

**ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
АГРОЧЕРНОЗЕМА ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ
В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

**О.А. Ульянова, д.б.н., О.П. Горлова, к.б.н., Н.Л. Кураченко, д.б.н., В.В. Чупрова, д.б.н., Е.В. Петрова,
Красноярский ГАУ**

Показано, что биологическая активность агрочернозема возрастает за счет увеличения разнообразия, численности и биомассы мезобионтов при применении опилок, внесенных совместно с птичьим пометом или мочевиной. Оптимизация агрохимических свойств происходит при внесении в почву опилок совместно с птичьим пометом и мочевиной, а также мочевины и птичьего помета в дозе 3 т/га.

Ключевые слова: плодородие, агрочернозем, птичий помет, мочевина, опилки, удобрительные композиции, почвенная мезофауна, агрохимические свойства.

В современных условиях отечественного земледелия важнейшей задачей остается сохранение, поддержание и повышение плодородия почв. Особенно остро стоит проблема воспроизводства плодородия черноземов – почв, формирующих около 80 % продовольственных ресурсов страны [6]. Одним из решений этой проблемы в настоящее время является внесение в почву удобрений и удобрительных композиций на основе птичьего помета и опилок, накапливающихся в огромных количествах на птицефабриках и вблизи действующих лесоперерабатывающих предприятий. Только на одной птицефабрике «Заря» в Красноярском крае ежегодно образуется 41,5 тыс. т птичьего помета, а на деревообрабатывающем комбинате «Енисей» – 40 тыс. м³ опилок. Это служит причиной загрязнения окружающей среды и вызывает тревогу санитарноэпидемиологического надзора и природоохранных органов. Совместное использование опилок и помета позволяет получать экологически чистые и высокоэффективные органические удобрения для сельского хозяйства. В литературе достаточно часто рассматриваются отдельные стороны этого вопроса [2], однако биологические аспекты влияния на агрочернозем Красноярской лесостепи удобрений на основе опилок и помета не исследованы. Эффективность применения удобрений зависит не только от их вида, физиологических особенностей растений, но и от характера протекающих в почве микробиологических процессов. Эффективное использование удобрений невозможно без изучения почвенной биоты, как фактора ее биологической активности.

Цель исследования – оценить изменения биологических и агрохимических свойств агрочернозема под действием мочевины, птичьего помета, опилок и композиций на их основе в Красноярской лесостепи.

Методика. Исследования проводили в зернопаровом севообороте на полевом стационаре учебного хозяйства «Миндерлинское», расположенного в Красноярской лесостепи (56° с.ш., 92° в.д.). На этой территории выпадает 350-450 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 0,5 до 1,3°С, иногда понижаясь до -2°С. Продолжительность периода биологической активности варьирует от 90 до 115 сут. Сумма активных температур составляет 1550-1800°С, почва про-

мерзает на глубину 1,5-3 м. Почва – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный глубокопахотный сильно гумусированный на желто-бурой глине. Характеризуется следующим строением профиля: PU-AU-AUBI-BI-BCa-CCa. Эта почва в пределах 0-26 см слоя имеет высокое содержание C_{орг} (8,2 %), высокую сумму обменных оснований (38,2 мг-экв/100 г), нейтральную реакцию среды. В пахотном слое агрочернозема содержалось 233 мг/кг P₂O₅ и 229 мг/кг K₂O. Птичий помет (ПП), используемый в опыте, содержит (%): N – 2,90, P – 2,94, K – 1,08, Ca – 2,40, Mg – 0,70 и S – 0,40; pH 9. Опилки (Оп), применяемые в опыте, имеют следующий химический состав: целлюлозы – 25%, лигнина – 36, N – 0,05%. Соотношение C:N в опилках – 300, pH 4,6; зольность – 3%.

