NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-10]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

УДК 547.562.4

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ ФЕНОЛА, ПИРОКАТЕХИНА И ПАРАЦЕТАМОЛА

Хусинов В.Н.
Исследователь Навоийского государственного университета, г. Навоий
Улица Ибн Сино 45, email:
E-mail: vose16@bk.ru
ORCID:0009-0005-3151-8616
Янгибаев С.
Доцент кафедрой химии Навоийского государственного университета
email: saparkulyangiboyev@gmail.ru
ORCID: 0009-0009-8947-1573
Нураллиев С.Р.
Заведующий кафедрой химии Навоийского государственного университета
email: nuraliyevsamatjon1982@gmail.com
ORCID: 0009-0002-7527-5511
Вафоева М.Р.
Магистрантка кафедрой химии Навоийского государственного университета
email: marjonavafoyeva79@email.com
ORCID: 0009-0009-0406-1971

Аннотация: *В работе исследована возможность получения производных феноксиуксусной кислоты на основе фенола, пирокатехина и парацетамола посредством взаимодействия с монохлоруксусной кислотой в щелочной среде. Проведены эксперименты по взаимодействию указанных исходных соединений с хлоруксусной кислотой в присутствии гидроксида натрия. Для реакции с парацетамолом выделено 0,63 г твёрдого продукта и проведена его предварительная оценка методом тонкослойной хроматографии. Для экспериментов с фенолом и пирокатехином рассмотрены условия проведения реакций и особенности выделения твёрдых продуктов. Обсуждается возможность образования соответствующих карбоксиметильных производных посредством О-алкилирования. Полученные результаты представляют основу для дальнейшей оптимизации условий синтеза и идентификации продуктов физико-химическими методами анализа..*

Ключевые слова: *фенол, пирокатехин, парацетамол, монохлоруксусная кислота, феноксиуксусная кислота, О-алкилирование, органический синтез, ИК-спектроскопия.*

FENOL, PIROKATEXIN VA PARASETAMOL ASOSIDA FENOKSISIRKA KISLOTA HOSILALARINI OLISH VA O‘RGANISH

Annotatsiya: *Ushbu ishda fenol, pirokatexin va paratsetamol asosida fenoksisirka kislotasi hosilalarini olish imkoniyati ularning ishqoriy muhitda monoxlorsirka kislotasi bilan o‘zaro ta’siri orqali o‘rganildi. Mazkur boshlang‘ich birikmalarning natriy gidroksid ishtirokida xlorsirka kislotasi bilan reaksiyalari bo‘yicha tajribalar o‘tkazildi. Paratsetamol bilan olib borilgan reaksiya natijasida 0,63 g qattiq mahsulot ajratib olindi va uning tarkibi yupqa qatlamli xromatografiya usuli yordamida dastlabki baholandi. Fenol va pirokatexin bilan o‘tkazilgan tajribalarda reaksiya sharoitlari hamda qattiq mahsulotlarni ajratib olish xususiyatlari ko‘rib chiqildi. O-alkillanish reaksiyasi orqali tegishli karboksimetil hosilalarining hosil bo‘lish ehtimoli muhokama qilindi. Olingan natijalar sintez sharoitlarini yanada optimallashtirish hamda mahsulotlarni fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida identifikatsiya qilish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *fenol, pirokatexin, paratsetamol, monoxlorsirka kislotasi, fenoksiuksus kislotasi, O-alkillanish, organik sintez, IQ-spektroskopiya.*

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PHENOXYACETIC ACID DERIVATIVES BASED ON PHENOL, PYROCATECHOL, AND PARACETAMOL

Abstract: *This study investigated the possibility of obtaining phenoxyacetic acid derivatives from phenol, pyrocatechol, and paracetamol through their reactions with monochloroacetic acid in an alkaline medium. Experiments were conducted to examine the reactions of these starting compounds with chloroacetic acid in the presence of sodium hydroxide. The reaction involving paracetamol yielded 0.63 g of a solid product, whose composition was preliminarily assessed using thin-layer chromatography (TLC). The experiments involving phenol and pyrocatechol focused on the reaction conditions and the characteristics of solid product isolation. The possibility of forming the corresponding carboxymethyl derivatives through O-alkylation was discussed. The results provide a basis for further optimization of synthesis conditions and identification of the products using physicochemical analytical methods.*

