

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ЛТ9

Направление: «Химия и химические технологии в лесном комплексе»

Проектная работа

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ 2,4-ДИХЛОРФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КАК ПРЕПАРАТОВ ГЕРБИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ

Работу выполнила:

Булычева Полина Сергеевна

ГБОУ школа № 1574

11 «Г» класс

Руководитель проекта:

Сероваткина Нина Ивановна

заслуженный учитель г. Москвы

учитель химии, ГБОУ школа № 1574

Москва, 2024 г.

Оглавление

Введение.....	2
1. Теоретическая часть.....	4
1.1. История применения пестицидов.....	4
1.2. Классификация, воздействие и применение гербицидов	6
1.3. Гербицидные свойства 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и ее производных	10
1.4. Методика получения 2-этилгексилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты.....	11
2. Практическая часть	13
2.1. Реактивы.....	13
2.2. Оборудование	13
2.3. Методика синтеза эфиров	13
2.4. Спектроскопические исследования	14
2.5. Исследование гербицидной эффективности эфиров.....	14
3. Экспериментальная часть.....	14
3.1. Синтез эфиров 2,4-Д	14
3.2. Результаты спектроскопических исследований.	15
3.3. Исследования гербицидной активности полученных веществ	17
Выводы	20
Список литературы	21

Введение

Гербициды (от лат. *herba* — трава и *caedo* — убиваю) — химические вещества, применяемые для уничтожения растительности [1]. По характеру действия на растения делятся на гербициды сплошного действия, убивающие все виды растений, и гербициды избирательного (селективного) действия, поражающие одни виды растений и не повреждающие другие. Первые применяют для уничтожения растительности вокруг промышленных объектов, на лесных вырубках, аэродромах, железных и шоссейных дорогах, под высоковольтными ЛЭП, в дренажных каналах, прудах и озерах; вторые — для защиты культурных растений от сорняков (химическая прополка). Растения, обработанные гербицидами, либо существенно замедляют свой рост, либо полностью погибают.

Одной из главных зерновых культур, культивируемых в России, является пшеница. Основная проблема при её возделывании — высокая засоренность полей и возрастающая вредоносность сорных растений в посевах культуры. Проблема борьбы с сорной растительностью решается гербицидами [2]. Одним из путей снижения гербицидной нагрузки на окружающую среду является применение гербицидов в смесях, которые не только замедляют адаптацию организма к применяемым препаратам, но и позволяют расширить спектр их действия, уменьшить кратность обработок и нормы расхода препаратов [3].

Гипотеза работы: можно синтезировать препараты на основе 2,4-дихлорфенилуксусной кислоты (2,4-Д), обладающие большей биологической активностью по сравнению с промышленными препаратами.

Цель данной работы — синтез эфиров на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, изучение их действия на растительные культуры и сравнение активности эфиров на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты с промышленным пестицидом.

Задачи работы:

- провести обзор литературы по теме видов, свойств, механизмов воздействия, способов получения пестицидов, изучить различные методики синтеза эфиров на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты;
- синтезировать эфиры на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в лабораторных условиях;
- исследовать синтезированные продукты при помощи ЯМР-спектроскопии;
- исследовать влияние эфиров на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты на сельскохозяйственные культуры.

1. Теоретическая часть

1.1. История применения пестицидов

Пестициды относятся к ингибиторам — каталитическим ядам биологических катализаторов ферментов. Под действием пестицидов замедляется и прекращается часть биологических реакций, и это позволяет бороться с болезнями, дольше хранить пищу, уничтожать насекомых и сорняки [4].

В IX веке до н. э. было проведено наблюдение, которое показало, что если подвергать растения специальной обработке, то урожай с того же участка земли будет обильнее. Впервые человек стал применять в качестве средства для защиты сельскохозяйственных культур серу, которой окуривались растения. Благодаря дыму возможным стало избавление от плесени, вредителей и тли, что значительно увеличило урожайность культур. В качестве пестицидов химические вещества использовались еще во времена древнейших цивилизаций: в Греции и Риме [5].

Началом целенаправленного поиска способов защиты сельскохозяйственных растений принято считать XVIII - XIX века. В середине XVIII в. для протравливания семян начали применять препараты меди, мышьяка и ртути, которые стали представителями первого поколения пестицидов. Французский ботаник Пьер Алексис Миллярде предложил использовать смесь медного купороса с известью для защиты винограда (этот препарат актуален до сих пор в борьбе с грибковыми и бактериальными болезнями сельскохозяйственных культур). Уже к концу XIX века растениеводы успешно применяли ацетоарсенит меди, известного как «Парижская зелень», серу, арсенат кальция и другие средства инсектицидного действия, а также бордосскую жидкость.

