

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

ENZYME ACTIVITY OF LEACHED AGROCHERNOZEM OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE TRANS-URALS UNDER THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS

Ключевые слова: ферментативная активность, почвенные ферменты, полифенолоксидаза, пероксидаза, трансформация органического вещества, синтез гумуса, гумусообразование, коэффициент накопления гумуса.

Почвенные ферменты из класса оксиредуктаз играют важную роль в гомеостазе почвы, а их активность характеризует интенсивность происходящих в ней биохимических процессов. В полевых и лабораторных исследованиях изучено влияние возрастающих доз минеральных удобрений на ферментативную активность почвы. Объект исследований – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Исследования проводились под яровой пшеницей в условиях северной лесостепи Зауралья. Представлены данные по активности окислительно-восстановительных ферментов – полифенолоксидазы и пероксидазы. Полифенолоксидазная активность при отсутствии минеральных удобрений контроле варьировала в пределах 0,0315-0,0276 бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна увеличило ее активность на 23%. Дальнейшее повышение уровня минерального питания привело к снижению полифенолоксидазной активности на 12%. Пероксидазная активность на контроле была максимальной – 0,0369-0,0497 мг бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений снижало её активность более чем на 20%. Коэффициент накопления гумуса показал, что равновесное соотношение между гумификацией и минерализацией существует только в весенний период. Внесение высоких доз минеральных удобрений усиливает минерализационные процессы – коэффициент снижается до 0,4-0,6 ед. Благоприятные условия для гумусообразования складываются

при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 3,0 т/га зерна.

Keywords: enzyme activity, soil enzymes, polyphenol oxidase, peroxydase, organic matter transformation, humus synthesis, humus formation, humus accumulation coefficient.

Soil enzymes belonging to oxidoreductases play an important role in soil homeostasis, and their activity describe the intensity of the biochemical processes occurring in the soil. In the field and laboratory studies, the effect of increasing rates of mineral fertilizers on the enzyme activity of the soil was studied. The research target was heavy-loamy leached chernozem. The studies were carried out under spring wheat under the conditions of the northern forest-steppe of the Trans-Urals. This paper presents the data on the activity of the redox enzymes - polyphenol oxidase and peroxydase. Without mineral fertilizers, polyphenol oxidase activity in the control varied within the range of 0.0315-0.0276 benzoquinone per 10 g of soil per hour. The introduction of mineral fertilizers for the planned grain yield of up to 5.0 t ha increased its activity by 23%. Further increase of mineral nutrition level led to polyphenol oxidase activity decrease by 12%. Peroxydase activity in the control was maximum - 0.0369-0.0497 mg benzoquinone per 10 g of soil per hour. The application of mineral fertilizers reduced its activity by more than 20%. The humus accumulation coefficient showed that the equilibrium relationship of humification and mineralization existed in the spring only. The introduction of high rates of mineral fertilizers enhances the mineralization processes - the coefficient decreased to 0.4-0.6 units. The favorable conditions for humus formation were formed when mineral fertilizers were applied for the planned grain yield of up to 3.0 t ha.

Дёмина Оксана Николаевна, аспирант, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: oksa.victorious@mail.ru.

Еремин Дмитрий Иванович, д.б.н., проф. каф. почвоведения и агрохимии, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Demina Oksana Nikolayevna, post-graduate student, State Agricultural University of Northern Trans-Urals, Tyumen. E-mail: oksa.victorious@mail.ru.

Yeremin Dmitriy Ivanovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agro-Chemistry, State Agricultural University of Northern Trans-Urals, Tyumen. E-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

Введение

Во второй половине XX в. в Западной Сибири началось формирование индустриального сельского хозяйства. До этого времени выращивание продовольственного зерна и молочного животноводства не было столь масштабным по причине отсутствия местных сортов и агротехнологий, позволяющих формировать стабильные урожаи [1, 2].

