



Трибуна молодых ученых

УДК 631.81.036

DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-211-217

Оксана Николаевна Демина

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии, Россия, Тюмень, e-mail: oksi.victorious@mail.ru

РАЗЛОЖЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПАХОТНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

Цель исследования – изучить влияние минеральных удобрений на интенсивность целлюлозоразложения в зоне Зауральской лесостепи. Представлена зависимость данного процесса от температуры, влажности почвы и уровня минерального питания. Исследование проводилось в условиях северной лесостепи Зауралья в период 2016–2020 гг. на черноземе выщелоченном под посевами яровой пшеницы. Минеральные удобрения вносили на планируемые урожайности в следующих дозах: на 3,0 т/га зерна – $N_{40}P_{75}$; 5 т/га – $N_{150}P_{200}$; 6 т/га – $N_{185}P_{160}$ кг/га. Интенсивность разложения полотна определяли в течение вегетационного периода яровой пшеницы (июнь–август) с извлечением полотна в конце каждого месяца. В результате многолетних исследований установлена прямая зависимость целлюлозоразложения от погодных условий, коэффициент вариации в первый месяц экспозиции составил 23–58 %, на фоне удобрений $N_{150}P_{200}$ он достиг 96 %. Во второй и третий месяц экспозиции этот показатель снизился и варьировал в пределах 11–36 и 11–30 % соответственно. Влияния минеральных удобрений ($N_{40}P_{75}$; $N_{150}P_{200}$) на разложение целлюлозы в первый месяц экспозиции не выявлено, разложение составило порядка 17–19 %, что соответствовало значениям контроля. Однако на варианте с максимальной насыщенностью макроэлементами зафиксировано увеличение процессов разложения на 28 % по отношению к контролю. За 2 месяца экспозиции на неудобренном варианте убыль массы полотна составила 18–23 %, из них за июль – не больше 6 %. На варианте с минимальным уровнем минерального питания (NP на 3,0 т/га зерна) разложение составило 26–34 %, в июле разложилось уже в среднем 11–15 %. На вариантах с максимальной насыщенностью удобрениями целлюлозная активность увеличилась в 1,5 раза, по отношению к контролю разница достигала более 90 %. Последний месяц экспозиции отмечается минимальными значениями по разложению целлюлозы на контроле и невысоком агрофоне, не превышая 10 % от исходной массы ткани.

Ключевые слова: целлюлоза, органическое вещество, растительные остатки, микробиота почвы, минеральные удобрения, чернозем выщелоченный.

Oksana N. Demina

Northern Trans-Urals State Agrarian University, post-graduate at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Russia, Tyumen, e-mail: oksa.victorious@mail.ru

CELLULOSE DECOMPOSITION IN THE TRANS-URALS FOREST-STEPPE ZONE LEACHED ARABLE CHERNOZEM

The aim of research is to study the effect of mineral fertilizers on the intensity of cellulose decomposition in the zone of the Trans-Ural forest-steppe. The study presents the dependence of this process on temperature, soil moisture and the level of mineral nutrition. Research was carried out in the northern forest-steppe of the Trans-Urals in the period 2016–2020 on leached chernozem under crops of spring wheat. Mineral fertilizers were applied to the planned yield in the following doses: by 3.0 t/ha of grain – N₄₀P₇₅; 5 t/ha – N₁₅₀P₂₀₀; 6 t/ha – N₁₈₅P₁₆₀ kg/ha. The intensity of the degradation of the tissue was determined during the growing season of spring wheat (June-August) with the extraction of the tissue at the end of each month. As a result of many years of research, a direct dependence of cellulose decomposition on weather conditions has been established, the coefficient of variation in the first month of exposure was 23–58 % against the background of N₁₅₀P₂₀₀ fertilizers it reached 96 %. In the second and third months of exposure, this indicator decreased and varied within 11–36 and 11–30 %, respectively. No influence of mineral fertilizers (N₄₀P₇₅; N₁₅₀P₂₀₀) on cellulose decomposition was revealed in the first month of exposure, decomposition was about 17–19 %, which corresponded to the control values. However, in the variant with the maximum saturation with macronutrients, an increase in decomposition processes by 28 % was recorded in relation to the control. For 2 months of exposure on the unfertilized variant, the weight loss of the tissue was 18–23 %, of which in July - no more than 6 %. In the variant with the minimum level of mineral nutrition (NP per 3.0 t / ha of grain), the decomposition was 26–34 %, in July it was already decomposed on average 11–15 %. On the variants with the maximum saturation with fertilizers, the cellulose activity increased by 1.5 times, in relation to the control, the difference reached more than 90%. The last month of exposure is marked by the minimum values for the decomposition of cellulose in the control and low agro background, not exceeding 10 % of the initial tissue mass.

