

УДК 574.4; 581.5; 631.41

**ВЛИЯНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
ГУ «ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД»  
НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ**

© 2017 Д.В. Сыщиков<sup>1</sup>, О.В. Сыщикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецкий ботанический сад, Донецк (Донецкая народная Республика)

<sup>2</sup>Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, г. Донецк  
(Донецкая народная Республика)

Поступила 30.05.2017

Проанализирована сезонная динамика содержания органического вещества, почвенного дыхания и целлюлозоразрушающей активности микроорганизмов в почве под различными коллекционными насаждениями. Показана значительная обедненность почв на некоторых участках гумусом, что может негативно сказываться на успешности интродукции видов в коллекционных насаждениях.

*Ключевые слова:* почва, коллекционные насаждения, органическое вещество, микробоценоз.

**Syshchykov D.V., Syshchykova O.V. Influence of wood plants collection of si «Donetsk botanical garden» on agrochemical indicators of soils.** – Is analysed the seasonal dynamics of organic substance maintenance, soil breath and cellulosedestructional activity of microorganisms in the soil under various collection plantings. Is shown the considerable low humus maintenance of soils on some sites that can negatively affect success of an introduction of species in collection plantings.

*Key words:* soil, collection plantings, organic substance, microbocenosis.

Фундаментальная функция почвы заключается в создании в биосфере режима, обеспечивающего существование и возобновление живого вещества. Почва является базовым компонентом биосферы, ее важнейшим ресурсом, одновременно являясь фактором и условием существования биосферы в целом. Описание и количественная характеристика физико-химических и биологических свойств почвы является важным показателем биогеохимических процессов в окружающей среде, обуславливающих успешность выращивания растений.

Объектами исследований являлись почвы некоторых коллекционных насаждений ГУ «Донецкий ботанический сад»: участок с насаждениями *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. Ex Spach, участок с насаждениями *Ziziphus jujuba* Mill., участки на территории сада колоновидных плодово-ягодных культур и участок на территории школки яблони парадизки.

Определение актуальной кислотности и сухого остатка водной вытяжки проводили общепринятыми методами (Аринушкина, 1970; Практикум по агрохимии,

---

*Сыщиков Дмитрий Валерьевич*, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией почвенно-экологических исследований, 2007dmitry@rambler.ru; <sup>2</sup>*Сыщикова Оксана Витальевна*, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, 2015oksana@rambler.ru

2001). Содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (Практикум по агрохимии, 2001).

Образцы почвы, отобранные для микробиологического анализа, диспергировали путем растирания почвы, извлекали корни растений и включения. Для определения численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвенную суспензию высевали на плотную питательную среду агар Гетчинсона с нанесением фильтровальной бумаги как источника целлюлозы. Подсчет колоний проводили на 7–10-е сутки исследований (Руководство к практическим..., 1995; Методы почвенной..., 1991). Определение интенсивности базального «дыхания» почвы ( $V_{\text{basal}}$ ) проводили по методу Галстяна, субстрат-индуцированного ( $V_{\text{sir}}$ ) – с внесением в пробу почвы раствора глюкозы из расчета 10 мг глюкозы/г почвы. Коэффициент микробного дыхания ( $Q_r$ ) – определяли по соотношению  $V_{\text{basal}}/V_{\text{sir}}$  (Благодатская, 1996; Казеев, 2003; Anderson, 1993). Определение целлюлозолитической активности почвы проводили аппликационным методом (Казеев, 2003).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95% уровне значимости по Б.А. Доспехову и А.А. Егоршину (Доспехов, 1985; Егоршин, 2005).

Анализ данных позволил установить, что значения реакции рН водной суспензии почв мониторинговых участков позволяют отнести почвы под насаждениями *S. japonica* к нейтральным, тогда как на остальных участках они относятся к слабощелочным, а реакция рН не превышает 7,6. Проведенное определение степени минерализации показало, что по содержанию плотного остатка водной вытяжки практически все почвы являются незасоленными, поскольку величина плотного остатка не превышала 0,3% (Аринушкина, 1970). Однако, следует отметить, что наблюдается тенденция к постепенному их засолению, поскольку полученные значения на этих участках находились вплотную к верхней границе градации «незасоленные почвы». Наряду с этим, почва участка № 5 в саду колоновидных плодово-ягодных культур по степени минерализации отнесена нами к слабозасоленным почвам поскольку величина плотного остатка находится в пределах 0,3-0,5%.