В условиях возрастающей интенсификации сельского хозяйства сохранение почвенного плодородия становится еще более значимым [3]. Ферментативная активность почв определяет интенсивность и направленность биохимических процессов и является одним из основных биологических показателей, характеризующих плодородие. Ферменты играют важную роль в обмене веществ, участвуя в разложении растительных остатков, создании новых органических соединений, трансформации и минерализации почвенного органического вещества. Источником почвенных ферментов служат растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли. Накапливаясь в почве, ферменты становятся неотъемлемым реактивным компонентом экосистемы.

При рассмотрении вопроса плодородия почвы особое внимание уделяется окислительно-восстановительным ферментам – полифенолоксидазе (ПФО) и пероксидазе (ПО). По их активности можно оценить потенциал почвенной биоты, а их соотношение указывает на направление трансформации органического вещества в почве. Пероксидаза – фермент, осуществляющий окисление органических веществ почв за счет кислорода воздуха и перекиси водорода; его влияние направлено на минерализацию гумусовых веществ. Усиленное выделение микрофлорой ПО приводит к дегумификации почвы. Полифенолоксидаза – фермент, участ-

вующий в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса [4]. Полифенолоксидазная активность является одним из показателей усиления процесса гумификации органических остатков биоценоза. В то же время чрезмерное накопление ПФО может негативно сказаться на азотном питании, ингибируя минерализацию почвенного органического вещества.

Вопрос о ферментах пахотных почв давно представляет интерес для почвоведов, агрохимиков и экологов. Ферментативная активность почвы подвержена изменениям под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Важными природными факторами, оказывающими влияние на агрофизические свойства почвы и ее микробонаселение в сезонной динамике и пространственной изменчивости, являются степень увлажнения и температура почвы [5]. Как избыток, так и недостаток влажности отрицательно сказываются на активности ферментов [6]. Активность оксидоредуктаз проявляется при сочетании температуры 20-30°C и влажности 40-60% от полной влагоемкости [7]. При сочетании этих факторов в экологических системах устанавливается равновесие, однако антропогенное влияние может его нарушить, в том числе обработкой почвы и внесением удобрений. Обработка почвы и севообороты являются важным приемом в управлении синтезом и распадом органических веществ в почве [8]. Многолетние исследования ученых-микробиологов нашего региона отмечают, что ферментативная активность как комплексный показатель зависит не только от обработки почвы, но и от предшествующей культуры [4].

Одним из мощных факторов, изменяющим ферментативную активность пахотных почв, остаются минеральные удобрения, но их влияние неоднозначно. Они могут спо-

способствовать как увеличению, так и ингибированию ферментативной активности [9], поэтому для создания баланса почвенной биоты и сохранения плодородия почвы необходим научно обоснованный подход к системе удобрений в сельском хозяйстве [10].

Несмотря на высокий интерес к данной теме имеющиеся сведения о ферментативной активности пахотных чернозёмов в условиях северной лесостепи в настоящее время пока недостаточны и требуют дальнейшего изучения. Поэтому целью исследований стало изучение почвенных ферментов и ферментативной активности почв при внесении минеральных удобрений.

Объект и методы исследований

Исследования по влиянию минеральных удобрений на ферментативную активность почв выполнены на пахотном черноземе в лесостепной зоне Зауралья. Стационарный опыт ГАУ Северного Зауралья расположен на юге Тюменской области, недалеко от д. Утяшево. Опыт представлен трехпольным севооборотом со следующим чередованием культур: однолетние травы – яровая пшеница – овес. Исследования проводили в посевах пшеницы в трехкратной повторности по следующей схеме опыта:

Контроль (вариант без удобрений)

N₆₀P₄₅ д.в. (на планируемую урожайность 3,0 т/га зерна);

N₁₅₀P₁₀₀ д.в. (на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна);

N₁₈₅P₁₂₀ д.в. (на планируемую урожайность 6,0 т/га зерна).

Дозы минеральных удобрений рассчитывали методом элементарного баланса и внесены с учетом текущей нитрификации и начальных запасов питательных веществ в почве. В опыте использовали аммиачную

селитру и аммофос с содержанием азота и фосфора 12 и 52% соответственно.

