

УДК 574.4:504.054:666.94(476)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ

А.М. Николайчук*, А.П. Яковлев*, М.Н. Вашкевич*, П.Н. Белый*, И.Н. Ананьева**

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

**ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»

В статье приводятся сведения о влиянии микробных препаратов, разработанных в институте микробиологии НАН Беларуси, «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание хлорофиллов а, b, а также каротиноидов в листьях древесных растений, произрастающих в условиях негативного влияния противогололедных реагентов.

Цель – изучение особенностей влияния микробных препаратов («Гордебак») и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание фотосинтетических пигментов в условиях города.

Материал и методы. *Материалом послужили листья древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей г. Минска и г. Могилева (липа мелколистная, конский каштан обыкновенный, ясень обыкновенный, клен остролистный). Древесные растения, принимающие участие в исследованиях, были обработаны противомикробными препаратами – «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1. Контролем послужили листья растений, не подвергшиеся обработкам. Определяли содержание хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами. Для исследования было заложено 15 пробных площадок в г. Минске и г. Могилеве.*

Результаты и их обсуждение. *Анализируя полученные результаты влияния микробных препаратов «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на древесные растения, произрастающие в городских условиях, следует отметить, что содержание пигментов в листьях древесных растений после их обработки увеличивается, это происходит в основном за счет повышения доли хлорофилла b в общем фонде пигментов и незначительного увеличения хлорофилла а. Однако количество каротиноидов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами, наоборот, снижается.*

Заключение. *Применение микробных препаратов «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 оказывает положительный эффект на растительные организмы, повышая их устойчивость в городских условиях, т.к. большинство исследованных видов после обработки данными препаратами хоть и незначительно, но увеличивает содержание фотосинтетических пигментов, особенно хлорофиллов а и b.*

Ключевые слова: *пигменты, хлорофилл а, хлорофилл b, каротиноиды, микробные удобрения, «Гордебак», штаммы микроорганизмов – CR-6 и CA-1, противогололедные реагенты.*

FEATURES OF THE COMPOSITION OF THE PIGMENT COMPLEX OF WOOD PLANT LEAVES IN URBAN CONDITIONS WHEN APPLYING MICROBIAL FERTILIZERS

A.M. Nikolaychuk*, A.P. Yakovlev*, M.N. Vashkevich*, P.N. Bely*, I.N. Ananyeva**

*Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus

**Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus

The article provides information on the effect of microbial preparations developed at the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus – Gordebak and microorganism strains – CR-6 and CA-1, on the content of chlorophylls a, b, as well as carotenoids in the leaves of woody plants growing under the negative influence of anti-icing reagents.

The purpose of the article is to study the characteristics of the influence of microbial preparations (“Gordebak” and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1) on the content of photosynthetic pigments in a city.

Material and methods. *The material for the study was the leaves of woody plants growing along large highways in Minsk and Mogilev (small-leaved linden, horse chestnut, common ash, holly maple). The woody plants participating in the research were treated with antimicrobial agents – “Gordebak” and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1. The content of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids in the leaves of woody plants was determined before and after treatment with microbial preparations. For the study, 15 test sites were laid in Minsk and in Mogilev.*

Findings and their discussion. *Analyzing the results of the influence of the microbial preparations “Gordebak” and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1 on woody plants growing under conditions of soil contamination with anti-icing reagents, it should be noted that the content*

of pigments in the leaves of woody plants increases after treatment, this is mainly due to an increase in the proportion of chlorophyll b in the total pigment stock and a slight increase in chlorophyll a. However, the amount of carotenoids in the leaves of woody plants after treatment with microbial preparations, on the contrary, decreases.