В составе практически любых почв органическое вещество (или его важнейшая часть – почвенный гумус) является уникальным компонентом, поскольку он представлен только вновь образованными веществами. Конечно, в некоторых почвах и породах встречается органическое вещество, унаследованное от прежних геологических эпох, иногда оно может быть обусловлено вулканической деятельностью или иметь антропогенное происхождение, но чаще всего такого рода вещества содержатся в очень малых количествах и их нельзя рассматривать наравне с почвенным гумусом. Органическое вещество почв, как и его важнейшая часть – гумусовые компоненты, возникло и накопилось, как правило, в ходе почвообразования и поэтому содержание гумуса, его состав и свойства гуминовых веществ, их распределение по почвенному профилю необходимо отнести к числу важнейших почвенных признаков, обуславливающих плодородие почв.

Проведенное определение содержания органического вещества в почвах ботанического сада в весенний период позволило установить, что на участках с насаждениями *S. japonica* и *Z. Jujuba* оно было максимальным, достигая значений свыше 5%, что по Классификации почв России (Классификация почв...) позволяет отнести их к сильно гумусированным. Почвы участков, расположенных в саду колоновидных плодово-ягодных культур, относятся к средне гумусированным и по

содержанию органического вещества среди мониторинговых участков занимают промежуточную позицию. Вариации концентрации гумуса на них невелики (находятся в пределах 0,7-0,8%), что, учитывая сходные агротехнические приемы культивирования растений, позволяет судить об однородности почвенно-биологических условий на этих участках (табл. 1). Наименее обогащены органическим веществом почвы школки яблони парадизки, где концентрация гумуса не превышает 2,3%, что соответствует мало гумусированным почвам.

С увеличением длительности мониторинговых исследований установлено, что по сравнению с весенним периодом, содержание органического вещества почвы снижалось в эдафотобах всех участков, однако темпы данного уменьшения были неодинаковы. Так, наиболее существенно (в среднем на 30%) концентрация гумуса снизилась на участках, расположенных на территории школки яблони парадизки. В почве участков сада колоновидных плодово-ягодных культур отмеченное снижение было не столь выраженным, а концентрация гумуса статистически достоверно уменьшалась на 7,5-11,9% по сравнению с весенним периодом (табл. 1). Наименьшие потери гумуса (не превышающие 7%) зафиксированы на участках с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba*. Отмеченная минерализация гумуса, по нашему мнению, обуславливается как биологическими (активность почвенной микрофлоры), так и физическими (повышение температуры, усиление аэрации вследствие механической обработки почвы) факторами.

**Таблица 1.** Содержание органического вещества в почвах ДБС, %

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
Участок № 1	5,47±0,09	9,9	5,21±0,09	6,3	5,91±0,14	9,7
Участок № 2	5,54±0,07	11,8	5,18±0,11	7,2	5,85±0,12	13,9
Участок № 3	4,02±0,29	12,6	3,72±0,17	9,7	3,99±0,17	12,1
Участок № 4	3,22±0,03	1,3	2,94±0,12	12,8	3,27±0,15	19,4
Участок № 5	3,28±0,06	3,3	2,89±0,09	7,4	3,36±0,22	14,8
Участок № 6	2,29±0,16	12,1	1,65±0,06	14,5	1,43±0,07	9,46
Участок № 7	2,06±0,19	15,7	1,39±0,11	18,3	1,21±0,05	7,26

Примечание: здесь и в таблицах 2-3 – Участок № 1 – насаждения *C. japonica*, Участок № 2 – насаждения *Z. jujuba*, Участок № 3 – сад колоновидных плодово-ягодных культур, Участок № 4 – сад колоновидных плодово-ягодных культур, Участок № 5 – сад колоновидных плодово-ягодных культур, Участок № 6 – школка яблони парадизки, Участок № 7 – школка яблони парадизки.