Для выделения гумусферментных комплексов использовали почвенные образцы из пахотного горизонта (0-30 см), отобранные по фазам вегетации яровой пшеницы. Определение фенолоксидазной и пероксидазной активности проводили в лаборатории экологии почв Агробиотехнологического центра ГАУ Северного Зауралья по методике Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловой (1986) [11]. Статистическая обработка результатов была проведена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Ферментативная активность почвы – это один из показателей ее биологической активности, характеризующий потенциальную способность системы сохранять гомеостаз. Перед посевом на контроле и на варианте с низким агрофоном полифенолоксидазная активность находится на уровне 0,0315-0,0335 мг бензохинона/10 г почвы в час – разница между вариантами не превышает 6% (НСР₀₅ – 0,0022) (табл. 1). На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна активность полифенолоксидазы была почти на 30% выше относительно контроля. Это говорит о том, что при многолетнем внесении высоких доз минеральных удобрений на момент посева микрофлора уже работает, поэтому активность ПФО на черноземе возрастает [12]. Данный факт указывает на благоприятные условия для трансформации почвенного органического вещества и гумификации растительных остатков. С повышением дозы минеральных удобрений активность полифенолоксидазы в почве снижается – коэффициент корреляции составляет -0,85 ед., что соответствует отрицательной

тесной связи. На максимальном агрофоне отмечена минимальная активность этого фермента – 0,0257 мг бензохинона/10 г почвы в час, что на 20% ниже значений контроля.

В фазу цветения отмечено резкое варьирование полифенолоксидазной активности по вариантам, однако следует отметить, что на максимальном агрофоне она оставалась минимальной. На варианте без внесения минеральных удобрений полифенолоксидазная активность составила 0,0203 мг бензохинона/10 г почвы в час, что по шкале Д.Г. Звягинцева соответствовало очень низкому уровню. На варианте с NP на 3,0 т/га активность этого фермента увеличилась почти в 2 раза. На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна ферментативная активность также была выше контроля и составила 0,0321 мг бензохинона/10 г почвы в час. На максимальном агрофоне активность полифенолоксидазы снизилась до 0,0198 мг бензохинона/10 г почвы в час, но существенно не отличалась от контроля.

К моменту уборки невысокая активность полифенолоксидазы сохранилась. На контроле в этот период она находилась на отметке 0,0276 мг бензохинона/10 г почвы в час. На минимальном агрофоне (NPK на 3,0 т/га зерна) содержание фермента было на 13% выше контроля. Вариант с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна от контроля существенно не отличался, разница составила менее 4%. На максимальном агрофоне (NP на 6,0 т/га) вновь отмечено снижение полифенолоксидазной активности до 0,0241 мг бензохинона/10 г почвы в час, что на 13% ниже контроля. Данный факт, вероятно, свидетельствует о том, что внесение высоких доз минеральных удобрений угнетает гриб-

ную микрофлору, которая выделяет ПФО [13, 14].

Характер распределения активности пероксидазы по вариантам аналогичен и совпадает с характеристикой предыдущего окислительно-восстановительного фермента. Перед посевом пероксидазная активность находилась на уровне 0,0369 мг бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений до 3,0 т/га способствовало увеличению ее активности по сравнению с контролем на 7%. Однако дальнейшее повышение уровня минерального питания снижало ее активность. На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна пероксидазная активность снизилась на 20% по отношению к контролю и составила 0,0292 мг бензохинона/10 г почвы в час. На максимальном агрофоне активность пероксидазы увеличилась до 0,0321 мг бензохинона/10 г почвы в час и была выше по сравнению с предыдущим вариантом, но оставалась на 13% ниже значений контроля.

В фазу цветения на контроле отмечена максимальная пероксидазная активность, которая составила 0,0454 мг бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений даже в невысоких дозах оказало негативное влияние на активность пероксидазы, снижение составило 23% по отношению к контролю. На варианте с NP на 5,0 т/га разница достигала почти 20%. На этих вариантах создались условия для синтеза гумусовых веществ. Однако на максимальном агрофоне разница с контролем уже более 30%, и накопление гумуса сменилось его минерализацией.

