

Индекс Жаккара (0,45) варьируется в интервале 0,40–0,64. Таким образом, между исследуемыми районами наблюдается высокое сходство. Соотношение численности шмелей-кукушек в Гомельской области за 2021–2023 гг. представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение численности шмелей-кукушек в Гомельской области (2021–2023)

Вид	Экземпляров	Обилие, %
<i>B. bohemicus</i> Seide	6	15,79
<i>B. vestalis</i> Pour.	29	76,32
<i>B. rupestris</i> Fabr.	3	7,89
Всего	38	100

Хочется отдельно отметить, что фауна подрода *Psithyrus* Lep. в Беларуси изучена еще недостаточно. Здесь следует упомянуть работу Арнольди 1902 года, в которой указывается 4 вида шмелей-кукушек для бывшей Могилевской губернии, а также статью Н. В. Добротворского, где приведено 5 видов для Минской области. Также по данным Панфилова Д. В. в Брестской области изучено 2 вида шмелей-кукушек. За последующие более чем 50 лет фауна шмелей-кукушек в условиях Беларуси практически не изучалась.

В ходе исследований в Гомельской области нами было встречено 3 вида шмелей-кукушек. Эудоминирующим видом из подрода *Psithyrus* оказался *B. vestalis* обилие которого составляет 76,32 %. Доминирующим видом является *B. bohemicus* – 15,79 %. Субдоминантным видом в Гомельской области является *B. rupestris*, обилие которого составило 7,89 %.

Литература

1 Определитель насекомых Европейской части СССР : в 5 т. / Г. С. Медведев [и др.] ; под общ. ред. Г. С. Медведева. – Ленинград : Наука, 1978. – Т. 3 (1) : Перепончатокрылые. – 584 с.

УДК 57:[631.4:546.215]

А. А. Шихалова

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ

В статье рассмотрено влияние гидротермического режима на активность полифенолоксидазы в почве территорий, прилегающих к санитарно-защитной зоне полигона твердых коммунальных отходов. Установлены диапазоны активности фермента, составляющие 0,21–0,87 мл 0,01 н I₂/1 г почвы, что позволяет характеризовать ее как низкую. В работе проведен анализ изменения полифенолоксидазной активности в зависимости от температурного режима.

Для оценки влияния различных факторов наиболее применимы чувствительные ферменты, которые считаются надежными критериями оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки [1–4].

В настоящее время для изучения биологического состояния почв используется широкий набор показателей: биомасса и численность различных групп микроорганизмов, ферментативная активность, скорость процессов аммонификации, нитрификации

и денитрификации, а также газовый состав почвы [2]. При рассмотрении проблемы определения скорости и направления превращения органического вещества под воздействием человеческого вмешательства целесообразно обращаться к показателям ферментативной активности. Процессы метаморфоза органического материала осуществляются при непосредственном участии микроорганизмов либо благодаря их метаболитам, либо с помощью внеклеточных ферментов, иммобилизованных на минеральных или органических компонентах почвенного комплекса. Внеклеточные ферменты являются важной составляющей ферментного пула почвы и отличаются повышенной стабильностью к неблагоприятным воздействиям, продолжая проявлять свои каталитические свойства на протяжении длительного времени [5, 6].

Стабилизация ферментов обусловлена их прочными связями с минеральными и органическими компонентами почвы (органо-минерально-ферментные комплексы) [7].

Окислительные ферменты привлекают внимание исследователей благодаря их роли в процессах гумификации. По современным представлениям катализаторами гумификации (окисления и полимеризации) разлагающихся лигнинов растительных остатков считаются микробные оксидазы – полифенолоксидазы и пероксидазы. Их активность служит биохимическим показателем интенсивности процессов гумификации [5, 6, 7, 8] – одной из важнейших экологических функций почвы, имеющей значение для поддержания ее плодородия. Интенсивность гумификационных процессов в значительной степени зависит от уровня антропогенной нагрузки [1, 7].

