

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

E.Yu. Kolmogorova

MORPHOPHYSIOLOGICAL ESTIMATION OF THE STATE OF THE BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH) GROWING IN THE CONDITIONS OF SPOIL DUMP KEDROVSKY COAL MINE

Колмогорова Е.Ю. – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. экологического биомониторинга Института экологии человека СО РАН Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru

Kolmogorova E.Yu. – Cand. Biol. Sci., Staff Scientist, Lab. Ecological Biomonitoring, Institute of Ecology of Man, SB RAS, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, Kemerovo. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru

*Интенсивное развитие угольных месторождений в Кузбассе ведет к значительному нарушению биогеоценоза. Отвалы, возникающие при открытой добыче полезных ископаемых, специфичны по экологическим условиям. В условиях породных отвалов Кузбасса наиболее пригодной для фитомелиорации является *Betula pendula* Roth благодаря высокой семенной активности и малотребовательности к плодородию почв. Восстановление нарушенных земель растительным покровом на современном этапе имеет большое значение. В статье представлены результаты по изучению интенсивности синтетических процессов у *Betula pendula* Roth, произрастающей в условиях породного отвала и динамики сезонного роста боковых побегов и их элементов. Интенсивность синтетических процессов оценивали по содержанию в листьях углеводов и аскорбиновой кислоты. Оценку фотосинтетической способности листьев березы определяли бескамерным методом, который позволяет рассчитать интенсивность процесса по количеству углеводов, образующихся в листьях на каждый грамм их исходного содержания за определенный период экспозиции на свету. Аскорбиновая кислота относится ко вторичным метаболитам, тем не менее ее содержание отражает уровень синтетических процессов у растений. Одними из легко воспроизводимых и в то же время информативных показателей состояния растений явля-*

ются морфометрические показатели побегов и ассимиляционного аппарата древесных растений. Изучались такие морфометрические показатели, как прирост боковых побегов, количество, масса и площадь листьев березы повислой. Полученные экспериментальные данные показывают, что при недостатке питательных веществ в условиях отвала у березы наблюдались негативные изменения роста и развития. На молекулярном и клеточном уровне отмечалось снижение синтеза первичных и вторичных метаболитов (углеводов и аскорбиновой кислоты); на уровне побегов отмечалось снижение их прироста за вегетацию, числа, площади и массы листьев. Таким образом, стратегия произрастания березы в неблагоприятных условиях отвала направлена на экономию пластических веществ.

Ключевые слова: синтез ассимилятов, содержание аскорбиновой кислоты, годичный прирост боковых побегов, количество, масса и площадь листьев, породный отвал, *Betula pendula* Roth.

*Intensive development of coal deposits in Kuzbass leads to significant disruption of biogeocoenosis. The dumps arising from open mining of minerals are specific for environmental conditions. In the conditions of Kuzbass dumps, the most suitable for phytomelioration is *Betula pendula* Roth, due to high seed activity and low demand for soil fertility. The restoration of disturbed lands by*

plant cover at the present stage is of great importance. The paper presents the results of studying the intensity of synthetic processes in *Betula pendula* Roth, growing in the conditions of rock dump and dynamics of seasonal growth of lateral shoots and their elements. The intensity of synthetic processes was assessed by the content of carbohydrate and ascorbic acid in the leaves. The assessment of photosynthetic ability of birch leaves was determined by the tubeless method, which allows calculating the intensity of the process by the amount of carbohydrates formed in the leaves per gram of their initial content over a certain period of exposure to light. Ascorbic acid refers to secondary metabolites; however, its content reflects the level of synthetic processes in plants. One of easily reproducible and at the same time informative indicators of the state of plants are morphometric parameters of shoots and the assimilation apparatus of woody plants. Such morphometric parameters as lateral shoots growth, the amount, mass and area of the birch leaves were studied. Obtained experimental data show that at the lack of nutrients in the conditions of a dump in a birch negative changes of growth and development are observed. At molecular and cellular levels, there was a decrease in the synthesis of primary and secondary metabolites (carbohydrates and ascorbic acid). At the level of shoots there was a decrease in their growth for vegetation, number, area and mass of leaves. Thus, the strategy of growth of birch in unfavorable conditions of the dump is aimed at plastic substances saving.