Keywords: cellulose, organic substance, plant residues, soil microbiota, mineral fertilizers, leached chernozem.

Введение. Растения и их остатки, основным компонентом которых является целлюлоза, – главный источник органического вещества в почве. Разложение целлюлозы является основным и самым масштабным деструкционным процессом в почве, который осуществляется группой целлюлозоразрушающих микроорганизмов [1]. Интенсивность разложения целлюлозы – это один из показателей общей биологической активности почвы и ее плодородия.

Степень разложения целлюлозы напрямую зависит от факторов, неконтролируемых человеком, – это температура, влажность, аэрация почвы [2–4]. Самым мощным антропогенным фактором является внесение минеральных удобрений, которые увеличивают накопление вегетативной массы и урожайность и одновременно с этим даже в малых дозах могут кардинально изменить состав и численность почвенной микро-

биоты [5–8]. Д.И. Еремин в своих исследованиях отмечал, что создание агрофона за счет внесения минеральных удобрений до 120 кг/га д.в. увеличивает численность микробиоты и благоприятно сказывается на ее жизнедеятельности. Высокие же дозы (120 кг/га д.в. и более), наоборот, снижают их активность и развитие [9]. Благоприятное действие умеренных доз (N₆₀P₆₀K₆₀) минеральных удобрений на почвенную микрофлору отмечают также и другие ученые, говоря об увеличении численности микроорганизмов в 2–3 раза по сравнению с неудобренным вариантом [1, 10].

Учитывая тот факт, что удобрения оказывают существенное влияние на целлюлозоразложение, размещение растительных остатков и макроэлементов по пахотному слою требует особого внимания аграриев. Мнения ученых в этой области разнятся – одни считают, что целлюлозолитиче-

ская активность почвы заметно уменьшается с глубиной [11, 12], другие, наоборот, говорят об увеличении целлюлозоразложения от верхних слоев почвы к нижележащим [13, 14].

Несмотря на то, что данная тема представляет большой теоретический и практический интерес для аграриев, в Западной Сибири подробно она не изучалась.

Цель исследования: изучить влияние минеральных удобрений на интенсивность целлюлозоразложения в зоне Зауральской лесостепи.

Объект и методы исследования. Исследование по влиянию минеральных удобрений на целлюлозоразложение проводилось в условиях лесостепной зоны Зауралья на учебно-опытном стационаре кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья. Стационар расположен на юге Тюменской области недалеко от д. Утешево.

Объект исследования – черноземом выщелоченный с соответствующими для региона морфологическими признаками. В опыте высевались: однолетние травы, яровая пшеница, овес. Изучение процесса разложения органического вещества проводилось под яровой пшеницей, сорт Новосибирская 29.

Схема опыта:

Контроль – без внесения удобрений. На контроле минеральные удобрения не вносили с момента закладки опыта (1995 г.); дозы удобрений рассчитывали на получение планируемой урожайности 3,0 (N₄₀P₇₅); 5,0 (N₁₅₀P₂₀₀) и 6,0 т/га зерна (N₁₈₅P₁₆₀). Расчет проводили методом элементарного баланса с учетом текущей нитрификации и фактического содержания элементов питания в почве. Согласно расчетам, из-за высокой обеспеченности почвы подвижным калием этот элемент не вносился. Азот и фосфор были внесены в виде аммиачной селитры и аммофоса. Расчетные дозы азотно-фосфорных удобрений вносили в один срок – перед посевом. Система ухода за посевами, защита растений и уборочные работы соответствовали общепринятой технологии в регионе.