Считается, что за последнее столетие (эпоху наиболее массового применения удобрений) в мире сменилось три поколения пестицидов. Первое из них зародилось почти одновременно с Первой мировой войной. Его в значительной степени составляли обычные яды, токсичные для человека

и позвоночных едва ли не в большей степени, нежели для тех «вредителей», против которых они использовались — соединения мышьяка, а также ртутьорганические соединения, применявшиеся к тому же в чудовищных концентрациях.

В 1939 году произошло событие, которое произвело революцию в защите растений от насекомых — был изобретен первый ядохимикат, полноценно справляющийся с этой целью. Доктор Пауль Мюллер, сотрудник швейцарской химической компании «Гейги», обнаружил особые инсектицидные свойства дихлордифенилтрихлорметилметана, больше известного как ДДТ. За свое изобретение Мюллер в 1948 году удостоился Нобелевской премии [6]. Однако несовершенство данного препарата повлекло за собой страшные последствия — многочисленные смерти живых организмов. Сегодня ДДТ запрещен во многих странах мира в связи со своей высокой токсичностью.

ДДТ и некоторые другие хлорсодержащие соединения относят ко второму поколению пестицидов (первая половина XX в.). Также к нему причислены фосфорсодержащие инсектициды (фосфорорганические соединения) и карбаматы, успешно применяемые в борьбе с вредителями. Среди препаратов для борьбы с болезнями следует отметить органические соединения ртути, тию, дитиокарбаматы и другие соединения. Тогда же появились и несколько менее известные хлорорганические пестициды, ряд которых — альдрин, дильдрин, гептахлор, хлордан, токсафен, мирекс — вошли впоследствии в «грязную дюжину» наиболее опасных загрязнителей окружающей среды, безусловно осуждаемых нынешним международным сообществом [7]. К этому же поколению пестицидов относятся карбаматные гербициды и инсектициды, производные мочевины гербицидного действия, различные синтетические фунгициды, бактерициды, зооциды, нематоциды.

В 1950-е годы обнаружились отрицательные последствия применения пестицидов второго поколения [8]. Это стало толчком к появлению третьего поколения, состоящего в основном из синтетических пиретроидов и гормональных препаратов. Основные их отличительные особенности —

способность к более быстрому разрушению в окружающей среде, но при этом более высокая ядовитость, позволяющая уменьшить нормы расхода [9]. Третье поколение химических средств защиты растений характеризуется расширением ассортимента применяемых препаратов — синтетические пиретроиды, производные сульфонилмочевины, азолы и др., производством комбинированных пестицидов, химических соединений для борьбы с нематодами, клещами и другими группами вредных организмов.

Пестициды необходимы для выращивания экономически важных сельскохозяйственных культур. Согласно исследованиям, они защищают около одной трети всех сельскохозяйственных продуктов во всём мире [10]. На современном этапе развития сельскохозяйственного производства ассортимент химических и биологических средств защиты растений постоянно изменяется: исключаются препараты, вызывающие отдаленные экологические последствия, а список полезных средств пополняется эффективными соединениями новых механизмов действия в более безопасных препаративных формах.

В последние годы из перечня пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве, исключены высокотоксичные и персистентные препараты [11].

1.2. Классификация, воздействие и применение гербицидов

На сегодняшний день 47,6 % мировых продаж пестицидов приходится на гербициды, за ними следуют инсектициды (29,4%), фунгициды (17,5%) и другие пестициды (5,5%) [12]. Такое неравномерное распределение можно объяснить тем, что основной причиной потери урожая в большей мере являются сорняки, чем животные и патогенные микроорганизмы.

Гербициды классифицируются по-разному, но классификация, основанная на месте действия гербицида, сравнительно лучше, поскольку борьба с устойчивостью к гербицидам может осуществляться более правильно и эффективно [13]. Различают гербициды контактного действия, поражающие растение в местах контакта с ним, и системные, способные передвигаться по

сосудистой системе растения от места поглощения к месту действия. По условиям применения гербициды делят на почвенные, или довсходовые (их вносят в почву или наносят на нее до посева либо до появления всходов), и листовые, или послевсходовые. Почвенные гербициды поглощаются семенами, корнями, проростками, листовые — надземными частями растений в различные периоды вегетации [14].

Гербицидная активность веществ обусловлена их способностью проникать в те или иные части растения, перемещаться в нем, влиять на процессы жизнедеятельности растения, а также подвергаться метаболизму под действием ферментов или других веществ, содержащихся в растении и почве, с образованием токсичных продуктов.