Conclusion. *The application of the microbe preparations "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1 results in a positive effect on vegetation organisms by increasing their stability in urban conditions since most of the studied species after treatment with these preparations slightly increased the content of photosynthetic pigments, especially chlorophylls a and b.*

Key words: *pigments, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, microbial fertilizers, "Gordebak" and strains of microorganisms – CR-6 and CA-1, deicing reagents.*

Функционирование промышленных предприятий и транспортных средств сопровождается загрязнением атмосферного воздуха, воды и почвы, которое зависит от особенностей технологии производства, мощности предприятий, эффективности работы очистных устройств, определяющих рассеивание аэротехногенных поллютантов и их распространение в окружающей среде. Проблема загрязнения воздуха особенно актуальна для городов, в которых сконцентрировано около 70% населения нашей страны и располагаются основные источники загрязнения – автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия. Эти источники ежегодно выбрасывают в атмосферу Беларуси большое количество загрязняющих веществ, включая диоксид серы, оксиды азота, оксид и диоксид углерода, углеводороды, тяжелые металлы.

Наиболее вероятной причиной массового повреждения и гибели растений в придорожных лесах вдоль МКАД считается отравление их хлоридом натрия. Повреждение придорожных насаждений обусловлено токсическим воздействием высоких концентраций хлоридов на надземные живые ткани растений, в первую очередь, на почки и прилегающие к ним ткани. Высокое содержание хлоридов натрия и кальция в придорожных почвах может также вызывать угнетение насаждений вследствие осмотических механизмов действия рассолов и дисбаланса потребления элементов растениями. Поэтому увеличение в почве придорожных лесов содержания подвижного хлора, который в нативной дерново-подзолистой почве присутствует в следовых количествах, вызывает существенную опасность [1].

Древесные растения на протяжении многих веков приспосабливались к изменениям, которые естественным образом происходили в окружающей среде. Теневые листья обычно имеют более высокую концентрацию хлорофилла *b*, чем световые. Длительный водный стресс ингибирует синтез хлорофиллов, чаще всего группы *b*. Каротиноидам принадлежит ключевая роль в предотвращении негативных проявлений от разрушения органических молекул свободными радикалами в процессах окисления, и, как светопоглощители, каротиноиды разделяют с хлорофиллом ключевую роль в энергетическом метаболизме высших растений. Считается, что хлорофилл *a* выполняет основную работу в составе светособирающего комплекса, а хлорофилл *b* и каротиноиды отвечают за функцию дополнительных и защитных пигментов [2].

Неблагоприятные условия среды (выбросы автотранспортных средств, влияние противогололедных реагентов) оказывают существенное влияние на фотосинтетический аппарат древесных растений и кустарников. Газообразные токсиканты могут нарушить световую и темновую стадию фотосинтеза, воздействуя на состояние пигментов [3]. Загрязнители атмосферы оказывают неодинаковое воздействие у разных по газоустойчивости видов, как на количественное содержание пигментов, так и на соотношение их форм [4]. Так, В.С. Николаевский установил, что чем выше процентное содержание хлорофиллов *a* и *b*, а также суммарное содержание всех пигментов, тем более устойчивым является растение. У толерантных видов количество хлорофилла *b* может возрасти в 2–3 раза. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* у растений является признаком фотохимической активности листьев, т.е. увеличение соотношения Хл *a*/Хл *b* является показателем высокой потенциальной интенсивности фотосинтеза [5]. В связи с этим актуальными являются вопрос изучения динамики содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений в зависимости от условий техногенной нагрузки на насаждения как одного из показателей устойчивости древесных растений к неблагоприятному влиянию поллютантов и определение влияния на пигментный фонд растений внесения бактериальных удобрений.

Чтобы снизить негативное воздействие противогололедных реагентов, а также улучшить рост древесных растений, произрастающих вдоль магистралей крупных городов нашей страны, в институте микробиологии НАН Беларуси предложили использовать микробные удобрения, содержащие солеустойчивые азотфиксирующие штаммы микроорганизмов – CR-6 и CA-1, а также биоудобрение «Гордебак». В настоящее время лаборатория экологической физиологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад» совместно с институтом микробиологии НАН Беларуси, а также с ПКУП «Минскзеленстрой» проводит эксперимент по изменению реакции древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей в различных районах г. Минска и г. Могилева, до и после обработки микробным удобрением «Гордебак» и двумя штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1.