Оценку изменения биологических параметров и агрохимических свойств агрочернозема под действием удобрений провели в полевом опыте согласно схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. Птичий помет (ПП), 3 т/га; 3. ПП, 3 т/га + опилки (Оп), 1 т/га; 4. ПП, 6 т/га + Оп, 2 т/га; 5. Оп, 3 т/га; 6. Оп, 3 т/га + мочевина (Нм) эквивалентно 3 т/га ПП; 7. Нм эквивалентно 3 т/га ПП. Площадь учетной делянки 100 м², повторность опыта трехкратная. Размещение делянок рендомизированное. Птичий помет, опилки и удобрительные композиции на их основе вносили в паровое поле осенью, а мочевину – весной под предпосевную культивацию на глубину 12-14 см. Тестовой культурой служила яровая пшеница сорта Новосибирская 15.

В отобранных после уборки пшеницы почвенных образцах определяли рН_{н2о} – потенциометрически, содержание подвижного фосфора и обменного калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91-почвы), нитратного азота – дисульфифеноловым методом, аммонийного азота с реактивом Несслера. Содержание C_{орг} – по методу Тюрина [1]. Для количественной и качественной оценки почвенной биоты проводили отбор проб в слоях почвы: 0-10 см, 10-20 и 20-30 см. На каждом из повторений вариантов опыта было заложено по 3 пробных площадки размером 25×25 см. Учет педобионтов проводили методом прямого подсчета по методике [3], ручной разборкой проб. Выявленные беспозвоночные фиксировались в растворе, состоящем из формалина (40%), спирта (70⁰) и дистиллированной воды, с последующим лабораторным определением биометрических параметров сообществ мезофауны.

Результаты и их обсуждение. Агрочернозем характеризуется высоким содержанием органического вещества согласно грациям [5]. Внесение в почву птичьего помета способствовало повышению этого показателя на 19,5 % (табл. 1). При этом низкие показатели стандартной ошибки и дисперсии обеспечили и незначительное варьирование, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. Внесение в агрочернозем мо-

чевины и удобрительной композиции (опилки + мочевины) способствовало увеличению содержания органического вещества на 11-15 %. Отметим, стандартная ошибка и дисперсия имеют средние значения, что обусловило и средние значения коэффициента вариации. Изменение количества органического вещества в других удобренных вариантах опыта (ПП, 3 т/га + Оп, 1 т/га; Оп, 3 т/га) было недостоверно. Агрочернозем отличается средними запасами гумуса (157 т/га). Применение птичьего помета, опилок и их композиций (ПП, 3 т/га; ПП, 6 т/га + Оп, 2 т/га; Оп, 3 т/га + Nm эквивалентно 3 т/га ПП; Nm эквивалентно 3 т/га ПП) содействовало увеличению запасов гумуса в почве со среднего уровня, выявленного на контроле, до высокого (172-192 т/га), в удобренных вариантах. Обеспеченность нитратным азотом агрочернозема средняя (см. табл. 1). Внесение опи-

лок в почву совместно с птичьим пометом и мочевиной способствовало повышению содержания нитратного азота в почве со среднего, отмеченного на контроле, до повышенного уровня. Количество аммонийной формы азота в агрочерноземе низкое. Применение мочевины увеличило этот показатель в 1,3 раза. Снижение аммонийной формы азота во 2-м варианте объясняется расходом его на формирование урожайности пшеницы. Содержание подвижного фосфора в агрочерноземе оценивается как высокое (см. табл. 1). Внесение в почву птичьего помета, как в чистом виде, так и совместно с опилками приводило к повышению данного показателя в 1,6 раза. Количество обменного калия в почве контрольного варианта высокое. При внесении в агрочернозем удобрительных композиций наблюдается тенденция только к повышению этого элемента питания.