В соответствии с природой и механизмом действия выделяют следующие основные группы гербицидов:

1) Ингибиторы фотосинтеза. Они проникают в хлоропласты растений; некоторые из них (например, соли дипиридилия) препятствуют захвату электронов ферредоксином и нарушают процесс восстановления кофермента никотинамидадениндинуклеотидфосфата (НАДФ) в фотосистеме I, другие (из групп арилмочевин, сим-триазинов, 1,2,4-триазинов, урацилов, гидроксibenзонитрилов, пиридазинов) препятствуют переносу электронов к пластохинону в фотосистеме II.

2) Гербициды, влияющие на дыхание растений, в частности разобщающие цепь окислительного фосфорилирования и подавляющие образование АТФ (например соединения из групп динитрофенолов и галогенфенолов).

3) Ингибиторы клеточного деления (митоза), например N-арилкарбаматы и динитроанилины; как правило, их вносят в почву, где гербициды подавляют прорастание семян и рост корней.

4) Гербициды, регулирующие рост растений, или «синтетические ауксины», аналогичные по свойствам 3-индолилуксусной кислоте (гетероауксину) — природному гормону роста (при его избытке непомерно

ускоряется рост растения, что приводит к истощению и гибели); ауксиноподобными свойствами обладают соединения из групп арилоксиалканкарбоновых и арилкарбоновых кислот, производные пиколиновой кислоты [4].

Активность гербицидов может быть связана также с подавлением таких процессов, как синтез нуклеиновых кислот, каротиноидов, белков, липидов, или с блокированием биосинтеза и транспорта природных регуляторов, катализирующих эти процессы.

По химическому строению (действующему веществу в составе) гербициды делятся на:

- **арилоксиалканкарбоновые кислоты** — самые применяемые препараты, действуют только на двудольные;
- **динитроанилины** — подавляют однолетние одно- и двудольные сорняки, на многолетние действуют слабо;
- **карбаматы** — производные тиокарбаминовой кислоты. Действующие вещества — десмедифам, фенмедифам, просульфокارب;
- **производные дипиридилия** — оказывают неизбирательное контактное действие на растения. В местах попадания на растения препараты разрушают ткани и быстро (в течение 2-4 суток) вызывают гибель растений. Действующее вещество — дикват. Используют для высушивания растений с целью облегчения уборки картофеля, подсолнечника, или против нежелательной травяной растительности в междурядьях лесных культур;
- **производные пиридина** — гербициды сплошного действия. Пиклорам — единственное вещество из этой группы, разрешенное сегодня к применению;
- **производные триазинов** (1,2,4-триазины и 1,3,5- триазины) — селективные гербициды против двудольных сорняков. В настоящее время разрешены к применению препараты на основе метамитрона, метрибузина;

– **сульфонилмочевины** — гербициды массового применения и широкого спектра действия, обладают высокой биологической активностью, высокой избирательностью, системным продолжительным действием и стойкостью в биологических средах;

– **фосфорорганические соединения** — массово применяются в настоящее время. Среди них — глифосат, который успешно уничтожает многолетние корневищные сорняки (тростник, пырей ползучий, вьюнок, одуванчик, молочай, ромашку и др.);

– **хлорацетанилиды** (амиды, хлорацетамиды) — селективные почвенные гербициды, применяются до сева или всходов культур. Токсичны для злаковых и двудольных сорняков [3].

Так же гербициды разделяют по срокам применения [15]:

– **предпосевные** (синоним допосевные) - вносят до посева или посадки культурных растений.

– **предвсходовые** (синоним довсходовые) – вносят после посева или посадки сельскохозяйственных культур, но до появления их всходов.

– **послевсходовые** – вносят после появления всходов культурных растений в различные периоды вегетации.

Все гербициды являются токсичными веществами. Токсичность измеряется величиной ЛД₅₀ (мг/кг живой массы), то есть дозой, которая при попадании в желудок приводит к гибели 50% подопытных теплокровных животных. По степени токсичности. [16] гербициды подразделяются на:

- сильнодействующие — ЛД₅₀ < 50 мг/кг;
- высокотоксичные — ЛД₅₀ = 50 — 200 мг/кг;
- среднетоксичные — ЛД₅₀ = 200 — 1000 мг/кг;
- малотоксичные — ЛД₅₀ > 1000 мг/кг.

Большинство разрешенных к применению гербицидов малотоксичны. Соблюдение правил техники безопасности обеспечивает безвредность для людей и животных.