Биоудобрение «Гордебак» используется для повышения урожайности и ускорения адаптации здорового посадочного материала древесных растений. Применение препарата эквивалентно дополнительному внесению 15–20% минерального азота и фосфора на гектар, так как основой препарата являются ассоциативные азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии. «Гордебак» не фитотоксичен, безвреден для человека, живот-

ных, рыб и полезных насекомых. Вегетирующие растения необходимо поливать 10% рабочей жидкостью (1 л препарата + 10 л воды), удобрение разбавляют непосредственно перед применением [6].

Солеустойчивые азотфиксирующие штаммы бактерий CR-6 и CA-1 были выделены в ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» из образцов дерново-подзолистой почвы, отобранной в районе действия ОАО «Беларуськалий». Штаммы CR-6 и CA-1 оказывают стимулирующий эффект на рост растений в условиях засоления, не являются патогенными для человека и животных [7]. Рабочий раствор для полива растений готовили из расчета: 2 части штамма CR-6 + 1 часть штамма CA-1 на 10 л воды.

Цель статьи – изучение особенностей влияния микробных препаратов («Гордебак») и штаммов микроорганизмов – CR-6 и CA-1 на содержание фотосинтетических пигментов в условиях города.

Материал и методы. В летний период 2019 года нами были отобраны листья липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) и клена остролистного (*Acer platanoides* L.), произрастающих вдоль крупных магистралей нашей столицы (г. Минска) и областного центра нашей страны – г. Могилева, где были заложены ключевые участки (КУ): 11 КУ в г. Минске и 4 КУ в г. Могилеве, на которых опытные древесные растения были обработаны микробным препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1 (табл. 1). Обработка древесных растений проводилась двукратно: первый раз – в конце весны и повторно – через один месяц. На каждой пробной площадке 5 деревьев были обработаны микробными препаратами и 5 растений выступали в роли контрольных образцов.

В качестве критерия устойчивости древесных растений к негативному влиянию загрязнения атмосферного воздуха на окружающую среду была использована видоспецифичность пигментного комплекса перечисленных выше видов растений.

Таблица 1

Наименования ключевых участков (КУ) отбора проб листьев древесных растений для определения содержания пигментов

№ КУ	Вид растения	Место отбора проб
КУ-1	Клен остролистный	г. Минск, Кольцевая
КУ-2	Ясень обыкновенный	г. Минск, пр. Победителей, у дороги
КУ-3	Ясень обыкновенный	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд
КУ-4	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Орловская
КУ-5	Липа мелколистная	г. Минск, напротив гимназии 23, слева
КУ-6	Конский каштан обыкновенный	г. Минск, гимназия 23, справа
КУ-7	Липа мелколистная	г. Минск, ГУМ, справа
КУ-8	Липа мелколистная	г. Минск, ГУМ, слева
КУ-9	Липа мелколистная	г. Минск, Главпочтамт, слева
КУ-10	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Купревича, справа
КУ-11	Липа мелколистная	г. Минск, ул. Купревича, слева
КУ-12	Липа мелколистная	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21, справа
КУ-13	Липа мелколистная	г. Могилев, ул. Первомайская, 31
КУ-14	Липа мелколистная	г. Могилев, ул. Симонова, 14
КУ-15	Рябина обыкновенная	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»

Для определения содержания пигментов отбирались образцы из средней части кроны в середине дня, когда содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях наибольшее (11.00–14.00). В лабораторных условиях определяли содержание хлорофилла *a*, *b* (Хл *a*, Хл *b*) и каротиноидов (К) спектрофотометрическим методом. Пигменты извлекали из листьев ацетоном. Содержание пигментов в листьях рассчитывали в два этапа:

1 этап – расчет концентрации пигментов листьев в ацетоне по формулам Веттштейна (мг/л):

$$Ca = 9,784 \cdot E662 - 0,990 \cdot E644 \quad (1)$$

$$Cb = 21,426 \cdot E644 - 4,650 \cdot E662 \quad (2)$$

$$Ck = 4,695 \cdot E440,5 - 0,268 \cdot (Ca + Cb), \quad (3)$$

где *E*662, *E*644, *E*440,5 – показатели оптической плотности при соответствующих длинах волн (662; 644; 440,5);

2-й этап – расчет количества пигментов в листьях (мг/г сырой массы):

$$A = \frac{V \cdot C}{P \cdot 1000},$$

где V – объем спиртовой вытяжки (10 мл); C – концентрация пигментов в растворе ацетона (мг/л); P – навеска растительного материала (0,1 г)

Повторность опыта трехкратная, полученные результаты обработаны с помощью программы Excel [4].

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что в условиях города Минска в листьях липы мелколистной во всех случаях (кроме КУ-5 и 7) происходит увеличение содержания хлорофиллов a и b в растениях, которые в начале вегетационного периода были обработаны микробным препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и CA-1 (табл. 2).

Содержание хлорофилла a в листьях липы колеблется от $1,16 \pm 0,01$ до $1,92 \pm 0,01$ мг/г в контрольных образцах и от $1,00 \pm 0,01$ до $2,00 \pm 0,02$ мг/г в листьях липы, обработанной микробными препаратами. На ключевом участке 5 количество хлорофилла a как в контрольном, так и опытном вариантах было самым низким по сравнению с другими участками отбора проб.

Что касается хлорофилла b , то следует сказать, что его содержание после обработки микробными препаратами ниже в тех же точках отбора, где и содержание хлорофилла a (КУ-5 и 7). Так, на КУ 5 его значение было самым низким – $0,45 \pm 0,01$ мг/г. На других ключевых участках количество хлорофилла b повышается после обработки деревьев микробными препаратами. Однако содержание хлорофилла b в листьях липы на КУ-8 в обработанном варианте увеличивается в 1,95 раза по сравнению с контрольными пробами ($1,67 \pm 0,16$ и $0,86 \pm 0,07$ мг/г соответственно).

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях липы мелколистной, произрастающей в условиях г. Минска, до и после обработки микробными препаратами (мг/г сырой массы)

№ КУ	Место отбора проб	Хл a	Хл b	К
КУ-4	г. Минск, ул. Орловская, контроль	$1,71 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,10$	$0,22 \pm 0,03$
	г. Минск, ул. Орловская, обработка	$1,89 \pm 0,02$	$1,35 \pm 0,22$	$0,11 \pm 0,06$
КУ-5	г. Минск, напротив гимназии 23 слева, контроль	$1,16 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,06$	$0,29 \pm 0,01$
	г. Минск, напротив гимназии 23 слева, обработка	$1,00 \pm 0,01$	$0,45 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,02$
КУ-7	г. Минск, ГУМ справа, контроль	$1,76 \pm 0,01$	$1,08 \pm 0,20$	$0,10 \pm 0,05$
	г. Минск, ГУМ справа, обработка	$1,28 \pm 0,02$	$0,49 \pm 0,17$	$0,31 \pm 0,05$
КУ-8	г. Минск, ГУМ слева, контроль	$1,77 \pm 0,01$	$0,86 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,02$
	г. Минск, ГУМ слева, обработка	$2,00 \pm 0,02$	$1,67 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,04$
КУ-9	г. Минск, Главпочтамт слева, контроль	$1,92 \pm 0,01$	$1,05 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,01$
	г. Минск, Главпочтамт слева, обработка	$1,98 \pm 0,01$	$1,36 \pm 0,09$	$0,05 \pm 0,02$
КУ-10	г. Минск, ул. Купревича справа, контроль	$1,44 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,06$	$0,26 \pm 0,01$
	г. Минск, ул. Купревича справа, обработка	$1,53 \pm 0,01$	$0,67 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,01$
КУ-11	г. Минск, ул. Купревича слева, контроль	$1,39 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,11$	$0,27 \pm 0,03$
	г. Минск, ул. Купревича слева, обработка	$1,73 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,01$