Перед уборкой активность пероксидазы оставалась максимальной на контроле и находилась на уровне 0,0497 мг бензохинона/10 г почвы в час. На варианте с внесени-

ем минеральных удобрений на планируемую урожайность зерна 3 т/га зерна она снизилась на 13% относительно контроля. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна и выше ингибирует пероксидазную активность, снижая ее уже на 37-40% по отношению к контролю.

Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в почвах исследуется параллельно. В практическом аспекте имеет значение не количество этих ферментов, а их соотношение, которое получило название коэффициент гумификации ($K_{гум}$). Если соотношение ПФО/ПО меньше единицы, то процесс распада гумуса идет активнее, чем его синтез. Если соотношение ПФО/ПО больше единицы, то процессы гумификации в данном случае являются преобладающими. Необходимо отметить тот факт, что $K_{гум}$ не отражает фактическое гумусовое состояние почв, а лишь только показывает благоприятные условия для гумификации и минерализации почвенного органического вещества.

Наши исследования показали, что в весенний период соотношение ПФО к ПО на контроле и на вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 6,0 т/га зерна варьировало в пределах 0,8-0,9 ед. (рис.). Однако на варианте с NP на 5,0 т/га зерна это соотношение увеличилось до 1,5 ед. и было выше контроля на 40%. Данный факт говорит о развитии благоприятных условий для процессов гумификации.

К середине лета на контроле отмечено развитие устойчиво-благоприятных условий для процессов минерализации органического вещества, коэффициент при этом составил 0,4 ед. На вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 5,0 т/га зерна коэффициент накопления гумуса был выше контроля на 64-56% и варьировал в пределах 1,1-0,9 ед. соответственно. Такие значения коэффициента гумификации говорят об относительном равновесии между процессами синтеза и распада гумусовых веществ.

Таблица 1

Динамика активности оксиредуктаз в черноземе выщелоченном при внесении минеральных удобрений (мг бензохинона/10 г почвы в час)

Варианты	Наличие полифенолоксидазы (ПФО) (мг бензохинона/10 г почвы в час)			Наличие пероксидазы (ПО) (мг бензохинона/10 г почвы в час)			НСР ₀₅
	посев	цветение	уборка	посев	цветение	уборка	
Контроль	0,0315	0,0203	0,0276	0,0369	0,0454	0,0497	0,0016
NP на 3,0 т/га зерна	0,0335	0,0386	0,0316	0,0398	0,0350	0,0425	0,0017
NP на 5,0 т/га зерна	0,0438	0,0321	0,0287	0,0292	0,0366	0,0311	0,0022
NP на 6,0 т/га зерна	0,0257	0,0198	0,0241	0,0321	0,0315	0,0297	0,0013