1.3. Гербицидные свойства 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и ее производных

2,4-Д (2, 4-дихлорфеноксиуксусная кислота) – действующее вещество системных гербицидов. Подавляет процессы роста и развития у многих двудольных широколистных сорных растений в посевах зерновых. Всего кислота в качестве действующего вещества входит в состав 22 препаратов, разрешенных к использованию в России [17].

2,4 Д представляет из себя кристаллы белого цвета [18]. Это вещество – сильная кислота, являющаяся гидролитически стабильной [19]. В чистом виде почти не обладает запахом. Слабо растворима в воде, но хорошо – в большей части органических растворителей. При взаимодействии с основаниями образует малорастворимые соли [20]. Гербициды 2,4-Д относят к органическим соединениям, проявляющим ауксиновую активность, поэтому они в низких концентрациях стимулируют рост, а в более высоких вызывают гибель двудольных растений. Проявление ауксиновых свойств 2,4-Д у чувствительных растений приводит к истощению листьев, искривлению побегов, повреждению тканей. Полагают, что гербицидный эффект 2,4-Д складывается из его ауксиновой и антиауксиновой активности [21]

Для млекопитающих 2,4-Д – среднетоксичное вещество. ЛД₅₀ для экспериментальных животных — 350–560 мг/кг [17], ЛД₅₀ для пчел — более 18 мкг/особь [22]. Вещество умеренно токсично для рыб, причем токсичность зависит от формы применения препарата [16].

2,4-Д применяется в посевах зерновых, используется для борьбы с двудольными сорными растениями. Однако сама кислота, плохо растворимая в воде, не так широко используется в сельском хозяйстве, как ее соли и эфиры [23]. Сегодня на отечественном рынке гербицидов представлены две формы препаратов: смесь малолетучих эфиров 2,4-Д и 2-этилгексиловый эфир 2,4-Д [24].

1.4. Методика получения 2-этилгексилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты

Дихлорфеноксиуксусная кислота (торговое название 2,4-Д) — системный пестицид избирательного действия, который с 1948 г. широко используется в составе различных препаратов для борьбы с однолетними и некоторыми многолетними двудольными сорняками (одуванчик, полынь, подорожник большой, мышиный горошек, клевер ползучий, лютик ползучий и т.п.) на зерновых культурах, таких как пшеница яровая и озимая, а также ячмень и кукуруза.

Эфиры 2,4-Д по эффективности превосходят соли и другие производные 2,4-Д [25]. Норма расхода эфиров в 2-3 раза меньше, чем норма расхода натриевой соли

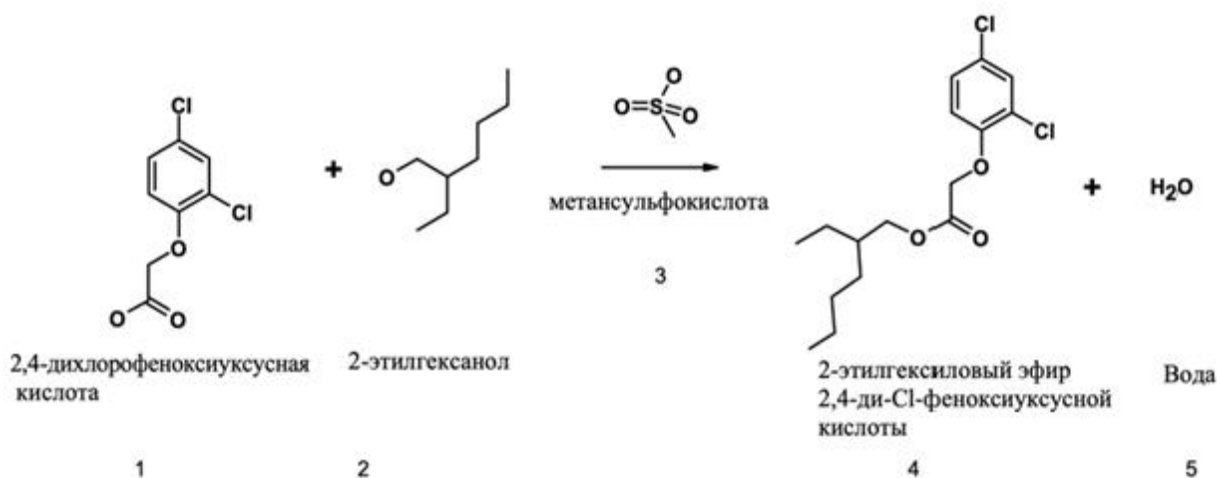
В промышленности их получают либо этерификацией 2,4-Д спиртами [26], либо хлорированием эфиров феноксиуксусной кислоты [27]. Этерификацию 2,4-Д обычно проводят в присутствии кислых катализаторов в растворителе с азеотропной отгонкой выделяющейся реакционной воды с растворителем [28].