Keywords: synthesis of assimilates, the content of ascorbic acid, annual gain of lateral shoots, number, mass and area of leaves, coal dump, *Betula pendula* Roth.

Введение. Породный отвал угольного разреза «Кедровский» расположен в северной лесостепи Кемеровской области. При дешифрировании космических снимков Кемеровской области отчетливо прослеживаются значительные площади локальных, очаговых контуров «лунных ландшафтов», возникновение которых напрямую связано с извлечением полезных ископаемых. Наиболее масштабные зоны нарушений обусловлены деятельностью более чем 120 угледобывающих предприятий. При этом общая площадь земель, нарушенных открытой и под-

земной разработкой угля, уже превышает 4 % территории Кузбасса, составляя, по разным данным, от 60 до 105 тыс. га. В связи с этим для Кемеровской области приоритетно решение проблем, связанных с нарушением земель предприятиями добывающей промышленности.

В условиях Кузбасса на отвалах угольных разрезов береза повислая является одним из доминирующих видов благодаря ее высокой семенной активности, высокой засухоустойчивости, светолюбивости и нетребовательности к почвенному плодородию. Горные породы, вынесенные на поверхность, обладают иными, чем почвы, свойствами и характеристиками. Экологические условия техногенных элювиев оказываются крайне неблагоприятными для жизнедеятельности растений в связи с недостатком в них минерального питания, и особенно азота. Для нас представляло интерес изучить состояние березы повислой в условиях отвала «Южный» разреза «Кедровский».

Цель исследований. Изучение жизнедеятельности березы повислой, произрастающей в условиях породного отвала, по морфометрическим и физиолого-биохимическим показателям.

Задачи исследований: оценка интенсивности синтетических процессов у растений, произрастающих в условиях породного отвала (по содержанию углеводов и аскорбиновой кислоты); изучение динамики сезонного роста боковых побегов и их элементов.

Объекты и методы. Исследования проведены в июне–августе 2013–2016 гг. на территории отвала «Южный» угольного разреза «Кедровский». Возраст отвала более 30 лет. Эксперимент проведен на двух площадках наблюдений (ПН): №1 (опыт) – спланированный породный отвал с фитоценозом естественного происхождения; № 2 (контроль – участок, расположенный в 5 км от породного отвала со сходным по составу фитоценозом). Высота отвала 58 м, площадь составляет 599,3 га. Породы отвала представлены песчаником, алевролитами, аргиллитами, суглинками и глинами. По агрохимическим показателям эмбриоземы ПН № 1 в сравнении с почвами ПН № 2 характеризуются низкой обеспеченностью подвижным фосфором (10–50 мг/кг) и нитратным азотом (3,6–6,0 мг/кг).

Объектом исследований служили смешанные многоярусные насаждения березы повис-

лой (*Betula pendula* Roth) II класса возраста, I-II класса бонитета. Физиолого-биохимические показатели определяли 3 раза за вегетацию – в июне, июле и августе. На каждой пробной площадке (размер не менее 0,25 га) для физиолого-биохимических исследований выбирали 5 деревьев хорошего и удовлетворительного жизненного состояния. Морфо-биометрические исследования проводили на 10 модельных деревьях, у которых метили по 10 ветвей нижней трети кроны дерева по периметру. Наблюдения проводились у деревьев, растущих в относительно выровненных условиях освещенности, чтобы свести к минимуму фитоценозное влияние [1]. Фотосинтетическую способность определяли бескамерным методом, который позволяет рассчитать интенсивность процесса по количеству ассимилятов, образующихся в листьях на каждый грамм их исходного содержания за определенный период экспозиции на свету [2]. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях определяли по ГОСТ 24556-89 [3]. Физиолого-биохимические анализы выполнены в 5-кратной повторности. Сезонный прирост боковых побегов в длину измеряли каждые 10 дней, количество листьев на годичном побеге подсчитывали в июле. В конце вегетации массу листь-

ев годичных побегов взвешивали на весах, площадь листьев высчитывали с учетом высевок (1х1 см) по методике И.В. Кармановой [4].