1. Изменение показателей плодородия почвы под действием удобрений

Вариант опыта	C _{орг} , %		N-NO ₃		N-NH ₄		N лг		P ₂ O ₅		K ₂ O	
					мг/кг				мг/100 г			
	X±S _x	V, %	X±S _x	V, %	X±S _x	V, %	X±S _x	V, %	X±S _x	V, %	X±S _x	V, %
1. Контроль (б/у)	8,2±0,6	11	8,4±1,2	24	5,3±0,4	14	184±8	8	23,3±1,3	10	22,9±0,4	10
2. ПП, 3т/га	9,8±0,5	8	8,1±1,0	21	2,3±0,2	12	233±23	17	37,0±4,2	19	22,7±0,3	11
3. ПП, 3 т/га + Оп 1 т/га	8,3±1,0	20	14,2±2,5	30	4,2±1,4	59	236±22	16	36,2±5,3	27	23,6±0,2	14
4. ПП, 6 т/га + Оп 2 т/га	8,4±0,8	15	15,4±1,7	19	4,4±1,0	40	205±20	11	36,3±0,2	1	22,3±0,6	12
5. Оп, 3 т/га	6,9±1,3	31	11±0,6	9	3,6±0,8	36	217±18	14	28,5±4,5	28	23,6±0,1	12
6. Оп, 3 т/га + Nm экв. ПП, 3т/га	9,1±1,1	20	15,5±3,2	36	4,4±1,2	48	226±20	16	33,2±3,6	19	23,2±1	11
7. Nm экв. ПП, 3 т/га	9,5±1,2	22	14,8±1,8	21	6,9±0,1	3	224±14	11	35,5±4,8	23	22,9±0,4	11

Важным фактором почвообразования, влияющим на все свойства почвы, в том числе ее плодородие, является почвенная мезофауна [4]. Результаты проведенных исследований показали, что таксономический состав почвенной мезофауны представлен следующими классами: *Insecta* Насекомые, *Myriapoda* Многоножки, *Arachnida* Паукообразные, *Oligochaeta* Малощетинковые черви, среди которых выявлены представители, относящиеся к 13 таксонам на уровне отряда или семейства. Наибольшее разнообразие мезофауны отмечается при совместном внесении помета и опилок в разных дозах, а также в контрольном варианте (13, 11 и 12 групп почвенной мезофауны, соответственно). В остальных вариантах педофон был представлен 7-9 группами почвенного населения. Энхитреиды (*Enchytraeidae*), личинки двукрылых (*Diptera*) и паукообразные (*Arachnoidea*) встречались во всех вариантах опыта, что обусловлено широтой их экологической ниши. В большинстве вариантов отмечены губоногие многоножки, щелкуны, жуелицы и чернотелки. Лимитирующим фактором, объясняющим практически полное отсутствие в педокомплексе агрочернозема дождевых червей является влажность почвы, которая варьировала по вариантам опыта от 30 до 39 %.

Наиболее обильно представленная группа мезофауны (рис. 1) – энхитреиды. Их участие в структуре педокомплексов изменяется от 43 до 80 % по вариантам опыта. Долевое участие (71 и 81%) данной группы олигохет было максимальным в вариантах: ПП, 6 т/га + Оп, 2 т/га и Оп, 3 т/га + Nm экв. ПП, 3 т/га. Преобладание этих олигохет над остальными группами педобионтов свидетельствует о высокой активности почвенно-биологических процессов трансформации органического вещества. Отметим, что применение опилок в сочетании с птичьим пометом и мочевиной способствует повышению количества и степени участия энхитреид в структуре педокомплексов мезофауны агрочернозема. Это связано, по-видимому, с оптимальными агрохими-

ческими и агрофизическими свойствами почв этих вариантов. Личинки двукрылых, как и энхитреиды, обнаружены в почве всех вариантов. Однако, их доля в составе почвенного населения значительно меньше и варьирует от 6 % (Оп, 3 т/га + Nm экв. ПП, 3т/га) до 23% (ПП, 3 т/га + Оп, 1 т/га). Остальные группы педобионтов менее распространены и малочисленны.