Известен метод получения эфиров 2,4-Д [29] этерификацией 2,4-Д смесью спиртов C7-C9 при соотношении 2,4-Д : смесь спиртов = 1 : 1.05. Смесь 2,4-Д и спиртов C7-C9 кипятят в течение 1 ч в среде бензола в присутствии серной кислоты и после очистки получают смесь эфиров 2,4-Д чистотой 97% с выходом 94,5%.

Известен метод получения C7-C9 алкиловых эфиров 2,4-Д (патент RU 2069655, 1994) каталитическим хлорированием феноксиуксусной кислоты (ФУК) хлором в спиртовой фракции C7-C9 с использованием в качестве катализатора уксусной кислоты при молярном соотношении УК : ФУК = 1.0 : 13.8-49.125 и молярном соотношении ФУК : спирты = 1.0 : 1.2-1.5.

Наиболее близким по технической сущности является способ получения эфиров из 2,4-Д [30] без использования растворителя, который включает этапы:

а) смешивания спирта с кислотным катализатором, б) нагревание смеси, с) добавление к смеси 2,4-Д, д) удаление воды из продуктов.



Процесс [29] представляет собой реакцию этерификации 2,4-Д и 2-этилгексанола в присутствии кислого катализатора (70% раствора метансульфокислоты). Реакция идет при нагревании смеси реагентов до 105°C с одновременной отгонкой при пониженном давлении (0,74 – 0,65 ат.) выделившейся в процессе реакции воды в реакторе, снабженном газоподводящей системой, механической мешалкой, системой для отгонки воды и подачи вакуума. Нагрев реакционной массы и поддержание температуры реакции осуществляют при помощи термостата с использованием теплоносителя при температуре 110 °С. Перемешивание проводится в токе инертного газа при 100 °С и пониженном давлении.

Вода отводится путем отгонки в вакууме в виде азеотропа с некоторым количеством избыточного спирта. После охлаждения реакционной массы продукт – этилгексиловый эфир 2,4-Д кислоты сливают через нижний клапан реактора.

Основным гербицидным эффектом обладает 2,4-Д кислота, поэтому в синтезе можно использовать не только 2-этилгексанол, но и любой другой спирт, что и было проделано в данной работе.

2. Практическая часть

2.1. Реактивы

- β -метил(пиридин)-метанол;
- фенилэтанол
- 1-метилоксибутанол-4;
- 2-гидроксиэтилтиофен;
- 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота;
- метансульфокислота (катализатор);

2.2. Оборудование

Мерная и стеклянная посуда по ГОСТ25336-82

Мешалка магнитная

Водяная баня, электроплитка

Весы JW-1-300.

2.3. Методика синтеза эфиров

За основу для синтеза эфиров 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты была взята описанная выше методика [29].

Необходимый объем реактивов пересчитывали исходя из справочной плотности и отмеряли при помощи градуированных пипеток. Сухие реактивы взвешивали при помощи весов.

В колбу КПП-3×250, снабженную термометром и обратным холодильником, помещали 2,4-Д кислоту, фенилэтанол и метансульфокислоту. Реакционную смесь нагревали до 90 °С на водяной бане и перемешивали при этой температуре при помощи магнитной мешалки в течение 2 часов. Затем колбу охлаждали и взвешивали полученный продукт.

Синтез эфира 2,4-Д с остальными спиртами проводили аналогично.

2.4. Спектроскопические исследования

По окончании синтеза по 0,2 г каждого из эфиров отобрали и отправили на спектральный анализ в Исследовательский Институт Химического Разнообразия ЦВТ «ХимРар».

Для подтверждения состава и строения полученных продуктов были сняты их ¹H ЯМР-спектры.

2.5. Исследование гербицидной эффективности эфиров.

Полученные вещества исследовали в сравнении с раствором 2,4-дихлорфенилоксиуксусной кислоты.

Семена пшеницы высевали без предварительного замачивания в отдельные тары с грунтом и оставили в школьном классе с одинаковой освещенностью и увлажнением почвы. Площадь каждого участка составила 0,006 м².

Образец 6 обработке препаратом не подвергался. Образцы обрабатывались растворами гербицидов на 21 день от посадки.

В качестве сорных растений исследовали подсолнух сорта «Казачий» агрофирмы Аэлита, которые выращивались в таких же условиях и обрабатывались аналогично.