Keywords: *phenol, pyrocatechol, paracetamol, monochloroacetic acid, phenoxyacetic acid, O-alkylation, organic synthesis, IR-spectroscopy.*

Введение

Феноксиуксусная кислота и её производные представляют интерес для органической химии благодаря наличию ароматического ядра, эфирной связи и карбоксильной группы. Дополнительное введение функциональных групп позволяет получать соединения с различными физико-химическими свойствами, которые могут представлять интерес для дальнейших исследований в области органического синтеза и координационной химии. Кроме того, производные феноксиуксусной кислоты применяются в качестве синтетических ауксинов, регулирующих рост и развитие растений. Одним из возможных исходных веществ для синтеза функционализированных производных феноксиуксусной кислоты является парацетамол — N-(4-гидроксифенил)ацетамид. Его молекула содержит фенольную гидроксильную группу, способную участвовать в реакции О-алкилирования. Ацетильная группа при атоме азота может сохраняться на первой стадии синтеза, выполняя функцию временной защиты аминогруппы. Введение карбоксиметильного фрагмента в фенольную часть молекулы парацетамола позволяет получить N-защищённое производное феноксиуксусной кислоты. Последующее удаление ацетильной группы потенциально приводит к образованию п-аминофеноксиуксусной кислоты.Целью настоящей работы является исследование возможности получения производных феноксиуксусной кислоты на основе фенола, пирокатехина и парацетамола путём их взаимодействия с монохлоруксусной кислотой в щелочной среде, а также предварительная оценка полученных продуктов.

Обзор литературы

Одним из наиболее известных представителей этого класса является 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-D), широко применяемая в качестве селективного гербицида. Её биологическое действие связано с нарушением регуляции роста растений вследствие взаимодействия с системой ауксиновой сигнализации. Исследования механизма действия 2,4-D показывают, что структурные особенности ароматического фрагмента и карбоксильной группы имеют существенное значение для биологической активности соединений данного класса [1, 2]. Современные исследования также подчёркивают роль транспортных белков ауксинов в перемещении феноксиуксусных гербицидов внутри растений [3].

При этом значение феноксиуксусных производных не ограничивается сельским хозяйством. Данные соединения рассматриваются как структурные элементы для получения новых органических молекул, обладающих потенциальной фармакологической активностью. В частности, феноксиацетатный фрагмент встречается в соединениях, исследуемых на предмет противовоспалительных, противомикробных и других видов биологической активности [4]. В литературе также описаны каталитические подходы к синтезу феноксиуксусной кислоты и её производных. Например, применение биомассовых и лигнинсодержащих материалов в качестве компонентов каталитической системы рассматривается как направление развития более устойчивых методов органического синтеза [5].В исследовании Morar, Cost и Darabantu рассмотрен многостадийный синтез (4-аминофенокси) уксусной кислоты и родственных соединений на основе парацетамола. Авторы использовали подход, включающий образование эфирного фрагмента и последующее удаление ацетильной защиты [6].

Материалы и методы

В эксперименте применяли:
- парацетамол — 1,00 г;
- гидроксид натрия (NaOH);- хлоруксусную кислоту ($ClCH_2COOH$).
- фенол;
- дистиллированная вода
- 70 % раствор этилового спирта
- пирокатехин;

Опыт 1. 1 г парацетамола растворяли в смеси 20 мл дистиллированной воды и 30 мл этилового спирта. К полученному раствору при перемешивании добавляли гидроксид натрия в мольном соотношении 1:1. Реакционная смесь выдерживали при 60^{0}C в течение 1 ч. Затем реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры и добавляли 0,625 г монохлоруксусную кислоту. В ходе эксперимента отмечалось изменение цвета в растворе. Полученную смесь перемешивали, после чего помещали в холодильник на 24 ч для кристаллизации продукта. Образовавшиеся кристаллы отделяли фильтрованием и подвергали дальнейшему исследованию. Химическая реакция данного эксперимента протекает по схеме 1.