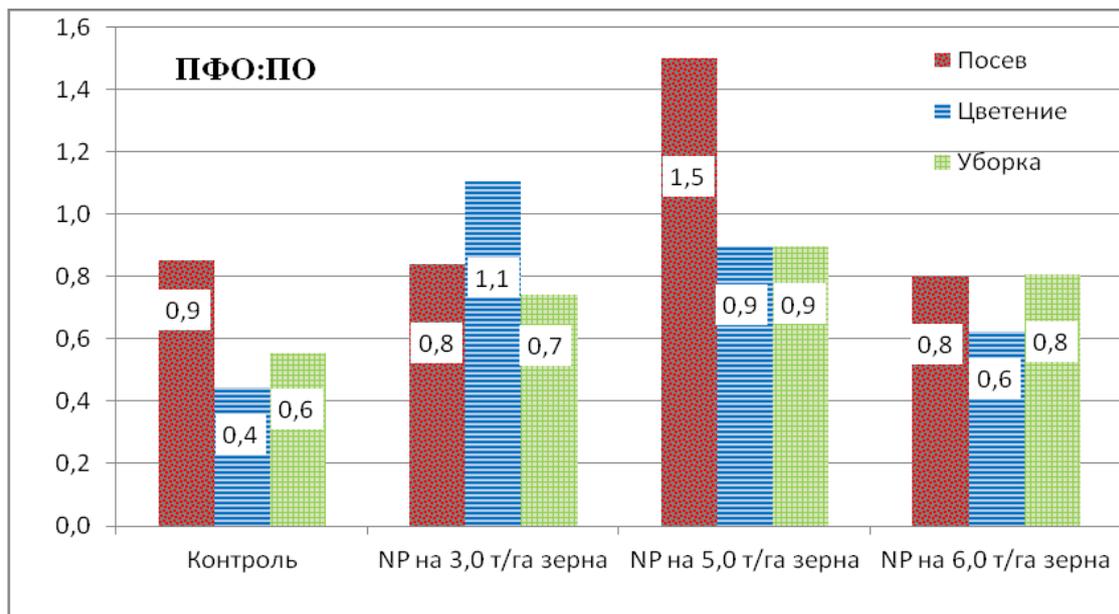


Рис. Динамика коэффициента накопления гумуса в черноземе выщелоченном при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, ед.

Дальнейшее повышение уровня минерального питания (NP на 6 т/га зерна) способствовало снижению ферментативной активности и, как следствие, привело к уменьшению коэффициента накопления гумуса, который составил 0,6 ед. Это является доказательством, что при внесении высоких доз минеральных удобрений на пашне в Западной Сибири создаются благоприятные условия для минерализации органического вещества, в результате чего высвобождался минеральный азот, необходимый растениям [15]. При дефиците растительных остатков на полях, где вносятся удобрения, процессы минерализации будут преобладать над гумификацией, что приведет к ухудшению основных свойств почв.

К моменту уборки на контроле, несмотря на повышение коэффициента гумификации до 0,6 ед. благоприятные условия для минерализации гумуса сохранились. На минимальном агрофоне коэффициент накопления гумуса был на 36,4% ниже, чем в фазу цветения яровой пшеницы. На варианте с внесением минеральных удобрений на пла-

нируемую урожайность 5,0 т/га зерна сохраняется баланс синтеза и распада органических веществ – коэффициент гумификации составил 0,9 ед. На варианте с максимальной насыщенностью минеральных веществ этот же показатель был на уровне 0,8 ед., что на 25% выше значений в период цветения яровой пшеницы.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что активность полифенолоксидазы на естественном агрофоне снижалась от посева к уборке и варьировала в пределах 0,0315-0,0276 бензохинона/10 г почвы в час. Минеральные удобрения на планируемые урожайности 3,0 (N₆₀P₄₅ д.в.) и 5,0 т/га зерна (N₁₅₀P₁₀₀ д.в.) увеличивали её активность на 22-23% по отношению к варианту без удобрений. При внесении максимальных доз азотно-фосфорных удобрений (N₁₈₅P₁₂₀ д.в.) полифенолоксидазная активность снижалась в среднем на 12% по отношению к контролю.

Пероксидазная активность пахотного чернозема была максимальной на контроле по всем фазам развития яровой пшеницы и варьировала в пределах 0,0369-0,0497 мг бензохинона/10 г почвы в час. Внесение минеральных удобрений даже в невысоких дозах снижало активность пероксидазы на 19% относительно контроля. На варианте с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га зерна эта разница составила 25%, на максимальном агрофоне она достигла 27% соответственно. Соотношение активности этих ферментов показало, что оптимальные условия для гумусообразования создаются при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 5,0 т/га зерна включительно на фоне заправки соломой. Многолетнее использование высоких доз минеральных удобрений (NP на 6,0 т/га зерна) ингибирует ферментативную активность почвы и способствует минерализации гумусовых веществ.