3. Экспериментальная часть.

3.1. Синтез эфиров 2,4-Д

Для синтеза эфира на основе β-метил(пиридин)-метанола были рассчитаны и израсходованы вещества в следующих соотношениях:

β-метил(пиридин)-метанол	2,49 г
2,4-дихлорфенилоксиуксусная кислота	4,27 г
Метансульфокислоты	0,1 мл

Для синтезов эфира на основе фенилэтанола, 1-метилоксибутанола-4, и 2-гидроксиэтилтиофен были рассчитаны и израсходованы вещества

в следующих соотношениях г спирта / г кислоты: 4,55 / 8,23; 6,12 / 15,01 и 5,00 / 6,62 соответственно. Объем метансульфокислоты во всех случаях составлял 0,1 мл.

Массы полученных продуктов в зависимости от используемых спиртов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Масса и выход полученных продуктов

№ п/п	Название эфира 2,4 Д	Масса продукта практическая, г	Масса продукта теоретическая, г	Выход эфира, мас%
1	β-метил(пиридин) -метаноловый	3,12	6,41	48,7
2	фенилэтаноловый	6,16	12,03	50,9
3	1-метилоксибутаноловый	11,83	19,91	59,4
4	2-(2-гидроксиэтил) -тиофеновый	6,76	13,62	49,6

Из представленных данных видно, что в результате синтеза эфира 2,4-Д с β-метил(пиридин)-метанолом было получено 3,12 г продукта с выходом чистого вещества 48,7%. В результате синтеза фенилэтанолового эфира 2,4-Д было получено 6,16 г продукта с выходом чистого вещества 50,9%. В результате синтеза эфира 2,4-Д с 1-метилоксибутанолом было получено 11,83 г продукта с выходом чистого вещества 59,4 %. В результате синтеза 2-(2-гидроксиэтил)-тиофенового эфира 2,4-Д было получено 6,76 г продукта с выходом чистого вещества 49,6 %.

3.2. Результаты спектроскопических исследований.

Внешний вид спектрограмм представлен на рисунках 1 – 4.

Из представленных данных видно, что синтезированные вещества соответствуют предполагаемой структуре.

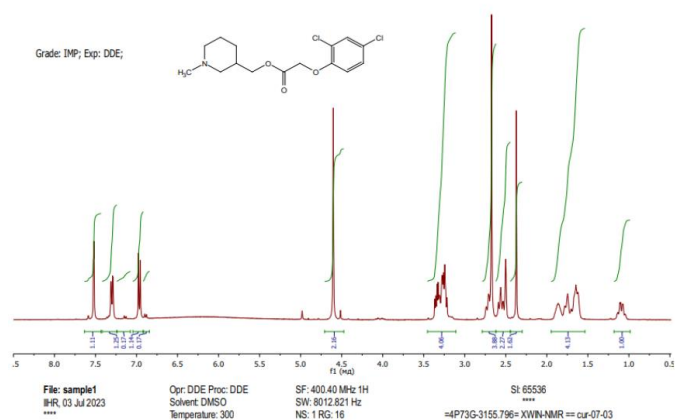


Рисунок 1. ^1H ЯМР-спектр и формула β -метил(пиридин)-метанолового эфира 2,4-Д.