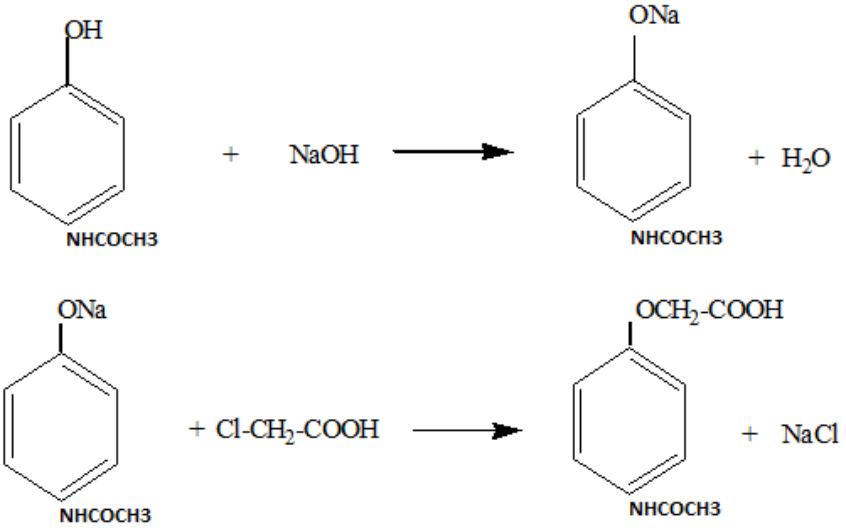


Схема №1. Получение производные феноксиуксусной кислота из парацетамола

Опыт 2. Отвесили 25,04 г NaOH и растворили в 75 мл воды, приготовив 25%-ный раствор гидроксида натрия. К 20 мл полученного раствора NaOH добавили 3,03 г фенола и медленно перемешали. Затем к приготовленному раствору постепенно добавили 7,01 г хлоруксусной кислоты, продолжая перемешивание. Смесь слегка нагрели на водяной бане. При образовании белого хлопьевидного осадка нагревание прекратили и оставили смесь охлаждаться. Затем к образовавшемуся осадку добавили небольшое количество дистиллированной воды и перемешали для разбавления смеси. После этого добавили 2 мл раствора соляной кислоты (HCl), чтобы создать кислую среду.

Все перечисленные операции проводили на водяной бане. После охлаждения приготовленной смеси осадок отфильтровали с помощью воронки Бюхнера и вакуумного насоса, используя фильтровальную бумагу. Полученное твёрдое вещество перенесли в фарфоровую чашку и оставили для высушивания. Реакция образования конечного соединения идет по следующей схеме.

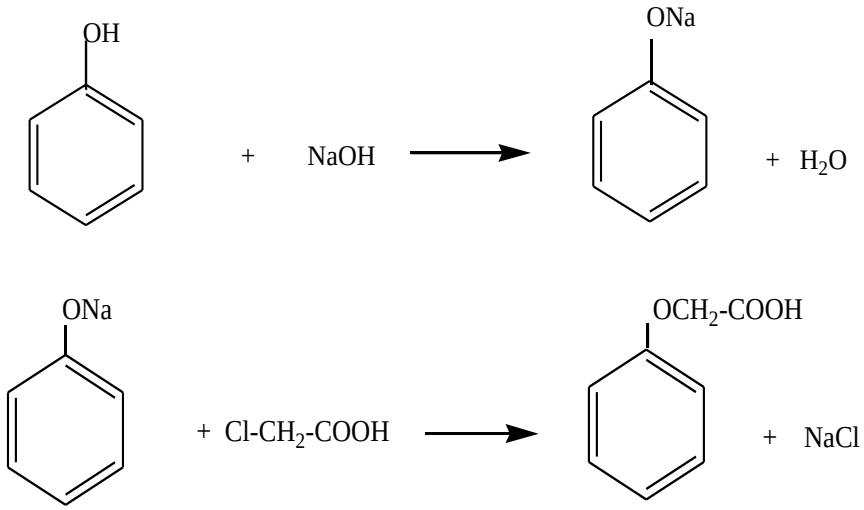


Схема №2. Получение производные феноксиуксусной кислота из фенола

Опыт 3. В качестве исходного вещества отвесили 3,31 г пирокатехина и постепенно добавили его к 30 мл 25%-ного раствора гидроксида натрия (NaOH). В результате среда раствора приобрела щелочной характер. Затем при постоянном перемешивании добавили 7,03 г хлоруксусной кислоты. Раствор несколько нагрелся, после чего его

оставили до охлаждения. После охлаждения смесь нагревали на водяной бане. При этом, образовался вещество содержащее феноксиуксусную группу по схеме 3.