Интересно отметить, что у липы мелколистной происходит уменьшение числа каротиноидов у особей, обработанных микробными препаратами. А на КУ-5 и 7, где снижалось число как хлорофилла a , так и хлорофилла b в обработанных вариантах, содержание каротиноидов, наоборот, увеличилось и составило $0,31 \pm 0,02$ и $0,31 \pm 0,05$ мг/г соответственно, что является максимальным значением для данного показателя у липы мелколистной. Причем у липы возле ГУМа справа (КУ-7) число каротиноидов в обработанном варианте увеличилось в 3,1 раза по сравнению с контрольным вариантом. Минимальное количество каротиноидов у липы мелколистной в условиях города Минска отмечено на КУ-9 ($0,05 \pm 0,02$ мг/г) у особей после обработки микробными препаратами, а также в районе ГУМа слева (КУ 8) – $0,08 \pm 0,04$ мг/г (табл. 2).

На диаграмме показано суммарное содержание хлорофилла a , b и каротиноидов в листьях липы мелколистной до и после обработки микробными препаратами (рис. 1). На всех точках отбора проб кроме КУ-5 и 7 сумма пигментов была больше у обработанных особей. Наибольшая разница отмечена у липы, произрастающей около ГУМа с левой стороны (КУ-8) – $2,78 \pm 0,13$ мг/г в контрольном и $3,75 \pm 0,24$ мг/г в обработанном вариантах и на ул. Орловской (КУ-4) – $2,68 \pm 0,18$ мг/г и $3,35 \pm 0,37$ мг/г соответственно.

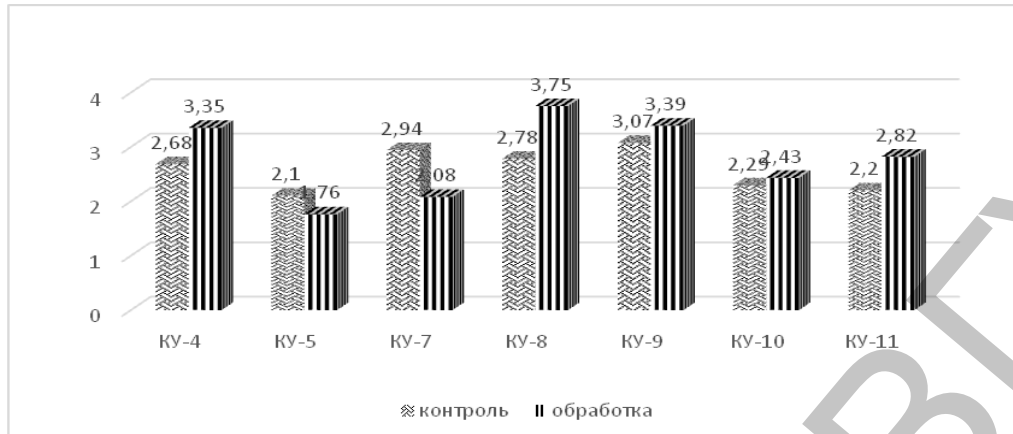


Рис. 1. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях липы мелколистной до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Минск

Кроме липы мелколистной, в исследовании участвовали клен остролистый (КУ-1), ясень обыкновенный (КУ-2 и 3), конский каштан обыкновенный (КУ-6). Анализ проведенных исследований позволил установить, что содержание хлорофилла *a* и *b* у обработанных микробными препаратами особей увеличивается за исключением ясеня обыкновенного на КУ-3 (пр. Победителей, 2-й ряд) (табл. 3). Наибольшая разница в количестве хлорофилла *a* в контрольных и обработанных образцах отмечена у конского каштана обыкновенного, произрастающего на КУ-6 около гимназии 23 справа ($0,91 \pm 0,01$ мг/г и $1,44 \pm 0,01$ мг/г соответственно). Также у этого вида была выявлена наибольшая разница в содержании хлорофилла *b* ($0,29 \pm 0,16$ мг/г и $0,56 \pm 0,09$ мг/г соответственно). Что касается количества каротиноидов, то следует отметить их снижение у видов, обработанных микробными препаратами, на всех точках отбора проб за исключением ясеня обыкновенного, произрастающего на КУ-3, где содержание хлорофилла *a* и *b* повышалось у обработанных видов (табл. 3).