В осенний период нами отмечены разнородные тенденции изменений баланса органического вещества почвы. Так, на участках, расположенных на территории школки яблони парадизки концентрация гумуса продолжала снижаться и темпы падения составили уже 37-41% по сравнению с весной. Таким образом, согласно Классификации почв России, уровень обеспеченности почв данных мониторинговых участков рассматривается как слабый. На мониторинговых участках в саду колоновидных плодово-ягодных культур зафиксирован бездефицитный баланс гумуса, поскольку не установлено статистически достоверных различий содержания органического вещества по сравнению с аналогичными данными в весенний период исследований (табл. 1). Наряду с этим, интенсивное разложение органического вещества подземной части растений и погребенного растительного опада на участках

с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba* привело к некоторому накоплению органического вещества почвы, что выразилось в увеличении значений содержания гумуса на 6-8%.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно констатировать, что динамика содержания органического вещества почвы характеризуется снижением в летний период и относительной стабильностью весной и осенью. Установленная значительная обедненность почв на некоторых участках гумусом, а также его отрицательный баланс может негативно сказываться на успешности интродукции видов в коллекционных насаждениях.

Почвенное дыхание – интегральная функциональная характеристика интенсивности продукционных (дыхание автотрофов) и деструкционных (дыхание гетеротрофов) процессов в наземных экосистемах, является одним из ключевых компонентов цикла углерода наземных экосистем, определяемым метаболической активностью почвенной микрофлоры, и почвенной фауны (Наумов, 2009; Kuzyakov, 2006; Лю, 2006). Соответственно почвенное дыхание широко используется как для оценки продуктивности экосистем, так и для анализа активности почвенного микробоценоза (Ryan, 2005).

Анализ данных, представленных в таблице 2 показал, что в весенний период исследований наивысшая функциональная активность микробоценоза отмечена на участках с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba* свидетельством чего являются максимальные значения скорости базального дыхания, тогда как в почвах других мониторинговых участках оно было сниженным в 1,4-2 раза. По нашему мнению, высокие значения дыхательной активности микробоценоза обусловлены наличием доступных элементов питания, которые не были израсходованы на протяжении зимнего периода с низкими температурами. Следует отметить, что значения субстрат-индуцированного дыхания, т.е. потенциала микробного сообщества, также наиболее значительно возрастали в почвах под насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba*, а установленное увеличение составляло 5,5-6,2 раза. Аналогичное превышение значений базального дыхания на участках сада колоновидных плодово-ягодных культур находилось в пределах 1,63-1,74 раза, а в почве участков, расположенных на территории школки яблони парадизки в среднем составляло 1,45 раза. Оценивая устойчивость микробного сообщества по коэффициенту микробного дыхания следует отметить, что антропогенное вмешательство привело к сильной степени его нарушенности, свидетельством чего являются высокие значения рассчитанного коэффициента  $Q_r$  (0,57-0,71).

Летний период исследований характеризуется значительным снижением показателей микробного дыхания (как базального, так и субстрат-индуцированного) почв всех мониторинговых участков. Причем наиболее существенно уменьшались значения интенсивности субстрат-индуцированного дыхания. Таким образом, показанные флуктуации экофизиологических параметров микробной активности наряду с другими экологическими факторами контролируются и непосредственным содержанием влаги в верхних горизонтах почвенного профиля. Наряду с применением агротехнических приемов культивирования древесных насаждений жесткие экологические условия привели к возрастанию значений коэффициента микробного дыхания, а, следовательно, устойчивость микробных сообществ снижалась. Однако степень угнетения сообществ микроорганизмов различалась. Так, если на участках с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba* значения коэффициента микробного дыхания составляли около 0,4, что по шкале устойчивости микробного

сообщества предложенной Е.В. Благодатской соответствует «средней» степени нарушения, то микробные сообщества остальных мониторинговых участков вплотную приближались к «катастрофической» степени нарушения (Благодатская, 1996). То есть на фоне повышения коэффициента микробного дыхания потенциальные возможности микробоценоза к восстановлению микробиологической активности почвы меньше за счет низких значений (около 20 мг CO<sub>2</sub>/100 г почвы за сутки) субстрат-индуцированного дыхания.