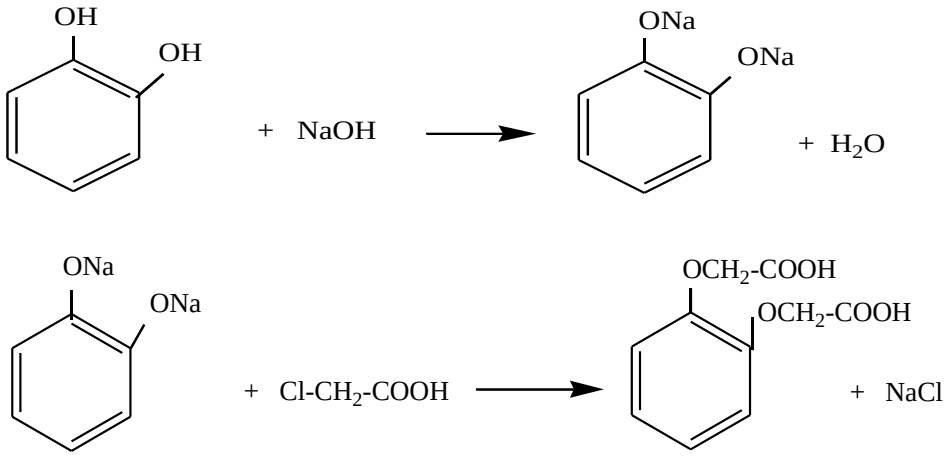


Схема №3. Получение производные феноксиуксусной кислота из пирокатехина

Опыт 4. К 30 мл раствора гидроксида натрия (NaOH) постепенно добавили 3,02 г фенола и 7,03 г хлоруксусной кислоты при постоянном перемешивании. Полученную смесь поместили на водяную баню для нагревания. После начала выпадения осадка нагревание прекратили, а смесь оставили для охлаждения.

Результаты и обсуждение

В щелочной среде фенольная гидроксильная группа парацетамола может депротонироваться с образованием фенолят-иона. Последний выступает в качестве нуклеофила и способен взаимодействовать с хлорацетат-ионом по механизму нуклеофильного замещения.При успешном протекании О-алкилирования происходит образование эфирной связи Ar–O–CH_2–COOH. При этом ацетильная группа при атоме азота сохраняется. Следовательно, предполагаемый промежуточный продукт отличается от целевой п-аминофеноксиуксусной кислоты наличием ацетильной группы при азоте.Для получения свободной аминогруппы требуется отдельная стадия деацетилирования. В результате проведённого опыта было выделено 0,63 г твёрдого вещества. Изменение цвета осадка является наблюдаемым экспериментальным признаком, однако само по себе оно не позволяет установить химическую структуру продукта.Изменение окраски может быть связано с присутствием примесей, изменением кислотно-основного состояния соединений, условиями нагревания или другими факторами, зависящими от фактических условий эксперимента. Поэтому для установления природы осадка необходимо провести сравнительный анализ исходного парацетамола и выделенного вещества. Исходная масса парацетамола составляла 1,00 г, а масса выделенного осадка — 0,63 г. Массовое отношение выделенного осадка к исходному веществу составляет:

$\eta_m = (0{,}63 / 1{,}00) \times 100\ \% = 63\ \%$.

Данное значение характеризует только отношение массы осадка к исходной массе парацетамола. Если предположить, что продуктом О-алкилирования является чистый N-[4-(карбоксиметокси)фенил]ацетамид с молекулярной формулой $C_{10}H_{11}NO_4$, то его молярная масса составляет приблизительно 209,20 г/моль. При условии количественного соотношения 1:1 с парацетамолом теоретическая масса такого промежуточного продукта из 1,00 г парацетамола составила бы около 1,38 г. При этих допущениях отношение 0,63 г к теоретической массе составляет приблизительно 45,5 %. Для предварительного контроля состава продукта проведено анализ тонкослойную хроматографию исходного парацетамола и выделенного осадка в одинаковых условиях. Подобрали подвижную фазу дихлорметан:этанол:уксусная кислота (80:18:2), обеспечивающую разделение исходного вещества и предполагаемого продукта. Анализ проведено на пластинке Silica gel 60 F254. Для обнаружения пятен можно использовали кварцовую лампу УФ-источник (254 нм).Rf значение исходного парацетамола 0,22 и полученного вещества 0,24. Для дальнейшей идентификации выделенного вещества (рисунок №1) целесообразно получить его ИК-спектр и сравнить его со спектром исходного парацетамола (рисунок №2).