Таблица 3

Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами в условиях г. Минска

№ КУ	Вид растения	Место отбора	Хл а	Хл b	К
КУ-1	Клен остролистый (контроль)	г. Минск, Кольцевая	$1,79 \pm 0,08$	$0,97 \pm 0,07$	$0,14 \pm 0,04$
	Клен остролистый (обработка)	г. Минск, Кольцевая	$1,90 \pm 0,01$	$1,16 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,01$
КУ-2	Ясень обыкновенный (контроль)	г. Минск, пр. Победителей у дороги	$1,63 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,01$
	Ясень обыкновенный (обработка)	г. Минск, пр. Победителей, у дороги	$1,76 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,11$	$0,16 \pm 0,02$
КУ-3	Ясень обыкновенный (контроль)	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд	$1,59 \pm 0,01$	$0,75 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,01$
	Ясень обыкновенный (обработка)	г. Минск, пр. Победителей, 2-й ряд	$1,45 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,01$
КУ-6	Конский каштан обыкновенный (контроль)	г. Минск, гимназия 23 справа	$0,91 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,16$	$0,31 \pm 0,05$
	Конский каштан обыкновенный (обработка)	г. Минск, гимназия 23 справа	$1,44 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,09$	$0,30 \pm 0,03$

На рис. 2 хорошо видно различие в суммарном содержании хлорофиллов и каротиноидов у некоторых видов древесных растений, участвующих в проведении эксперимента. Самое значительное различие между контрольными и обработанными вариантами установлено у конского каштана обыкновенного на КУ-6 (рис. 2). У ясеня обыкновенного, произрастающего на КУ-3, отмечается незначительное снижение общего количества пигментов у особей, обработанных микробными препаратами.

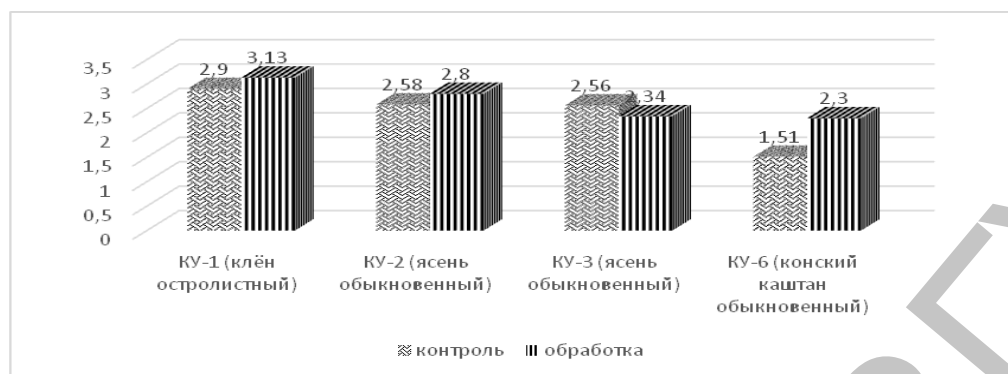


Рис. 2. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях клена остролистного, ясеня обыкновенного и конского каштана обыкновенного до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Минск

В г. Могилеве в летний период были отобраны для исследования листья липы мелколистной и рябины обыкновенной. Из данных табл. 4 видно, что у липы мелколистной содержание хлорофилла *a* и хлорофилла *b* на КУ-12 у обработанных видов повышается незначительно (Хл *a* – 1,99±0,01 мг/г в контроле и 2,00±0,01 мг/г в обработке, Хл *b* – 1,57±0,02 мг/г и 1,59±0,1 мг/г соответственно). У липы мелколистной, произрастающей на КУ-14, содержание хлорофиллов *a* и *b* снижается у особей после обработки микробными препаратами с одновременным незначительным повышением каротиноидов. Что касается рябины обыкновенной, то здесь замечено снижение хлорофилла *a* и каротиноидов и незначительное увеличение хлорофилла *b* у видов, обработанных микробными препаратами (табл. 4).