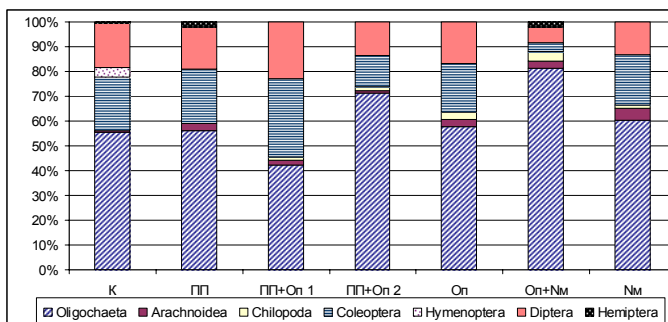


Рис. 1. Состав почвенной мезофауны агрочернозема

Наибольшая численность мезофауны (2843 экз/м²) отмечена в вариантах с применением помета и опилок, а также опилок с мочевиной (ПП, 6 т/га + Оп, 2 т/га и Оп, 3 т/га + Nm экв. ПП, 3 т/га) и была выше контроля в 2,4 и 1,8 раза соответственно (табл. 2).

2. Численность и биомасса мезофауны агрочернозема под действием удобрений

Вариант опыта	Численность мезофауны, экз./м ²	Биомасса мезофауны, г/м ²
1. Контроль	1078±65	7,1±1,0
2. ПП, 3 т/га	762±40	2,8±0,3
3. ПП, 3 т/га + Оп, 1 т/га	1309±64	12,1±1,7
4. ПП, 6 т/га + Оп, 2 т/га	2842±122	14,9±2,0
5. Оп, 3 т/га	1045±56	5,4±0,8
6. Оп, 3 т/га + Nm эквивалентно 3 т/га ПП	2067±44	13,0±2,1
7. Nm эквивалентно 3 т/га ПП	767±27	7,2±1,2

Это связано, по-видимому, с формированием оптимальных условий (влажности, питания, аэрации, pH_{H_2O}) в этих вариантах. Опилки, с одной стороны, нейтрализуют щелочную реакцию птичьего помета, а с другой, – увеличивают количество доступных для разложения органических остатков, а также оказывают разрыхляющее и структурирующее действие на почву, что важно для жизнедеятельности почвенной мезофауны. Снижение численности почвенных беспозвоночных на 30 % по сравнению с контролем отмечено в вариантах с внесением птичьего помета (762 ± 40 экз/м²) и мочевины (767 ± 27 экз/м²). Это может быть обусловлено угнетающим действием избыточного содержания минерального азота в них. Внесение чистого помета неблагоприятно сказывается на почвенной биоте, за счет подщелачивания раствора, что согласуется с результатами других авторов [7].

Закономерности изменения соотношения биомассы педобионтов по вариантам опыта в целом повторяют особенности их количественного распределения (см. табл. 2). Внесение в агрочернозем опилок совместно с птичьим пометом или мочевиной способствовало достоверному превышению биомассы по отношению к контролю. Наименьшую биомассу выявили при раздельном применении опилок и птичьего помета (в 2,4-1,3 раза ниже контрольного значения). Негативное влияние помета на характеристики почвенной мезофауны проявляется в отношении биомассы сильнее, чем в отношении численности. Так, в вар. 3 (3 т/га помет + 1 т/га опилок) численность педобионтов ниже на 10%, а биомасса выше на 70% по сравнению с контролем. Это свидетельствует о положительном влиянии совместного внесения помета и опилок на мезобиоту почв за счет стимулирования метаболических процессов, приводящих к увеличению массы почвенных обитателей. При повышении дозы внесения помета и опилок отмечено превышение как численности, так и биомассы по отношению к контролю в 2,4 и 2 раза, соответственно. Повышение биомассы мезофауны в почве свидетельствует об увеличении интенсивности процессов трансформации органических остатков и содержания в ней доступных питательных веществ. Известно [8], что внесение сложных компостов благоприятно сказывается на микробиологической активности почвы, что в свою очередь, является значимым фактором развития мезобиоты.

В почвенной мезофауне агрочернозема большинство (62-81% численности) составляют сапрофаги (в т.ч. энхитреиды, личинки двукрылых, личинки и имаго хрущей, кивсяки) (рис.2).