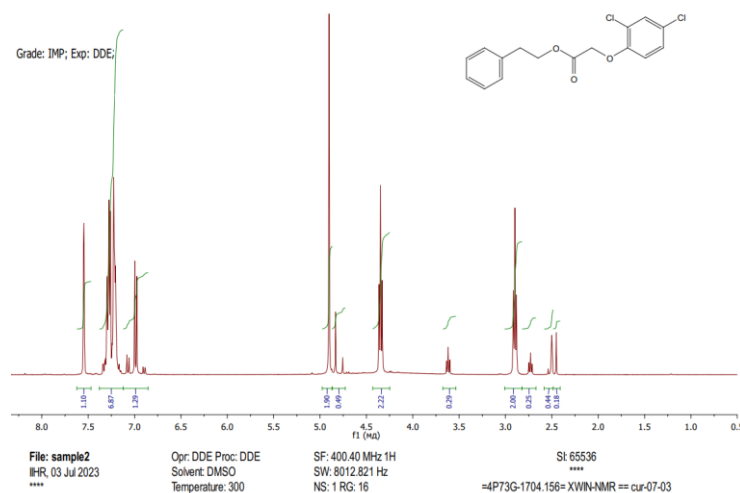


Рисунок 2. ^1H ЯМР-спектр и формула фенилэтанолового эфира 2,4-Д

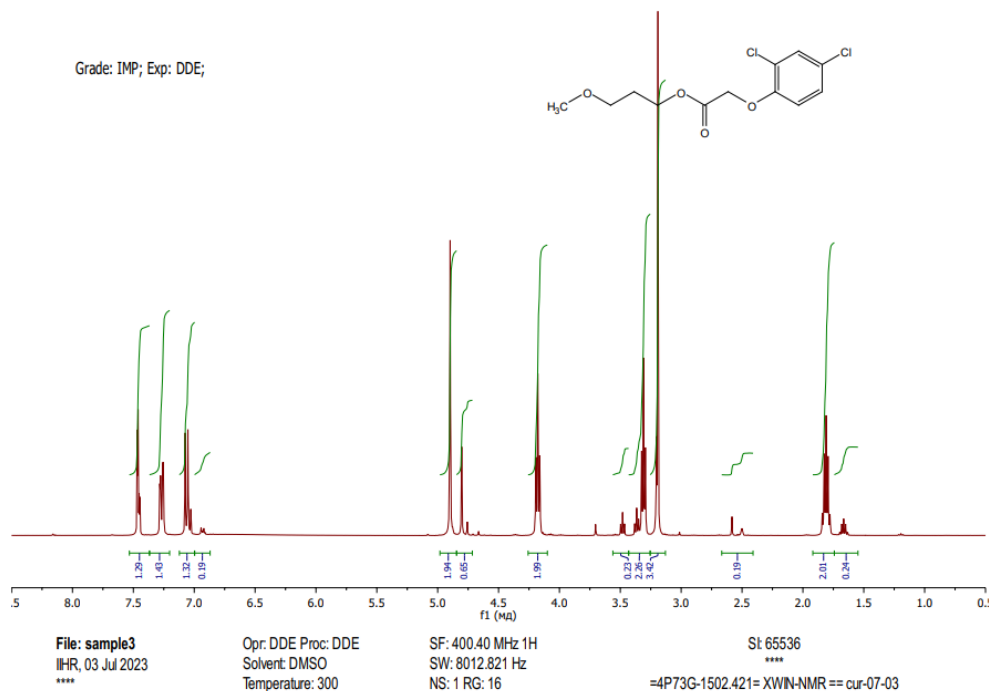


Рисунок 3. ^1H ЯМР- спектр и формула 1-метилоксибутанолового эфира 2,4-Д.

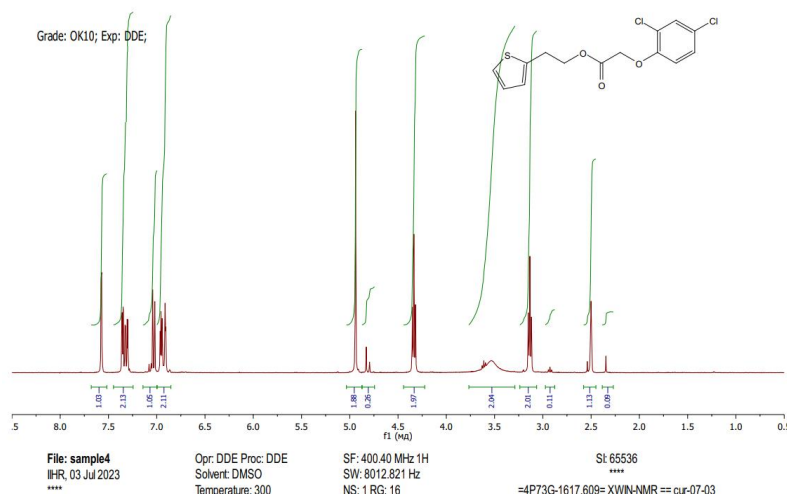


Рисунок 4. Н-1 ЯМР- спектр и структурная формула
2-(2-гидроксиэтил)-тиофенового эфира 2,4-Д.

3.3. Исследования гербицидной активности полученных веществ

Препараты разводили по инструкции к промышленному препарату и вносили распылением на 21 день от начала прорастания. Изменения во внешнем виде агрокультуры и сорняков фиксировали в одинаковые даты для всех объектов исследования.

Внешний вид растительности в зависимости от способа обработки представлен в таблицах 2 и 3.

Из представленных данных видно, что обработка пшеницы раствором 1-метилоксибутанолового эфира 2,4-Д при незначительном повреждении наземных побегов дополнительно обладает ауксиновым эффектом.