Таблица 4

Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами в условиях г. Могилева

№ КУ	Вид растения	Место отбора	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	К
КУ-12	Липа мелколистая (контроль)	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21 справа	1,99±0,01	1,57±0,02	0,06±0,01
	Липа мелколистая (обработка)	г. Могилев, пр. Пушкинский, 21 справа	2,00±0,01	1,59±0,11	0,06±0,03
КУ-13	Липа мелколистая (контроль)	г. Могилев, ул. Первомайская, 31	1,10±0,01	0,40±0,06	0,22±0,02
	Липа мелколистая (обработка)	г. Могилев, ул. Первомайская, 31	1,23±0,01	0,34±0,23	0,31±0,07
КУ-14	Липа мелколистая (контроль)	г. Могилев, ул. Симонова, 14	1,64±0,01	0,84±0,08	0,19±0,02
	Липа мелколистая (обработка)	г. Могилев, ул. Симонова, 14	1,44±0,01	0,57±0,11	0,23±0,02
КУ-15	Рябина обыкновенная (контроль)	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»	1,63±0,01	0,77±0,09	0,17±0,02
	Рябина обыкновенная (обработка)	г. Могилев, ул. Симонова, 19 «А»	1,36±0,01	0,84±0,42	0,16±0,11

Сумма всех пигментов в листьях древесных растений, произрастающих вдоль крупных магистралей г. Могилева, до и после обработки микробными препаратами изображена на графике (рис. 3). Установлено, что у липы мелколистной на ключевом участке 12 нет значительных различий в содержании хлорофиллов и каротиноидов у контрольных и обработанных особей (3,62±0,04 и 3,65±0,20 мг/г соответственно). А у липы мелколистной на ул. Симонова, 14 (КУ-14) и у рябины обыкновенной на ул. Симонова, 19 «А» (КУ-15) происходит снижение суммы пигментов в листьях особей, обработанных микробными препаратами (рис. 3).

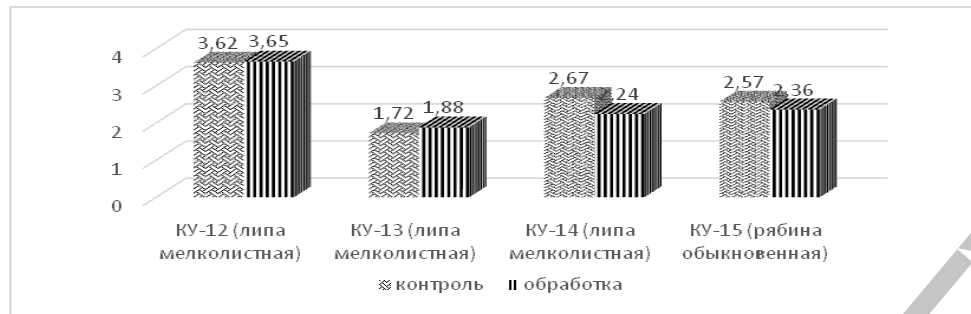


Рис. 3. Суммарное количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях древесных растений до и после обработки микробными препаратами (мг/г), г. Могилев

Заключение. Анализируя полученные результаты влияния обработок препаратами «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и СА-1, следует отметить незначительное увеличение содержания пигментов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами в городских условиях. Увеличение происходит в основном за счет повышения доли хлорофилла *b* в общем фонде пигментов и незначительного увеличения хлорофилла *a*. Однако при повышении суммы хлорофиллов снижается количество каротиноидов в листьях древесных растений после обработки микробными препаратами. В некоторых случаях (КУ-12) у липы мелколистной содержание фотосинтетических пигментов до и после обработки препаратом «Гордебак» и штаммами микроорганизмов – CR-6 и СА-1 практически одинаково. А у липы, произрастающей напротив гимназии 23 и около ГУМа справа в г. Минске (КУ-5 и КУ-7), а также на ул. Симонова, 14 в г. Могилеве (КУ-14), отмечается снижение содержания количества пигментов в листьях после обработки микробными препаратами. То же происходит и у ясеня обыкновенного, чьи листья были отобраны на исследования на пр. Победителей во 2-м ряду от дороги в г. Минске (КУ-3).