Экспериментальные данные обработаны с помощью компьютерных программ Excel и Statistica 6.1.

Результаты и их обсуждение. От состояния фотосинтетического аппарата зависит количество органического вещества, производимого растениями. Реакция фотосинтетического аппарата на изменения условий произрастания является одной из основных и может служить в качестве индикатора окружающей среды [5–7].

Анализ полученных результатов показал, что у березы в течение вегетации синтез ассимилятов увеличивается с июня по июль. К концу вегетации (в августе) скорость синтеза углеводов снижается вследствие старения листьев.

Результаты экспериментов показали, что у деревьев, произрастающих в условиях породного отвала, отмечалось снижение синтеза углеводов во все сроки наблюдений в сравнении с контролем. Относительно контроля интенсивность фотосинтеза снижалась на 27,4; 16,6 и 24,2 % в июне, июле и августе соответственно (рис. 1).

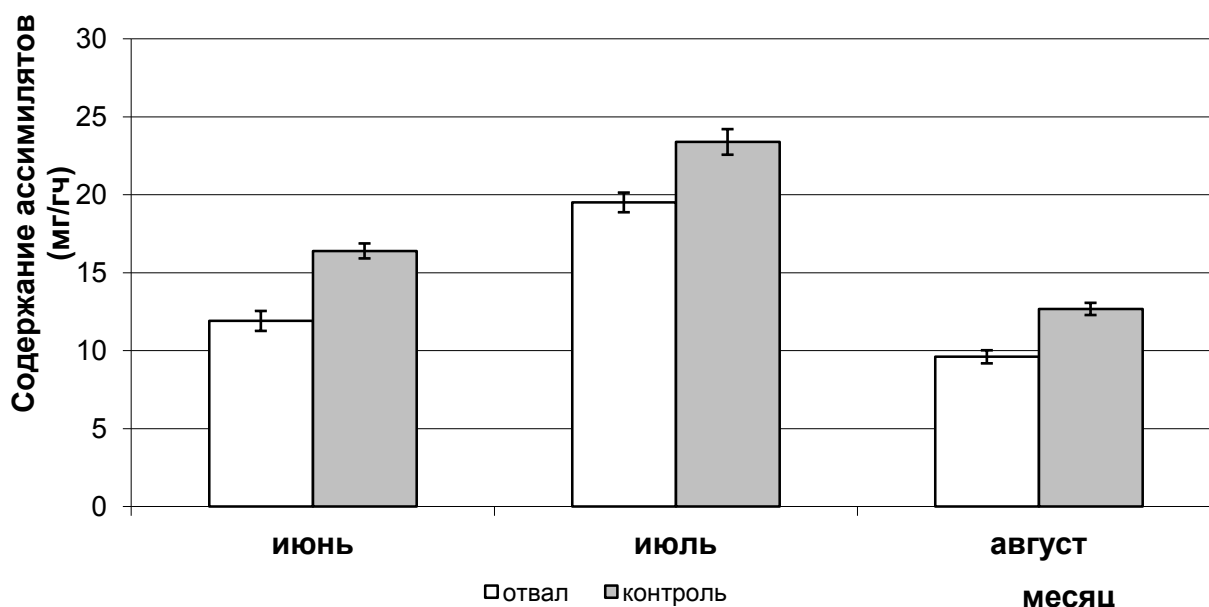


Рис. 1. Фотосинтетическая способность березы повислой, произрастающей в условиях угольного отвала разреза «Кедровский» (средние данные за 2013–2016 гг.)

Аскорбиновая кислота относится к вторичным метаболитам, тем не менее ее содержание отражает уровень синтетических процессов у растений. Результаты экспериментов показали, что у исследуемых деревьев березы содержание аскорбиновой кислоты в течение вегетации во многом сходно с содержанием углеводов, максимальное накопление аскорбата отмечено в июле, а минимальное – в августе.

Максимальное снижение аскорбиновой кислоты в листьях березы относительно контроля отмечено в июне – на 30 %. Минимальное – в августе – на 13,6 % относительно контроля (рис. 2).