Цель проведенного исследования заключалась в установлении влияния показателей гидротермического режима на активность полифенолоксидазы в почве.

Объектом исследования служили образцы почвы, отобранной на территории, сопредельной с городским полигоном твердых коммунальных отходов (ТКО) г. Гомеля. Данный полигон характеризуется высокой мощностью, со среднегодовой нагрузкой равной примерно 870 тыс. м³. Отбор почвенных образцов проводился в 2022–2023 гг. на глубину 0–20 см на различном удалении от санитарно-защитной зоны полигона (СЗЗ).

Результаты определения полифенолоксидазной активности почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Активность полифенолоксидазы почв территорий в районе полигона г. Гомеля

в мл 0,01 н I₂/1 г почвы

Отдаленность площадки отбора от обваловки полигона	Активность фермента		
	2022 г (лето)	2022 г (осень)	2023 г (лето)
500 м	0,32	0,67	0,32
650 м	0,44	0,78	0,49
800 м	0,52	0,72	0,21
1 000 м	0,55	0,88	0,73
контроль (2 500 м)	0,87	1,61	0,87

Диапазон значений активности полифенолоксидазы за рассмотренный период характеризует данные образцы как почву с низким уровнем активности фермента. Кроме того, следует отметить высокий уровень схожести значений в летние периоды 2022–2023 гг. и некоторое повышение значений в осенний сезон 2022 г. (в среднем на 44,57 %).

Для установления статистической значимости различий в активности фермента в зависимости от удаленности от обваловки полигона ТКО был осуществлен однофакторный дисперсионный анализ, учитывающий как сезонные различия (рисунок 1(а)), так и общий массив результатов за весь период наблюдений (рисунок 1(б)).

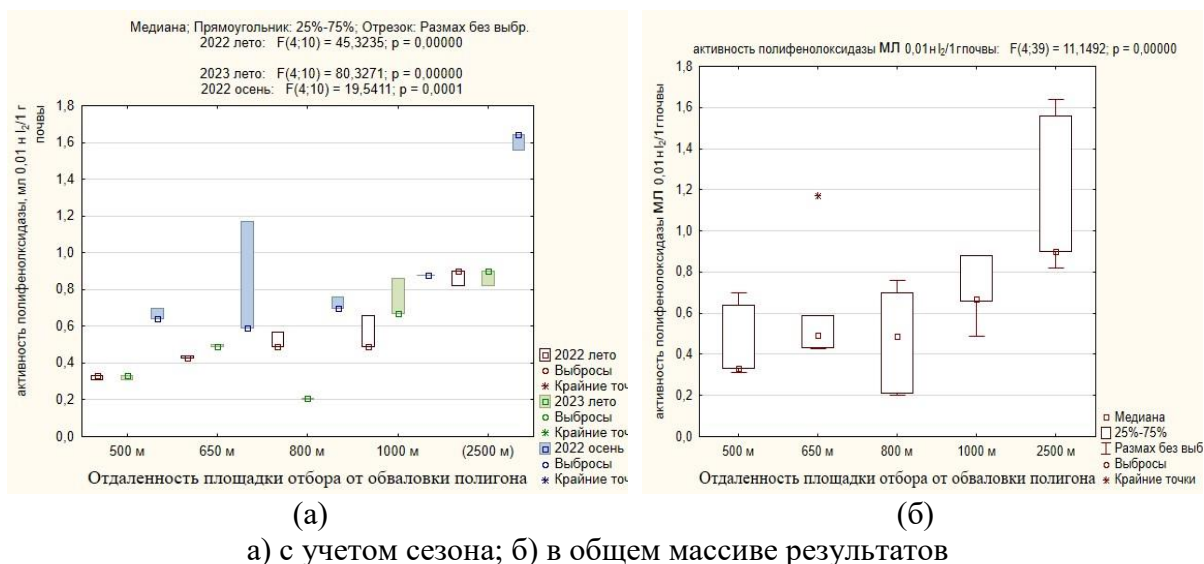


Рисунок 1 – Результаты пространственно-временного варьирования активности полифенолоксидазы

По результатам анализа можно обнаружить достоверную тенденцию к повышению активности фермента по мере удаления площадки отбора от обваловки полигона ТКО. Наибольшим диапазоном значений характеризовалась активность почвы на контрольном участке (2500 м). Следует отметить, что статистический анализ подтвердил (рисунок 1а) практически полное отсутствие различий в значениях активности полифенолоксидазы в летние периоды 2022–2023 гг.