Интенсивность разложения полотна была определена согласно методикам Е.Н. Мишустина и А.Н. Петровой. Хлопчатобумажное полотно весом 3 г закладывали в почву послойно до 30 см, с шагом 10 см на период вегетации яровой пшеницы (3 месяца экспозиции). В конце каждой

экспозиции полотна извлекали из почвы, очищали от почвы и корней, просушивали и взвешивали. После проведенных расчетов и убыли массы полотна, выраженной в процентах, судили о целлюлозолитической активности почв по методике Д.Г. Звягинцева. Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (1985). Для выявления влияния разных факторов на интенсивность целлюлозоразложения был рассчитан коэффициент корреляции. Доля вклада каждого из факторов определена коэффициентом детерминации. Анализ степени варьирования проводился путем расчета коэффициента вариации.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенные исследования в период 2016–2020 гг. свидетельствуют о том, что на варианте без минерального фона в верхнем слое почвы разложение целлюлозы за 3 месяца экспозиции составило 28 % от исходной массы полотна, при стандартном отклонении $\pm 7-8$ % (табл. 1). Интенсивность разложения по мере углубления не отличалась от значений в слое 0–10 см и достигала 30 и 29 % соответственно. Следует отметить, что в первый месяц экспозиции разложение на контроле было максимальным и находилось в зависимости от слоя на уровне 15–18 % соответственно. Была выявлена сильная зависимость процесса разложения целлюлозы: от температуры почвы – коэффициент корреляции 0,78 ед.; от влажности почвы – 0,49 ед. Влияние минеральных удобрений на интенсивность разложения целлюлозы в первый месяц экспозиции очень слабое, коэффициент корреляции – 0,32 ед. Во второй месяц экспозиции разложение полотна было заметно ниже предыдущего – 3–6 % по исследуемому слою почвы. Данный факт говорит о сильном варьировании интенсивности разложения целлюлозы в пространстве и во времени, что подтверждается исследованиями ученых других регионов, вариация составляет от 21 до 36 % [15]. Коэффициент корреляции по влажности – 0,14 ед., по температуре – 0,11 ед. В третий месяц экспозиции разложение в верхнем слое почвы составило 10 %, затем снижалось до 8 % в слое 10–20 см и до 6 % в слое 20–30 см. Следует заметить, что зависимость разложения полотна от внешних факторов была средней и чуть выше средней. Ко-

эффицент корреляции по влажности составил 0,27 ед., по температуре – 0,14 ед.

Влияние удобрений на интенсивность разложения полотна в период второй и третьей

экспозиции увеличилось, коэффициент корреляции составил 0,75 и 0,68 ед. соответственно.

Таблица 1

Влияние возрастающего уровня минерального питания на интенсивность целлюлозоразложения, % от исходной массы (2016–2020 гг.)

Вариант (фактор А)	Слой, см (фактор В)	Срок экспозиции, мес. (фактор С)			Описательная статистика					
					1 эксп.		2 эксп.		3 эксп.	
		1	2	3	<i>max-min</i>	<i>Cv</i>	<i>max-min</i>	<i>Cv</i>	<i>max-min</i>	<i>Cv</i>
Контроль	0–10	15±8	18±7	28±7	16	51	14	36	10	24
	10–20	18±8	22±5	30±9	20	43	13	23	20	28
	20–30	17±7	23±5	29±7	17	42	11	21	17	26
НР на 3,0 т/га	0–10	15±5	26±6	37±11	10	32	18	24	25	29
	10–20	18±4	29±19	36±11	10	24	19	31	23	30
	20–30	19±4	34±5	39±5	8	23	12	16	12	13
НР на 5,0 т/га	0–10	18±10	37±7	49±11	19	52	16	20	24	23
	10–20	19±8	37±10	51±12	19	42	23	20	34	24
	20–30	20±10	44±11	46±9	69	96	25	27	23	20
НР на 6,0 т/га	0–10	22±13	48±16	56±9	27	58	28	26	24	16
	10–20	24±9	42±5	59±11	20	37	42	32	28	19
	20–30	23±9	49±2	55±6	23	39	11	11	15	11

Примечание: НСР₀₅ по фактору А – 1 %; фактору В – 2; фактору С – 4 %.