Рост, прежде всего, – это необратимое увеличение размеров, объема, массы организма,

которое сопровождается образованием новых органов (листьев, побегов). Иначе говоря, рост растений включает формообразовательные процессы. Величина аккумуляции сухого вещества, представление о которой в первую очередь складывается на основе веса и площади листьев, является важной характеристикой, так как на рост растения могут повлиять окружающие условия [4]. Наиболее простым и доступным способом оценки состояния окружающей среды является определение величин роста расчетными методами [8–11].

Исследования показали, что боковые побеги березы повислой сформировались в период с 07 по 27 июня.

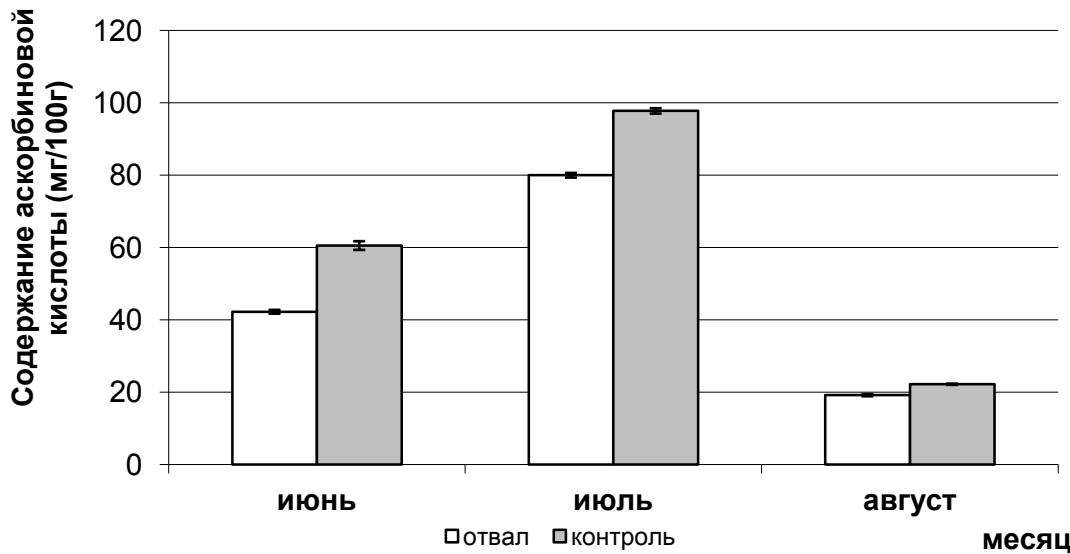


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в листьях березы повислой, произрастающей в условиях угольного отвала разреза «Кедровский» (средние данные за 2013–2016 гг.)

