritel'naya otsenka negativnogo vozdviystviya karantinnoogo vreditelya kruzhevnitsa dubovaya na dubravy Zapadnogo Kavkaza (Preliminary assessment of the negative impact of the quarantine pest oak laceweed on the oak forests of the Western Caucasus), *Us-toichivoe lesopol'zovanie*, 2021, No. 2 (66), pp. 20–23. DOI 10.12345/2308-541X_2021_66_2_20
- Borisov B.A., Karpun N.N., Bibin A.R., Grabenko E.A., Shiryayeva N.V., Lyanguzov M.E., Novye dannye o troficheskikh svyazyakh invazionnogo klopa dubovoi kruzhevnitsy *Corythusha arsuata* (Heteroptera: Tingidae) v Krasnodarskom krae i Respublike Adygeya po rezul'tatam issledovaniy

- v 2018 godu (New data on trophic relations of the invasive oak lace bug *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) in the Krasnodar region and in the Republic of Adygea based on the research findings for the year 2018), *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*, 2018, No. 67, pp. 188–203.
- Budagovskaya O.N., Budagovskii A.V., Budagovskii I.A., Goncharov S.A., Kompleksnaya diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya rastenii (Comprehensive diagnostics of the functional state of plants), In: *Nauchnye osnovy effektivnogo sadovodstva* (Scientific foundations of effective horticulture), 2006, pp. 101–111.
- Budagovskaya O.N., Novye opticheskie metody i pribory kolichestvennoi otsenki adaptivnogo potentsiala sadovykh rastenii (New optical methods and instruments for quantitative assessment of the adaptive potential of garden plants), *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2001, Vol. 28, pp. 74–79.
- Gol'tsev V.N., Kaladzhi M.K., Kuzmanova M.A., Allakhverdiev S.I., *Peremennaya i zamedlennaya fluorestsentsiya khlorofilla a — teoreticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii* (Variable and Delayed Chlorophyll a Fluorescence — Basics and Application in Plant Sciences), Moscow-Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2014, 220 p.
- Korneev D.Y., *Informatsionnye vozmozhnosti metoda induktsii fluorestsentsii khlorofilla* (Information possibilities of the method of chlorophyll fluorescence induction), Kyiv, 2002, 191 p.
- Krasnovskii A.A., Singletnyi molekulyarnyi kislorod: mekhanizmy obrazovaniya i puti dezaktivatsii v fotosinteticheskikh sistemakh (Singlet molecular oxygen: formation mechanisms and deactivation pathways in photosynthetic systems), *Biofizika*, 1994, Vol. 39, No. 2, pp. 236–250.
- Kunina V.A., Belous O.G., Sostoyanie fotosinteticheskikh pigmentov list'ev drevesnykh rastenii v usloviyakh gorodskoi sredy (State of photosynthetic pigments leaves of woody plants in an urban environment), *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, 2020, Vol. 6 (72), No. 2, pp. 108–118. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118
- Kunina V.A., Belous O.G., Konnov N.A., Morfologicheskie parametry listvoi plastinki kak pokazatel' funktsional'nogo sostoyaniya gorodskikh vidov (Leaf morphological parameters as an indicator of functional state of plant species used in urban landscaping), *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*, 2021, No. 77, pp. 120–131. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-77-120-131>
- Nasyrov Y.S., Geneticheskaya regulyatsiya formirovaniya i aktivnosti fotosinteticheskogo apparata (Genetic regulation of the formation and activity of the photosynthetic apparatus), In: *Fiziologiya fotosinteza* (Physiology of photosynthesis), Moscow: Nauka, 1982, pp. 146–164.
- Rakut'ko S.A., Mishanov A.P., Rakut'ko E.N., Markova A.E., Dispersionnyi analiz biometricheskikh pokazatelei i soderezhaniya khlorofilla v list'yakh rassady tomata, vyrashchiyaemoy v razlichnykh usloviyakh svetovoi sredy (Variance analysis of biometric indicators and chlorophyll content in tomato seedling leaves grown in different light conditions), *AgroEkoInzheneriya*, 2020, No. 2 (103), pp. 30–44. DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10239
- Ryndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I., Pritula Z.V., Abil'fazova Y.S., Kozhevnikova A.M., Ispol'zovanie fiziologo-biokhimicheskikh metodov dlya vyavleniya mekhanizmov adaptatsii subtropicheskikh, yuzhnykh plodovykh i dekorativnykh kul'tur v usloviyakh subtropikov Rossii (Physiological and biochemical approaches in studying adaptation mechanisms of subtropical, fruit and ornamental crops grown in Russian subtropics), *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2014, No. 3, pp. 40–48.
- Stryukova N.M., Omel'yanenko T.Z., Golub V.B., Dubovaya kruzhavnitsa v Respublike Krym (Oak lace bug in the Republic of Crimea), *Zashchita i karantin rastenii*, 2019, No. 9, pp. 43–44.
- Chudinova L.A., Orlova N.V., *Fiziologiya ustoichivosti rastenii* (Physiology of plant resistance), Perm, 2006, 124 p.
- Shlyk A.A., *Biokhimicheskie metody v fiziologii rastenii* (Biochemical methods in plant physiology), Moscow: Nauka, 1971, 154–170 p.