Минеральные удобрения даже в небольших дозах (НР на 3,0 т/га зерна) повышали микробиологическую активность – убыль массы полотна за 3 месяца экспозиции по слоям составила 36–39 %, что на 17–25 % выше значений контроля. Максимальная активность

целлюлозоразложения, так же, как и на контроле, была в первый месяц экспозиции и составляла от 15 до 19 %, стандартное отклонение варьировало в пределах 4–5 %. Это, вероятно, связано с оптимальным водно-воздушным режимом почвы и увеличением

доступного для растений азота в начале лета [16]. В этот период размах максимума и минимума был незначительным, составляя 8–10 %. Коэффициент вариации средний, в слое 0–10 см чуть выше среднего. Во второй месяц экспозиции разложение целлюлозы уменьшилось до 5–11 % от исходной массы, но все равно превышало значения контроля. Во второй экспозиции прослеживалось увеличение размаха между максимумом и минимумом, зависимость процессов разложения от внешних факторов находилась на уровне 16–31 %. В третий месяц экспозиции разложение клетчатки так же, как в предыдущий месяц, не превышало 11 %, стандартное отклонение составило ± 5 –11 %. Интенсивность целлюлозоразложения в верхних слоях почвы от внешних условий зависела больше, чем в нижележащем слое 20–30 см, коэффициент вариации равен 13 %.

Минеральные удобрения в дозе $N_{150}P_{200}$ способствовали нарастанию активности процесса целлюлозоразложения в период второй и третьей экспозиции, в первую экспозицию значения были схожи с контролем и с минимально удобренным вариантом (NP на 3,0 т/га зерна). Важно отметить, что интенсивность разложения напрямую зависела от всех внешних факторов (температура, влажность, минеральные удобрения), особенно в слое 20–30 см, где коэффициент вариации составил 96 %. Во вторую экспозицию замечена высокая активность целлюлозолитической микробиоты, деятельность которой зависела от внешних условий, согласно коэффициенту вариации, который составил по слоям 16–25 %. Убыль массы полотна за вторую экспозицию по слоям достигла 19 % соответственно. В третий месяц экспозиции убыль массы полотна в верхних слоях почвы составила 12–14 %. В слое 20–30 см разложение не превышало 4 %, стандартное отклонение и размах максимальных и минимальных значений варьировали в небольших пределах. Интенсивность процесса разложения на 20–24 % зависела от погодных условий.

Активное действие на разложение целлюлозы при создании минерального фона на планируемую урожайность 6 т/га зерна отмечалось только в первые два месяца экспозиции, в августе же действие минеральных удобрений снизилось до минимальных значе-

ний. За первый месяц экспозиции убыль полотна на этом варианте составила 22–24 %. За два месяца вегетации яровой пшеницы активность целлюлозоразложения достигала 49 %. Доля утраченного полотна за июль составила 26 %. Увеличение активности разложения целлюлозы в этот период объясняется совместным действием минеральных удобрений и грибной микробиоты. Доля утраченного полотна на максимальном агрофоне (NP на 6 т/га зерна) превышала контроль на 50–80 % в зависимости от слоя почвы. Зависимость этого процесса от внешних факторов была невысокой, в слое 20–30 см – даже слабой, и составила 11 %. В третий месяц экспозиции наблюдалась снижение процессов разложения в слое 0–10 и 20–30 см, где убыль массы полотна не превышала 6–8 % и была схожа со значениями контроля. В слое 10–20 см в этот период разложилось 17 % полотна, что на 65 % превышало значения эталона.