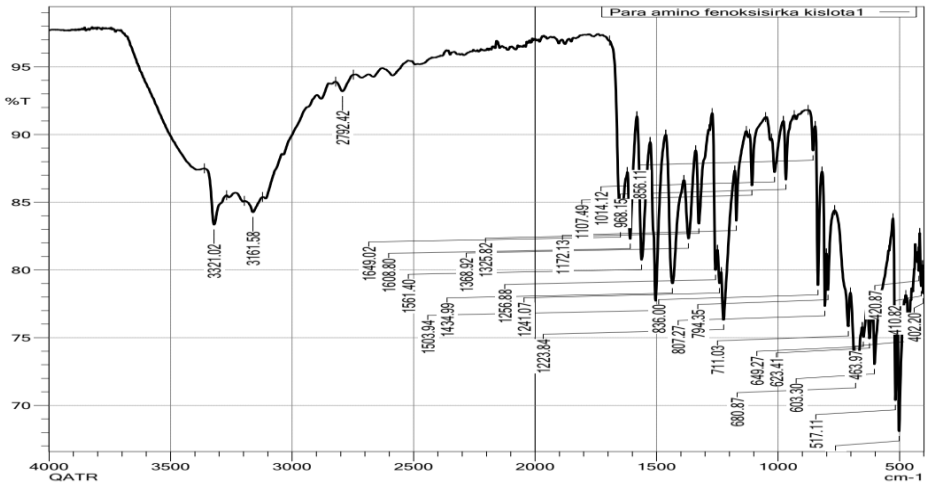


Рисунок №1. ИК-спектр выделенного вещества.

Особое внимание следует уделить следующим областям:

1. Область N–H и O–H: позволяет исследовать колебания амидной или аминогруппы и гидроксильных групп.
2. Область карбонильных групп: позволяет оценить наличие и изменение полос, связанных с амидным и карбоксильным карбонилом.3. Область 1000–1300 $см^{-1}$: может содержать полосы колебаний связей C–O и C–O–C.
4. Область ароматического кольца: позволяет оценить сохранение характерных колебаний ароматического фрагмента.