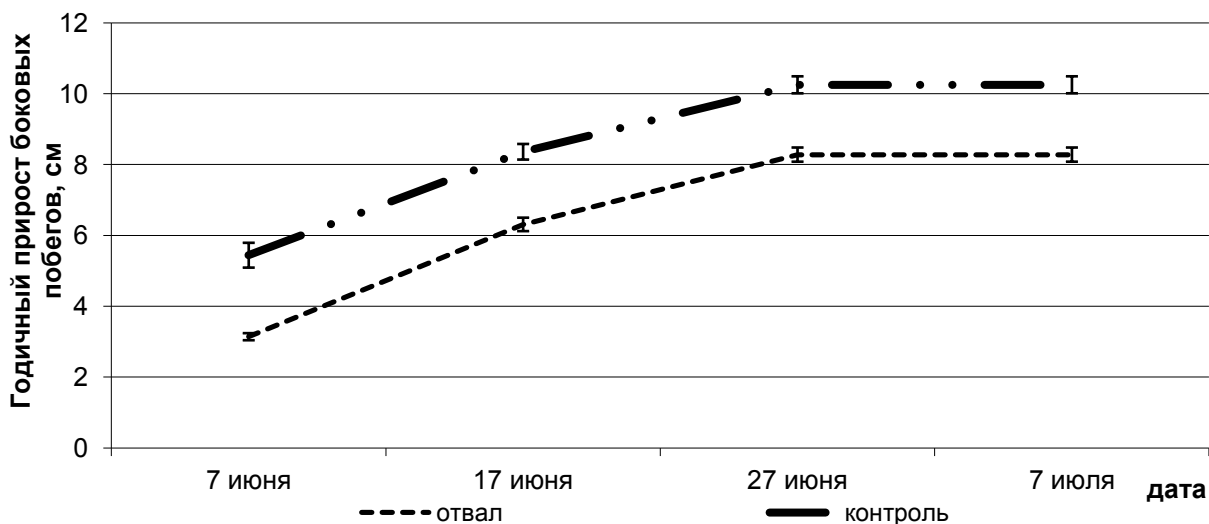


Рис. 3. Годичный прирост боковых побегов березы повислой, произрастающей в условиях отвала разреза «Кедровский» (средние данные за 2013–2016 гг.)

Так, максимальное снижение прироста боковых побегов березы отмечено 07 июня – на 40 % ниже, чем в контроле (см. рис. 3).

Количество и масса листьев являются морфологическими характеристиками, отражающими процессы роста.

У березы повислой отмечалось снижение таких морфометрических показателей, как количество листьев, масса и площадь листьев на 17, 20 и 17 % относительно контроля соответственно.

Заключение. Полученные экспериментальные данные показывают, что при недостатке питательных веществ в условиях отвала у березы наблюдаются негативные изменения роста и развития. На молекулярном и клеточном уровне отмечается снижение синтеза первичных и вторичных метаболитов (углеводов и аскорбиновой кислоты); на уровне побегов отмечается снижение их прироста за вегетацию, числа, площади и массы листьев. Эти данные подтверждаются данными корреляционного анализа. Установлена достоверная прямая корреляция между содержанием аскорбиновой кислоты и приростом годичного побега ($r = 0,2$; при $p < 0,05$; $n = 560$).

Таким образом, стратегия произрастания березы в неблагоприятных условиях отвала направлена на экономию пластических веществ.

Литература

1. Родин Л.Е., Релизов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
2. Быков О.Д. Бескамерный способ изучения фотосинтеза: метод. указания. – Л., 1974. – 17 с.
3. ГОСТ 24556-89. Методы определения витамина С. – М.: Изд-во станд., 1989. – 15 с.
4. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. – М.: Наука, 1976. – 221 с.
5. Колмогорова Е.Ю. Реакция пигментного комплекса древесных растений на загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. – Саратов, 2009. – С. 162–164.

6. Суворова Г.Г. Фотосинтетическая активность хвойных деревьев в условиях юга Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Иркутск, 2005. – 39 с.
7. Цандекова О.Л., Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Роль антиоксидантной системы в устойчивости сосновых насаждений в условиях породного угольного отвала // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15. – № 3. – С. 245–248.
8. Пинаевская Е.А. Рост разных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на болотных почвах северной тайги // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 11. – С. 163–170.
9. Ильина С.П. Морфологические изменения растений, используемые для биоиндикации загрязнения окружающей среды // Проблемы экологии и экологического образования Челябинской области: мат-лы конф. – Челябинск, 2001. – С. 37–38.
10. Луговской А.М. Реакция морфолого-анатомических признаков сосны обыкновенной в условиях с разной степенью комфортности среды обитания // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 1. – С. 16–18.
11. Сазонова Т.А., Придача В.Б., Терехова Е.Н. Морфофизиологическая реакция деревьев сосны обыкновенной на промышленное загрязнение // Лесоведение. – 2005. – № 3. – С. 11–19.