Расчеты показали, что интенсивность целлюлозоразложения преимущественно зависит от нескольких факторов. Наибольшее влияние оказала температура почвы – 62 %. Этим объясняется столь сильное варьирование убыли льняного полотна в годы исследований. Следующим фактором являются минеральные удобрения, в частности азотные. Доля их вклада в процесс разложения целлюлозы составила 24 %. Роль влажности почвы была минимальной – 10 %. Столь низкая степень влияния влажности на целлюлозоразложение, по нашему мнению, обусловлено тем, что исследования проводили в зоне достаточного увлажнения, где практически отсутствует почвенная засуха.

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что разложение целлюлозы напрямую зависит от погодных условий, особенно это проявляется в первый месяц экспозиции. Коэффициент вариации на контроле находился в пределах 42–51 % соответственно. Доля вклада температуры составляет 62 %. Коэффициент корреляции по температуре и разложению составил 0,78 ед.; по влажности почвы и разложению целлюлозы – 0,49 ед.

Разложение целлюлозы на контроле за 3 месяца экспозиции составило 28–30 %. На фоне удобрений $N_{40}P_{75}$ разложение целлюлозы увеличилось до 36–39 %, разница с контролем составила 22 %. Увеличение дозы

удобрений до $N_{150}P_{200}$ привело к стимулированию интенсивности целлюлозоразложения, за 3 месяца экспозиции на этом варианте разложилось почти 50 % полотна от исходной массы, разница с контролем составила уже чуть больше 40 %. На максимальном агрофоне $N_{185}P_{160}$ кг/га д.в. отмечен пик целлюлозоразложения, убыль массы полотна за 3 месяца экспозиции составила 57 %, что в 2 раза выше значений контроля. Доля вклада минеральных удобрений в целлюлозоразложение пахотного чернозема составляет 24 %. Влияние минеральных удобрений на интенсивность разложения целлюлозы в первый месяц экспозиции очень слабое, коэффициент корреляции – 0,32 ед. Во второй и третий месяцы экспозиции влияние удобрений на интенсивность разложения увеличилось, коэффициент корреляции составил 0,75 и 0,68 ед. соответственно.

По всем слоям на удобренных вариантах за период вегетации пик целлюлозной активности отмечается в июле в слое 10–20 см, являясь наиболее благоприятным по режиму влажности, а также по температурному и питательному режимам.

Литература

1. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.Л., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
2. Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. 250 с.
3. Поддымкина Л.М. Целлюлозоразлагающая активность микробов почвы в полевом опыте // Плодородие. 2004. № 4. С. 26–27.
4. Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Влияние погодноклиматических условий на скорость разложения целлюлозы в почвах Башкирского Зауралья // Аграрная наука. 2010. № 12. С. 12–13.
5. Демин Е.А. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зеленой массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10 (163). С. 27–33.
6. Шахова О.А. Влияние агрохимикатов на микробиологическую активность чернозема выщелоченного в Северной лесостепи Тюменской области // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 2 (33). С. 102–109.
7. Демина О.Н., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на нитрификацию чернозема выщелоченного в лесостепи Зауралья // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 16–20.
8. Кукишева А.А., Наплекова Н.Н. Изменение микробоценоза дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 4. С. 14–15.
9. Еремин Д.И. Гумусное состояние чернозема выщелоченного при длительном использовании минеральной системы удобрений под зерновые культуры в Северном Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 8 (74). С. 35–37.
10. Майсямова Д.Р., Абрамов Н.В. Биологический режим чернозема обыкновенного в процессе сельскохозяйственного использования // Аграрный вестник Урала. 2008. № 5. С. 35–37.
11. Ахтямова А.А., Фисунов Н.В. Разложение соломы, расположенной на поверхности почвы, различных системах основной обработки // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 427–430.
12. Майсямова Д.Р., Еремин Д.И. Изменение микрофлоры пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья под действием механической обработки // Вестник Алтайского ГАУ. 2020. № 1 (183). С. 17–27.
13. Еремин Д.И., Демина О.Н. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений // АПК: инновационные технологии. 2018. № 1. С. 25–33.
14. Демина О.Н., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2 (155). С. 63–71.
15. Nesmeyanova M.A., Korzhov S.I., Dedov A.V., Trofimova T.A., Korotkih E.V. Biological activity of soil and rates of decomposition of plant residues // International

- Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. T. 11. № 14. С. 11A14M.
16. Еремина Д.В. Математическая модель минерального питания яровой пшеницы по результатам многолетних исследований Государственного аграрного университета Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2017. № 1 (124). С. 14–19.
- ### References
1. Zvyagintsev D.G., Bab'eva I.L., Zenova G.M. *Biologiya pochv*. M.: Izd-vo MGU, 2005. 445 s.
 2. Naplekova N.N. *Aehrobnое razlozhenie tsellyulozy mikroorganizmami v pochvakh Zapadnoi Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, 1974. 250 s.
 3. Poddymkina L.M. Tsellyulozorazlagayushchaya aktivnost' mikrobov pochvy v polevom opyte // *Plodorodie*. 2004. № 4. S. 26–27.
 4. Suyundukov YA.T., Semenova I.N., Il'bulova G.R. Vliyanie pogodno-klimaticheskikh uslovii na skorost' razlozheniya tsellyulozy v pochvakh Bash-kirskogo Zaural'ya // *Agrarnaya nauka*. 2010. № 12. S. 12–13.
 5. Demin E.A. Vliyanie mineral'nykh udobrenii i srokov poseva na urozhainost' zelenoi massy kukuruzy v lesostepnoi zone Zaural'ya // *Vestnik KraSGAU*. 2020. № 10 (163). S. 27–33.
 6. Shakhova O.A. Vliyanie agrokhimikatov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' chernozema vyshchelochennogo v Severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti // *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya*. 2016. № 2 (33). S. 102–109.
 7. Demina O.N., Eremin D.I. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na nitrifikatsiyu chernozema vyshchelochennogo v lesostepi Zaural'ya // *Plodo-rodie*. 2021. № 1 (118). S. 16–20.
 8. Kukisheva A.A., Naplekova N.N. Izmenenie mikrobovogo demovopodzolistykh pochv pri dlitel'nom primeneniі udobrenii // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2009. № 4. S. 14–15.
 9. Eremin D.I. Gumusnoe sostoyanie chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom ispol'zovanii mineral'noi sistemy udobrenii pod zernovye kul'tury v Severnom Zaural'e // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2010. № 8 (74). S. 35–37.
 10. Maisyamova D.R., Abramov N.V. Biologicheskii rezhim chernozema obyknovennogo v protsesse sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2008. № 5. S. 35–37.
 11. Akhtyamova A.A., Fisunov N.V. Razlozhenie solomy, raspolozhennoi na poverkhnosti pochvy, razlichnykh sistemakh osnovnoi obrabotki // *Molodoi uchenyi*. 2016. № 26 (130). S. 427–430.
 12. Maisyamova D.R., Eremin D.I. Izmenenie mikroflory pakhotnogo chernozema lesostepnoi zony Zaural'ya pod deistviem mekhanicheskoi obrabotki // *Vestnik Altaiskogo GAU*. 2020. № 1 (183). S. 17–27.
 13. Eremin D.I., Demina O.N. Biologicheskaya aktivnost' chernozema pri vnesenii vozrastayushchikh doz mineral'nykh udobrenii // *APK: innovatsionnye tekhnologii*. 2018. № 1. S. 25–33.
 14. Demina O.N., Eremin D.I. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na mikrofluoru pakhotnogo chernozema lesostepnoi zony Zaural'ya // *Vestnik KraSGAU*. 2020. № 2 (155). S. 63–71.
 15. Nesmeyanova M.A., Korzhov S.I., Dedov A.V., Trofimova T.A., Korotkih E.V. Biological activity of soil and rates of decomposition of plant residues // *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2020. T. 11. № 14. S. 11A14M.
 16. Eremina D.V. Matematicheskaya model' mineral'nogo pitaniya yaro-voi pshenitsy po rezul'tatam mnogoletnikh issledovaniy Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya // *Vestnik KraSGAU*. 2017. № 1 (124). S. 14–19.