Библиографический список

1. Иваненко, А. С. Из истории целинных и залежных земель Тюменской области / А. С. Иваненко, В. Е. Иваненко. – Текст: непосредственный // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. – № 2 (25). – С. 87-92.
2. Lyubimova, A., Eremin, D. (2018). Laboratory varietal control as a guarantee of successful work of agribusiness in Russia. *MATEC Web of Conferences*. 170. 04015. 10.1051/matecconf/201817004015.
3. Бурлакова, Л. М. Антропогенная трансформация почвообразования и плодородия черноземов в системе агроценозов / Л. М. Бурлакова, Г. Г. Морковкин. – Текст: непосредственный // Агрехимический вестник. – 2005. – № 1. – С. 002-004.
4. Майсямова, Д. Р. Фенолоксидазная активность основных типов почв лесостепи Северного Зауралья / Д. Р. Майсямова, Н. В. Абрамов, А. П. Лазарев. – Текст: непосредственный // Вестник ТГСХА. – 2008. – № 1. – С. 16-19.
5. Кураченко, Н. Л. Структура и запасы гумусовых веществ агрочернозема в условиях основной обработки почвы / Н. Л. Кураченко, А. А. Колесник. – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9 (132) – С. 149-157.
6. Швакова, Э. В. Использование показателей ферментативной активности почв в почвенно-экологическом мониторинге / Э. В. Швакова. – Текст: непосредственный // Потенциал современной науки. – 2015. – № 4 (12). – С. 62-66.
7. Хазиев, Ф. Х. Экологические связи ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. – Текст: непосредственный // Экобиотех. – 2018. – Т. 1, № 2. – С. 80-92.
8. Гамзиков, Г. П. Агрехимические проблемы Сибирского земледелия / Г. П. Гамзиков. – Текст: непосредственный // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2012. – № 1-1 (22). – С.17-25.
9. Синявский, И. В. Агрехимическая и микробиологическая оценка последствий органоминеральных удобрений, полученных на основе птичьего помета / И. В. Синявский, Ю. З. Чиняева, А. А. Калганов. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 1134-1140.
10. Кольцова, О. М. Ферментативная активность как метод диагностики плодородия почв / О. М. Кольцова, К. Е. Стекольников, П. К. Казанджян. – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 2. – С. 29-31.

11. Карягина, Л. А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве / Л. А. Карягина, Н. А. Михайловская. – Текст: непосредственный // Вестник АН БССР. – 1986. – № 2. – С. 40-41.

12. Дёмина, О. Н. Влияние удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья / О. Н. Дёмина, Д. И. Ерёмин. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (155). – С. 63-71.

13. Еремин, Д. И. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений / Д. И. Еремин, О. Н. Демина. – Текст: непосредственный // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2018. – № 1. – С. 25-33.

14. Ананьева, Ю. С. Биологическая активность Алтайского Приобья при внесении органоминеральных удобрений / Ю. С. Ананьева. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2008. – № 6 (45). – С. 27-28.

15. Еремин, Д. И. Влияние минеральных удобрений на интенсивность разложения целлюлозы в пахотном черноземе лесостепной зоны Зауралья / Д. И. Еремин, О. Н. Попова. – Текст: непосредственный // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – № 4 (35). – С. 27-33.

References

1. Ivanenko A.S. Iz istorii tselinnykh i zaleznykh zemel Tyumenskoj oblasti / A.S. Ivanenko, V.E. Ivanenko // Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zauralya. – 2014. – No. 2 (25). – S. 87-92.

2. Lyubimova, A., Eremin, D. (2018). Laboratory varietal control as a guarantee of successful work of agribusiness in Russia. *MATEC*

Web of Conferences. 170. 04015. 10.1051/mateconf/201817004015.

3. Burlakova L.M. Antropogennaya transformatsiya pochvoobrazovaniya i plodorodiya chernozemov v sisteme agrotsenozov / L.M. Burlakova, G.G. Morkovkin // *Agrokhimicheskij vestnik.* – 2005. – No. 1. – S. 2-4.

4. Maysyamova D.R. Fenoloksidaznaya aktivnost osnovnykh tipov pochv lesostepi Severnogo Zauralya / D.R. Maysyamova, N.V. Abramov, A.P. Lazarev // *Vestnik TGSKhA.* – 2008. – No. 1. – S. 16-19.

5. Kurachenko N.L. Struktura i zapasy gumusovykh veshchestv agrochernozema v usloviyakh osnovnoy obrabotki pochvy / N.L. Kurachenko, A.A. Kolesnik // *Vestnik KrasGAU.* – 2017. – No. 9. (132) – S. 149-157.