Можно сказать, что применение микробного препарата «Гордебак» и штаммов микроорганизмов – CR-6 и СА-1 оказывает положительный эффект на растительные организмы, повышая их устойчивость в городских условиях, так как большинство исследованных нами видов после обработки данными препаратами хоть и незначительно, но увеличивает содержание фотосинтетических пигментов, особенно хлорофиллов *a* и *b*. Исследования, позволяющие установить зависимость влияния микробных препаратов на рост и развитие древесных растений в городских условиях, будут продолжены в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысиков, А.Б. Динамика загрязнения почв сосновых насаждений в зоне Московской кольцевой автодороги / А.Б. Лысиков // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С. 18–24.
2. Павлова, Л.М. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде / Л.М. Павлова, И.М. Котельникова, Н.Г. Куимова, Н.Ю. Леусова, Л.П. Шумилова // Вестник РУДН. Сер., Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С. 11–17.
3. Сергейчик, С.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С.А. Сергейчик, А.А. Сергейчик, Е.А. Сидорович; под ред. Б.И. Якушева. – Минск: Беларус. навукa, 1998. – 199 с.
4. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. пособие / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина; под ред. Б.А. Рубина. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
5. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
6. Гордебак [Электронный ресурс] / Ин-т микробиологии НАН Беларуси. – Режим доступа: <http://mbio.bas-net.by>. – Дата доступа: 05.12.2019.
7. Наумович, Н. Выделение и характеристика солеустойчивых азотфиксирующих и фосфатсольюбилизирующих бактерий / Н. Наумович, З. Алещенкова // Zmogaus ir gamtos sauga: 24 international Scientific conference «Human and Nature Safety», 9–11 May 2018. – Lithuania, 2018. – S. 184–187.

REFERENCES

1. Lysikov A.B. *Lesovedeniye* [Forestry], 2005, 5, pp. 18–24.
2. Pavlova L.M., Kotelnikova I.M., Kuimova N.G., Leusova N.Yu., Shumilova L.P. *Vestnik RUDN seriya "Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti"* [Bulletin of RUDN, Series "Ecology and Life Safety", 2010, 2, pp. 11–17.
3. Sergeychik S.A., Sergeychik A.A., Sidorovich E.A. *Ekologicheskaya fiziologiya khvoynykh porod Belarusi v tekhnogennoi srede* [Ecological Physiology of Coniferous Species of Belarus in the Technogenic Environment], Mn.: Bel. navuka, 1998, 199 p.
4. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Handobin L.M. *Bolshoi praktikum po fiziologii rastenii. Fotosintez. Dykhanie: uchebnoye posobiye* [Big Practice Book on Plant Physiology. Photosynthesis. Breathing: Practice Book], M.: Vysshaya shkola, 1975, 392 p.
5. Nikolaevskiy V.S. *Biologicheskiye osnovy gazoustoichivosti rastenii* [Biological Basis of Gas Resistance of Plants], Novosibirsk: Nauka, 1979, 280 p.
6. *Gordebak: Institut mikrobiologii NAN Belarusi* [Gordebak: Institute of Microbiology of the NAS of Belarus]. – Available at: <http://mbio.bas-net.by>. – Accessed: 12/05/2019.
7. Naumovich N., Aleshchenkova Z. *Zmogaus ir gamtos sauga. 24 international Scientific conference "Human and Nature Safety", 9–11 May 2018. – Lithuania, 2018. – S. 184–187.*

Поступила в редакцию 28.01.2020

Адрес для корреспонденции: e-mail: alla_nik77@mail.ru – Николайчук А.М.