**Таблица 2.** Показатели микробиологической активности почв ДБС по интенсивности выделения CO<sub>2</sub> (мг/100 г почвы за сутки)

Участок	Базальное дыхание (V <sub>basal</sub> ) почвы		Субстрат-индуцированное дыхание (V <sub>sir</sub> ) почвы		Q <sub>r</sub>
	M±m	V, %	M±m	V, %	
Весна					
Участок № 1	39,3±4,37	19,3	243,3±7,84	5,8	0,17
Участок № 2	36,0±2,52	12,1	200,7±4,91	4,2	0,18
Участок № 3	26,3±1,21	7,9	43,7±2,33	9,3	0,6
Участок № 4	24,6±1,78	8,5	40,2±3,08	11,6	0,61
Участок № 5	22,8±2,07	11,8	39,7±2,66	8,7	0,57
Участок № 6	22,7±3,18	24,3	32,0±2,65	14,3	0,71
Участок № 7	19,8±2,76	18,7	29,4±3,07	15,6	0,67
Лето					
Участок № 1	25,7±1,45	9,8	67,3±3,3,8	8,7	0,38
Участок № 2	23,0±3,06	23,0	58,0±4,04	12,1	0,4
Участок № 3	17,7±2,03	19,9	19,0±2,52	22,9	0,93
Участок № 4	18,2±2,17	15,4	19,5±2,64	11,7	0,93
Участок № 5	20,4±1,88	9,1	21,9±3,01	20,6	0,93
Участок № 6	13,3±1,76	22,9	14,7±0,88	10,4	0,91
Участок № 7	12,9±1,42	18,5	14,3±0,76	9,1	0,9
Осень					
Участок № 1	40,7±2,33	9,9	220,3±11,57	9,1	0,18
Участок № 2	38,3±2,6	11,8	201,3±6,89	5,9	0,19
Участок № 3	24,5±2,91	20,4	43,1±3,06	12,3	0,57
Участок № 4	26,2±3,12	18,7	43,7±2,88	15,2	0,6
Участок № 5	23,8±1,82	5,6	41,6±3,07	18,9	0,57
Участок № 6	21,4±2,65	22,9	29,3±3,84	22,7	0,73
Участок № 7	22,3±2,81	18,4	30,2±2,96	17,9	0,74

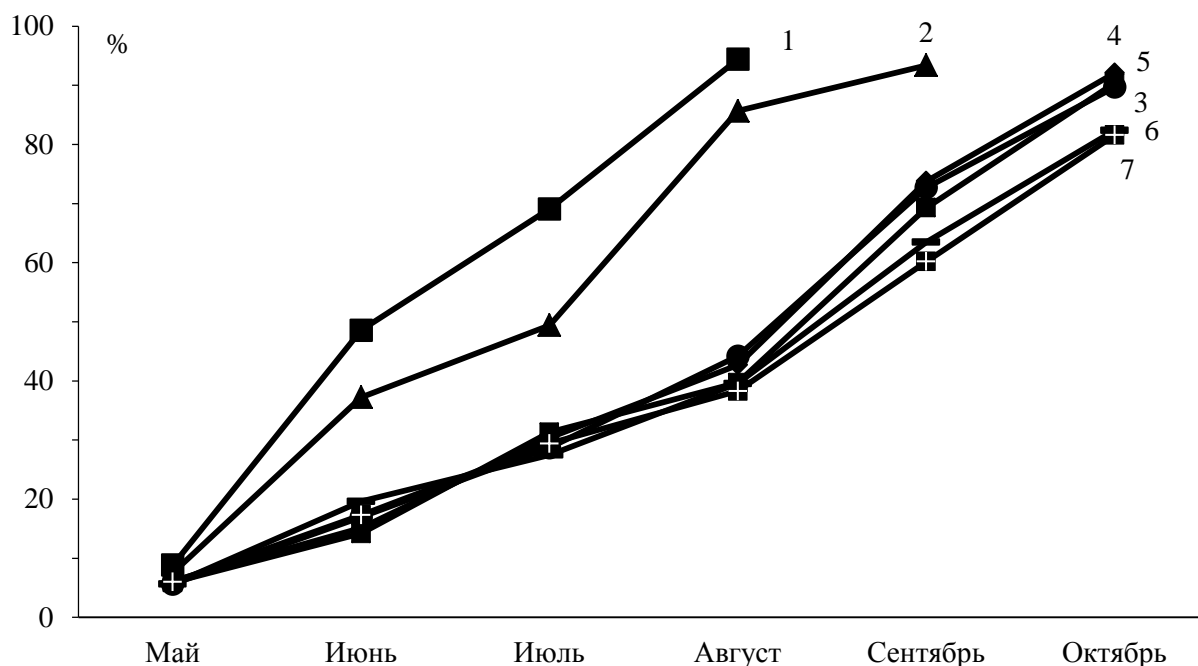
Примечание: Q<sub>r</sub> (коэффициент микробного дыхания) = V<sub>basal</sub>/V<sub>sir</sub>