6. Shvakova E.V. Ispolzovanie pokazateley fermentativnoy aktivnosti pochv v pochvenno-ekologicheskom monitoringe / E.V. Shvakova // *Potentsial sovremennoy nauki.* – 2015. – No. 4. (12). – S. 62-66.

7. Khaziev F.Kh. Ekologicheskie svyazi fermentativnoy aktivnosti pochv / F.Kh. Khaziev // *Ekobiotekh.* – 2018. – T. 1. – No. 2. – S. 80-92.

8. Gamzikov G.P. Agrokhimicheskie problemy Sibirskogo zemledeliya / G.P. Gamzikov // *Vestnik Novosibirskogo GAU.* – 2012. – No. 1-1 (22). – S.17-25.

9. Sinyavskiy I.V. Agroekologicheskaya i mikrobiologicheskaya otsenka posledeystviya organomineralnykh udobreniy, poluchennykh na osnove ptichego pometa / I.V. Sinyavskiy, Yu.Z. Chinyaeva, A.A. Kalganov // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Uralskiy region.* – 2017. – No. 5. – T. 24. – S. 1134-1140.

10. Koltsova O.M. Fermentativnaya aktivnost kak metod diagnostiki plodorodiya pochv / O.M. Koltsova, K.E. Stekolnikov, P.K. Kazandzhyan // *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo.* – 1993. – No. 2. – S. 29-31.

11. Karyagina L.A. Opredelenie aktivnosti polifenoloksidazy i peroksidazy v pochve / L.A. Karyagina, N.A. Mikhaylovskaya // Vestnik AN BSSR. – 1986. – No. 2. – S. 40-41.

12. Demina O.N. Vliyanie udobreniy na mikrofloru pakhotnogo chernozema lesostepnoy zony Zauralya / O.N. Demina, D.I. Eremin // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 2. (155). – S. 63-71.

13. Eremin D.I. Biologicheskaya aktivnost chernozema pri vnesenii vozrastayushchikh doz mineralnykh udobreniy / D.I. Eremin, O.N. Demina // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo

universiteta Severnogo Zauralya. – 2018. – No. 1. – S. 25-33.

14. Ananeva Yu.S. Biologicheskaya aktivnost Altayskogo Priobya pri vnesenii organo-mineralnykh udobreniy / Yu.S. Ananeva // Plodorodie. – 2008. – No. 6. (45). – S. 27-28.

15. Eremin D.I. Vliyanie mineralnykh udobreniy na intensivnost razlozheniya tsellyulozy v pakhotnom chernozeme lesostepnoy zony Zauralya / D.I. Eremin, O.N. Popova O.N. // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zauralya. – 2016. – No. 4. (35). – S. 27-33.



УДК 633.313; 631.847.211

М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева
M.Yu. Kozyreva, L.Zh. Basiyeva

НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА ПОСЕВАМИ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

DRY MATTER ACCUMULATION BY ALFALFA CROPS DEPENDING ON THE TYPE OF NITROGEN NUTRITION

Ключевые слова: люцерна, симбиотическая активность, сухое вещество, минеральный азот, биологический азот, ризоторфин.

Приведены результаты полевых исследований за 2017-2019 гг. по накоплению сухого вещества посевами люцерны (*Medicago varia* Mart.) в зависимости от типа азотного питания и симбиотической активности посевов в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания на черноземе выщелоченном. Сравнивались минеральный и симбиотрофный типы

азотного питания растений люцерны. Схема опыта помимо контроля включала варианты: Ин-1800 – обработка семян инокулюмом штаммов азотфиксирующих бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м над уровнем моря); Штамм 425а – инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина (штамм 425а); N₃₀ – стартовые дозы азота; N₃₀ + Ин – совместное применение высокогорных штаммов бактерий и стартовых доз азота. Выявлено, что в год посева за вегетацию было накоплено 3503-4252 кг/га сухого вещества, в т.ч. минимальное коли-