Для выявления факторов окружающей среды, влияющих на активность фермента, обратимся к показателям гидротермического режима. Согласно работам исследователей, изучающих ферментативную активность почвы в различные периоды года, к факторам окружающей среды, оказывающим наибольшее влияние, относятся температура и влажность [9].

Для установления возможного влияния гидротермических факторов на активность полифенолоксидазы в почве в таблице 2 приведены средние показатели температуры и количество выпавших осадков за анализируемый период [10].

Таблица 2 – Средние значения показателей гидротермического режима

Фактор гидротермического режима	2022 г. (лето)	2022 г. (осень)	2023 г. (лето)
Средняя температура	+19,4 °С	+7,1 °С	+19,0 °С
Количество осадков	193 мм	191 мм	228,8 мм

Исходя из представленных гидротемических показателей, можно установить следующее: температура воздуха в летний сезон 2022 г. в стране превысила климатическую норму на 1,4 °С. По всей Беларуси было зарегистрировано 193 мм осадков в течение летнего сезона 2022 года, что составляет 86 % от обычных климатических стандартов. В осенний период 2022 г. зарегистрировано превышение температурной нормы (на 0,1 °С) и климатической нормы осадков (124 %). В областном разрезе наибольшее за сезон количество осадков выпало в Гомельской области – 265 мм или 174 % климатической нормы. Температура лета 2023 г. превышала установленную норму на 1,0 °С, а количество осадков составило 101 % климатической нормы [10].

Таким образом, для рассмотренных нами летних периодов 2022–2023 гг. был характерен примерно одинаковый температурный режим и некоторое отличие в количестве осадков (показатели 2023 г. превысили таковые за 2022 г. на 15,65 %). Исходя из этого, можно

предположить, что для показателя активности полифенолоксидазы температура являлась более значимым фактором. Осенний период 2022 г. в сравнении с летними отличается снижением температуры и практически идентичным летнему периоду 2022 г. количеству осадков. Повышение активности фермента в данном случае можно предположительно связать с процессами отмирания растительного и микроорганизменного компонентов биосистемы, в результате чего возрастает количество свободного фермента в почве и, как следствие, показатели потенциальной ферментативной активности.

Однако для выявления устойчивых тенденций изменения значений показателей требуется более длительный период наблюдений и включение большего количества параметров состояния почвенных образцов.

Литература

1 Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – Москва : МГУ, 2005. – 445 с.

2 Микроорганизмы и охрана почв / Д. Г. Звягинцев [и др.] ; под ред. Д. Г. Звягинцева. – Москва : Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.

3 Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск : Наука и техника, 1983. – 221 с.

4 Туев, Н. А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н. А. Туев. – Москва : ВО Агропромиздат. – 1989. – 237 с.

5 Caldwell, B. A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review / B. A. Caldwell // *Pedobiologia*. – 2005. – Vol. 49. – P. 637–644.

6 Биохимические и микробиологические критерии оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки: методические рекомендации / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии. – 2015. – 40 с.

7 Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010) / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

8 Boyd, S. A. Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S. A. Boyd, M. M. Mortland // *Soil Biochemistry*. – New York : Marcel, 2017. – P. 1–20.

9 Славинская, А. В. Ферментативная активность почв с учетом сезонной динамики в предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2021 – № 7 (73), (1). – С. 169–179.

10 World Weather. Прогноз погоды. Погода в Гомельской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://world-weather.ru/pogoda/belarus/homiel_voblast/. – Дата доступа: 29.04.2024.