С увеличением длительности мониторинговых исследований нами отмечено восстановление как актуального, так и потенциального функционального состояния сообществ микроорганизмов в почвах всех исследованных участков, поскольку интенсивность микробного дыхания достигала аналогичных значений в весенний период (табл. 2). Скорее всего, полученные данные обуславливаются как улучшением эдафических условий (снижение температуры и увеличение влажности), так и наличием доступного для минерализации органического субстрата (свежие порции опада и корневого отпада). Снижение напряженности стресса прогнозируемо привело и к стабилизации устойчивости микробоценоза, однако, если на участках под насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba* согласно рассчитанным значениям Q<sub>r</sub> степень нарушения практически отсутствовала, то на остальных участках она хоть и

снизилась по сравнению с летним периодом исследований, но все-таки сохранялась на достаточно высоком уровне.

Целлюлоза является значительной частью органического вещества, естественно поступающего в почву в виде растительных остатков. Её разрушение микроорганизмами в почве является одним из основных естественных процессов в круговороте углерода. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы представляют собой единое звено в трофической цепи почвенных экосистем, осуществляя функции микробов-редуцентов. Поэтому процесс распада клетчатки в почве наряду с формированием ее плодородия также оказывает большое влияние на формирование ценоза микроорганизмов (Мишустин, 1972).

Исследование сезонной динамики целлюлозолитической активности микроорганизмов (по способности к разложению ткани) показало, что интенсивность данного процесса на начальном этапе практически не отличалась на всех мониторинговых участках и по шкале интенсивности разрушения целлюлозы оценивается как «очень слабая» (Федорец, 2009). С увеличением длительности исследований нами отмечено резкое усиление целлюлозолитической активности на участках либо с плотно сомкнутым древостоем (*C. japonica*), либо с наличием травяного покрова (*Z. jujuba*). Следует отметить, что в почве участка с насаждениями *C. japonica* процессы разложения клетчатки происходили с максимальной интенсивностью, о чем свидетельствует практически полная деструкция ткани в августе (свыше 90%), тогда как на других участках этот процесс был более пролонгированным (рис. 1).



**Рис. 1.** Интенсивность целлюлозолитической активности почв ДБС:

1 – насаждения *C. japonica*, 2 – насаждения *Z. jujuba*, 3 – сад колониальных плодово-ягодных культур, 4 – сад колониальных плодово-ягодных культур, 5 – сад колониальных плодово-ягодных культур, 6 – школка яблони парадизки, 7 – школка яблони парадизки.

В почвах мониторинговых участков с интенсивной агротехнической активностью скорость разрушения целлюлозы имеет практически линейный характер, увеличиваясь от «очень слабой» в мае (убывание массы такни составляло 5,7-6%) до

«очень сильной» в октябре (81,6-92,1%), когда, по-видимому, наблюдается увеличение численности гетеротрофного деструкционного блока микробоценоза. Однако, на протяжении практически всего периода исследований, зафиксированные значения интенсивности разрушения целлюлозы были в 1,6-3,4 раза меньше чем на участках с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba*. В целом, анализируя динамику целлюлозолитической активности, следует отметить, что наиболее активную деятельность практически на всех мониторинговых участках целлюлозоразрушающие микроорганизмы проявляют в сентябре-октябре, когда их численность возрастает.