Literatura

1. Rodin L.E., Relizov N.P., Bazilevich N.I. Metodicheskie ukazaniya k izucheniju dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitocenozah. – L.: Nauka, 1968. – 143 s.
2. Bykov O.D. Beskamernyj sposob izuchenija fotosinteza: metod. ukazaniya. – L., 1974. – 17 s.
3. GOST 24556-89. Metody opredelenija vitamina S. – M.: Izd-vo stand., 1989. – 15 s.
4. Karmanova I.V. Matematicheskie metody izuchenija rosta i produktivnosti rastenij. – M.: Nauka, 1976. – 221 s.
5. Kolmogorova E.Ju. Reakcija pigmentnogo kompleksa drevesnyh rastenij na zagrjaznenie atmosfernogo vozduha vybrosami avtotransporta // Jekologicheskie problemy

- promyshlennyh gorodov: sb. nauch. tr. – Saratov, 2009. – S. 162–164.
6. Suvorova G.G. Fotosinteticheskaja aktivnost' hvojnnyh derev'ev v uslovijah juga Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Irkutsk, 2005. – 39 s.
 7. Candekova O.L., Neverova O.A., Kolmogorova E.Ju. Rol' antioksidantnoj sistemy v ustojchivosti osnovnyh nasazhdenij v uslovijah porodnogo ugol'nogo otvala // Izv. Samar. nauch. centra RAN. – 2013. – T. 15. – № 3. – S. 245–248.
 8. Pinaevskaja E.A. Rost raznyh form sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) na bolotnyh pochvah severnoj tajgi // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 11. – S. 163–170.
 9. Il'ina S.P. Morfologicheskie izmenenija rastenij, ispol'zuemye dlja bioindikacii zagraznenija okruzhajushhej sredy // Problemy jekologii i jekologicheskogo obrazovanija Cheljabinskoj oblasti: mat-ly konf. – Cheljabinsk, 2001. – S. 37–38.
 10. Lugovskoj A.M. Reakcija morfologo-anatomicheskikh priznakov sosny obyknovennoj v uslovijah s raznoj stepen'ju komfortnosti sredy obitanija // Jekologicheskie sistemy i pribory. – 2005. – № 1. – S. 16–18.
 11. Sazonova T.A., Pridacha V.B., Terebova E.N. Morfofiziologicheskaja reakcija derev'ev sosny obyknovennoj na promyshlennoe zagraznenie // Lesovedenie. – 2005. – № 3. – S. 11–19.



УДК 574.1

Ю.А. Литовка

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ПРЕДСТАВЛЕННОСТЬ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* НА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ (ПШЕНИЦА И ЯЧМЕНЬ), ВЫРАЩИВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Yu.A. Litovka

SPECIFIC STRUCTURE AND REPRESENTATION OF FUNGI OF THE SORT *FUSARIUM* ON THE GRAIN CROPS (WHEAT AND BARLEY) GROWN UP IN THE CONDITIONS OF CENTRAL SIBERIA

Литовка Ю.А. – канд. биол. наук, доц. каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева, ст. науч. сотр. лаб. лесных культур, микологии и фитопатологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: litovkajul@rambler.ru

Litovka Yu.A. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Chemical Technology of Timber and Biotechnology, Siberian State Space University named after Acad. M.F. Reshetnev, Senior Staff Scientist, Lab. Forest Cultures, Mycology and Phytopathology, Institute of Forest named after V.N. Sukachev SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: litovkajul@rambler.ru

Исследовано видовое разнообразие микроскопических грибов рода *Fusarium* районированных для Сибири сортов и селекционных линий пшеницы и ячменя. Установлено, что инфицированность зерна отдельных сортов существенно варьирует: уровень общей контаминации микроскопическими грибами составил 20–51 %, зараженность среднего образца грибами рода *Fusarium* варьирует в пределах 4–23 % на пшенице и 20–26 % – на ячмене. Максимальной зараженностью фузариозом харак-

теризуются все изученные сорта ячменя и сорта пшеницы Чагытай (25%), Юната (22%), ОмГАУ (21 %) и Геракл (22%); минимальная зараженность фузариозной инфекцией отмечена у сортов Ветлужанка, Омская-32 (по 3,5%), а также селекционных линий K1629 и K174-1 – 3 и 4,5 % соответственно. Комплекс грибов рода *Fusarium* на зерне пшеницы включает 11 видов; на ячмене – 8 видов. Доминирующим является вид *F. sporotrichioides*, на долю которого приходится от 20 до 67 % от общего количе-