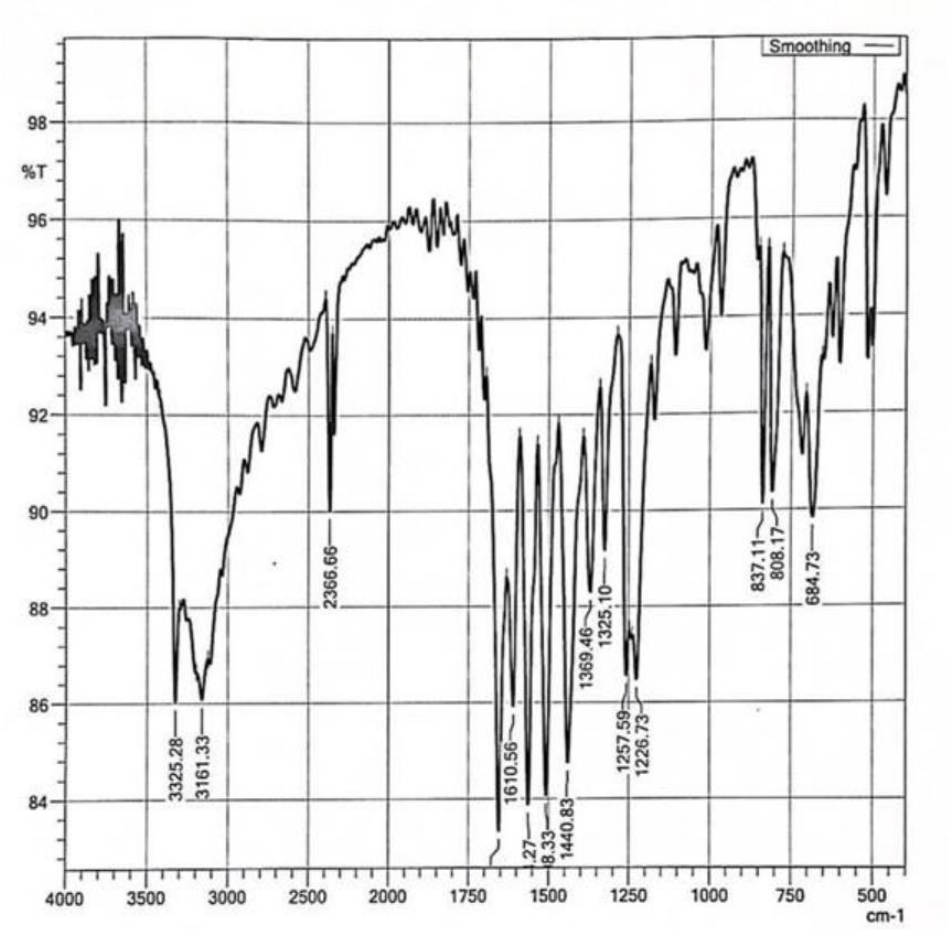


Рисунок №2. ИК-спектр исходного парацетамола.

Заключение

В ходе проведенного эксперимента по взаимодействию парацетамола с гидроксидом натрия и хлоруксусной кислотой был выделен твёрдый осадок массой 0,63 г. Наблюдалось изменение цвета выделенного

вещества. На основании результатов ИК-спектроскопического и ТСХ анализа можно предположить, что полученный продукт представляет собой N-[4- карбоксиметокси(фенил)] ацетамид. Однако для окончательного подтверждения его структуры необходимы дополнительные физико-химические исследования. Полученные соединения представляют интерес в качестве потенциальных синтетических ауксинов и могут быть перспективными для дальнейшего изучения их росторегулирующей активности.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Song Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. Journal of Integrative Plant Biology. 2014;56(2):106–113. DOI: 10.1111/jipb.12131.

2. Paszko T., et al. Adsorption and degradation of phenoxyalkanoic acid herbicides in soils: A review. Environmental Toxicology and Chemistry. 2016;35(2):271–286. DOI: 10.1002/etc.3212.

3. Transport of phenoxyacetic acid herbicides by PIN-FORMED auxin transporters. 2025. PubMed. Доступно: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40263580/.

4. Meenu. Biological Profile and Synthesis of Phenoxyacetic Acid Derivatives: A Review. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR). 2024. Доступно: https://www.jetir.org/view?paper=JETIR2403722.

5. Patil A., Chaudhari V., Patil S. R., Borse G. P., Patil V. Lignin-Catalyzed Synthesis of Phenoxyacetic Acid: A Sustainable Approach to Functional Molecule Development // Chemistry Proceedings. — 2025. — Vol. 18, No. 1. — Art. 95. — DOI: https://doi.org/10.3390/ecsoc-29-26869.

6. Morar C., Cost L., Darabantu M. Concise Synthesis of Some (4-Aminophenoxy)alkanoic Acids Based on Paracetamol. Studia Universitatis Babeș-Bolyai Chemia. Доступно: https://studia.reviste.ubbcluj.ro/index.php/chemia/article/view/8424

References

1. Song Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. Journal of Integrative Plant Biology. 2014;56(2):106–113. DOI: 10.1111/jipb.12131.

2. Paszko T., et al. Adsorption and degradation of phenoxyalkanoic acid herbicides in soils: A review. Environmental Toxicology and Chemistry. 2016;35(2):271–286. DOI: 10.1002/etc.3212.

3. Transport of phenoxyacetic acid herbicides by PIN-FORMED auxin transporters. 2025. PubMed. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40263580/.

4. Meenu. Biological Profile and Synthesis of Phenoxyacetic Acid Derivatives: A Review. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR). 2024. Available at: https://www.jetir.org/view?paper=JETIR2403722.

5. Patil A., Chaudhari V., Patil S. R., Borse G. P., Patil V. Lignin-Catalyzed Synthesis of Phenoxyacetic Acid: A Sustainable Approach to Functional Molecule Development // Chemistry Proceedings. — 2025. — Vol. 18, No. 1. — Art. 95. — DOI: https://doi.org/10.3390/ecsoc-29-26869.

6. Morar C., Cost L., Darabantu M. Concise Synthesis of Some (4-Aminophenoxy)alkanoic Acids Based on Paracetamol. Studia Universitatis Babeș-Bolyai Chemia. Available at: https://studia.reviste.ubbcluj.ro/index.php/chemia/article/view/8424