Анализ данных, представленных в таблице 3 показал, что в весенний период максимальное количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов, достигающее значений, показанных для зональных почв, отмечено в почвах участков с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba*. На других мониторинговых участках численность микроорганизмов данной физиолого-трофической группы была меньшей в 1,6-3,4 раза.

Повышение температуры воздуха, проводящее к соответственному снижению влажности почвы, привело к уменьшению количества целлюлозоразрушающих микроорганизмов на всех исследованных участках. Причем, если на участках с насаждениями *C. japonica* и *Z. jujuba* и участках сада колоновидных плодово-ягодных культур отмеченное снижение составляло 35-40%, то в почве участков, расположенных на территории школки яблони парадизки с наименее устойчивым микробным сообществом, оно превышало 50%. Следует отметить, что показанная в предыдущий период исследований тенденция распределения численности микроорганизмов по мониторинговым участкам сохранялась.

**Таблица 3.** Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов почв ДБС, тыс. КОЕ/г почвы

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
Участок № 1	1440,0±2,5	28,6	840,0±0,2	18,7	1580,0±2,6	19,9
Участок № 2	1360,0±1,1	17,4	763,0±0,6	23,0	1240,0±1,1	22,0
Участок № 3	900,0±0,18	25,0	571,0±0,6	17,8	910,0±0,2	16,5
Участок № 4	870,0±0,27	17,2	488,0±0,22	16,3	882,0±0,26	14,8
Участок № 5	915,0±0,19	9,6	532,0±0,29	22,1	903,0±0,18	17,3
Участок № 6	428,0±0,07	14,8	187,0±0,17	17,5	405,0±0,15	19,1
Участок № 7	446,0±0,12	11,3	211,0±0,15	9,9	421,0±0,17	11,2

Осенью нами отмечено восстановление количества микроорганизмов до их весеннего уровня в почвах всех исследованных мониторинговых участков. По нашему мнению, отмеченное повышение, по сравнению с летним периодом исследований, и обуславливает увеличение интенсивности целлюлозолитической активности в сентябре-октябре.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Реакция почвенного раствора на исследованных мониторинговых участках находится в пределах от нейтральной (рН 6,98) до слабощелочной (рН 7,61). По величине плотного остатка почвенного раствора практически все участки (за исключением почвы одного из участков в саду колоновидных плодово-ягодных культур) относятся к незасоленным. Почвы некоторых мониторинговых участков значительно обеднены гумусом (1,2-2,3%), что в сочетании с его отрицательным балансом может негативно сказываться на

состоянии растений и успешности интродукции видов в коллекционных насаждениях. Интенсивность почвенного дыхания и устойчивость микробных сообществ наивысшая в почвах участков с минимальной агротехнической обработкой, тогда как степень нарушения устойчивости микробных сообществ на остальных участках в динамике варьировала в пределах от «сильной» до «катастрофической». Максимальный уровень деструкции целлюлозы (до 90%), сопровождающийся восстановлением численности целлюлозолитических микроорганизмов, отмечается в осенний период исследований (сентябрь-октябрь).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В.** Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
- Благодатская Е.В.** Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. 1996. № 11. С. 1341-1346.
- Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Егоршин О.О., Лісовий М.В.** Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського, 2005. 193 с.
- Казеев К.Ш.** Биологическая диагностика и интродукция почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с. – Классификация почв России: [Электронный ресурс] // Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М., 2006-2016. URL: <http://soils.narod.ru/index.html/>
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с. – **Мишустин Е.Н.** Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 341 с.
- Наумов А.В.** Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.
- Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
- Федорец Н.Г., Медведева М.В.** Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
- Anderson T.-H., Domsch K.H.** The metabolik quotient for CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. 1993. Vol. 25, № 3. P. 393-395.
- Kuzyakov Y.** Sources of CO<sub>2</sub> efflux from soil and review of partitioning methods // Soil Biol. Biochem. 2006. Vol. 38, № 3. P. 425-448.
- Luo Y., Zhou X.** Soil respiration and the environment. Burlington: Acad. Press, 2006. 316 p.
- Ryan M.G., Law B.E.** Interpreting, measuring, and modeling soil respiration // Biogeochemistry. 2005. Vol. 73, № 1. P. 3-27.