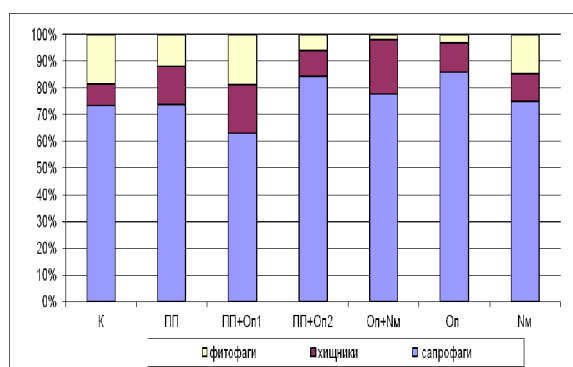


Рис. 2. Трофическая структура педокомплексов агрочернозема

Группа хищных представителей мезобиоты в агрочерноземе довольно разнообразна, хотя и не многочисленна (8-20% от общего количества). К ним относятся пауки, сенокосцы косянки, жужелицы стафилины и др. Участие фитофагов (щелкунов, чернотелок и др.) в комплексах мезобиоты для большинства вариантов не превышало 12 %. Лишь в контрольном варианте и при использовании 3 т/га птичьего помета совместно с 1 т/га опилок доля растительных была выше и составила около 19 %.

В целом, влияние внесения удобрений на трофическую структуру населения почвенной мезофауны на данном этапе исследования не выявлено. Соотношение трофических групп в педокомплексе агрочернозема имеет довольно типичную для почв лесостепной зоны структуру.

Выводы. 1. Содержание органического вещества, нитратного и легкогидролизуемого азота под действием мочевины, птичьего помета (3 т/га) и удобрительной композиции, включающей опилки совместно с мочевиной и птичьим пометом возрастает на статистически значимые величины. Наибольшее увеличение подвижного фосфора в черноземе выщелоченном наблюдается при использовании птичьего помета в дозе 3 т/га. 2. Соотношение трофических групп в педокомплексе агрочернозема независимо от удобрительных композиций типично для почв лесостепной зоны. Повышение биологической активности агрочернозема происходит за счет увеличения разнообразия, численности и биомассы мезобионтов при применении опилок, внесенных совместно с птичьим пометом или мочевиной.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 478 с.
2. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки (химико-биологические аспекты): Обзорная информ. / ВНИИ-ТЭИагропром. – М., 1992. – 52 с.
3. Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – С. 5-21.
4. Горлова О.П. Влияние загрязнения почв фторсодержащими выбросами на структуру и состав почвенной мезофауны / Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: Мат-лы межд. конф. – М.: МГУ, 2013. – С. 59-60.
5. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв. В кн.: Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42-47.
6. Егорова Р.А., Ревенский В.А. Влияние компостов на содержание и запасы органического вещества в почве / Плодородие. – 2013. – №5. – С. 17-18.
7. Никифорова Ю.Ю. Влияние сложного компоста на динамику почвенной фауны и свойства чернозема обыкновенного в агроландшафте / Автореф. дис.... к.биол.н. – М., 2013.
8. Славгородская Д.А. Влияние сложного органоминерального компоста на свойства чернозема обыкновенного и урожайность озимой пшеницы в Западном Предкавказье / Автореф. дис.... к.с.-х.н. – Краснодар, 2014. – 25 с.

CHANGES IN THE BIOLOGICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF AGROCHERNOZEM UNDER THE EFFECT OF FERTILIZERS IN THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

O.A. Ulyanova, O.P. Gorlova, N.L. Kurachenko, V.V. Chuprova, E.V. Petrova

Krasnoyarsk State Agricultural University, pr. Mira 90, Krasnoyarsk, 660049 Rusia, E-mail: kora64@mail.ru

The biological activity of agrochernozem enhances due to the increase in the diversity, abundance, and biomass of mesobionts at the application of sawdust in combination with bird droppings or urea. The optimization of agrochemical properties occurs, when sawdust is applied to the soil together with bird droppings and urea, as well as urea and bird droppings at a rate of 3 t/ha.

Keywords: fertility, agrochernozem, bird droppings, urea, sawdust, fertilizing compositions, soil mesofauna, agrochemical properties.