Синтезированные препараты обладают заметным гербицидным действием, более сильным, чем у исходного промышленного гербицида. На поверхности листьев сорных пород наблюдаются участки, в которых нарушен процесс фотосинтеза. Раствор 1-метилоксибутанолового эфира 2,4-Д вызывает практически полное уничтожение сорной растительности наряду с отмеченным выше ауксиновым эффектом, что позволяет судить о комбинированном механизме гербицидного воздействия полученного вещества.

Таблица 2. Внешний вид культурной растительности в зависимости от способа обработки.


































Время Фотофиксации	Порядковый номер исследуемого эфира/препарата				
	1	2	3	4	5
До обработки					
Через 72 часа					
Корни					

Таблица 3. Внешний вид сорной растительности в зависимости от способа обработки.

Время фотофиксации	Способ обработки					
	1	2	3	4	5	Вода
До обработки						
Через 72 часа						
Корни						

Выводы

1. На основе анализа литературных данных в работе исследована история применения пестицидов и классификация, механизмы и способы применения гербицидов, как их разновидности. В качестве способа синтеза выбрана реакция этерификации 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в присутствии метансульфоновой кислоты в качестве катализатора.

2. В результате синтеза эфира 2,4-Д с β -метил(пиридин)-метанолом было получено 3,12 г продукта с выходом чистого вещества 48,7%. В результате синтеза фенилэтанолевого эфира 2,4-Д было получено 6,16 г продукта с выходом чистого вещества 50,9%. В результате синтеза эфира 2,4-Д с 1-метилоксибутанолом было получено 11,83 г продукта с выходом чистого вещества 59,4 %. В результате синтеза 2-(2-гидроксиэтил)-тиофенового эфира 2,4-Д было получено 6,76 г продукта с выходом чистого вещества 49,6 %.

3. Строение и состав продуктов подтверждены спектроскопически.

4. Установлено, что синтезированные препараты обладают заметным гербицидным действием. На поверхности листьев сорных пород наблюдаются участки, в которых нарушен процесс фотосинтеза. Также следует отметить максимальную гербицидную активность эфира на основе 1-метилоксибутанола и ауксиновое действие всех препаратов, что позволяет судить о комбинированном механизме гербицидного воздействия полученного вещества.

Список литературы

1. Кнунянц И. Л., Зефилов Н. С. (ред.). Химическая энциклопедия: В 5-и т. — Сов. энцикл., 1988. Т. 1. С. 625.
2. Лашко А. А., Черненко В. В., Евтушенко Е. В. Изучение эффективности применения современного ассортимента гербицидов на культуре яровая пшеница в приазовской зоне Ростовской области //Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях. — 2017. — С. 144-148.
3. Раскин М. С. Комплексные гербициды. Вопросы теории и практики //Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности: Материалы Всероссийского научно-производственного совещания, Голицыно, 24-28 июля. — 1995. — С. 128.
4. Кучерук Д.С., Таталёв П.Н. «Свойства пестицидов и определяемые ими условия безопасности при их использовании» / Вестник Студенческого научного общества. — 2017. — Т. 8. — №. 2. — С.211–213.
5. Поляков, И. М. Химический метод защиты растений от болезней / И.М. Поляков. — М.: Химия, 2007. — 234 с.
6. Эйхлер В. Яды в нашей пище. М.: Мир, 1993. 190 с.
7. Krieger R. Hayes' handbook of pesticide toxicology. — Academic press, 2010. — Т. 1.
8. Carson R. Silent Spring•. Boston: Houghton Mifflin Company. — 1962.— 400 с.
9. Федоров Л. А., Яблоков А. В. Пестициды-токсический удар по биосфере и человеку. — 1999. — 461 с.
10. Alengebawy A. et al. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications //Toxics. — 2021. — Т. 9. — №. 3. — С. 42.
11. Сухорученко Г. И. и др. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке //Вестник защиты растений. — 2020. — Т. 103. — №. 1. — С. 5-24.
12. Sharma A. et al. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem // SN Applied Sciences. — 2019. — Т. 1. — №. 11. — С. 1-16.
13. Vats S. Herbicides: history, classification, and genetic manipulation of plants for herbicide resistance / Sustainable agriculture reviews. — Springer, Cham, 2015. — С. 153-192.
14. Куликова Н. А., Лебедева Г. Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. — 2010. — 152 с.

15. Куликова Н. А., Лебедева Г. Ф. Гербициды. – 2007. – С.29.
16. Спиридонов Ю. Я. и др. Эффективный и экологически безопасный способ восстановления плодородия почв, загрязненных остатками пестицидов и другими поллютантами / Мат. второго Всерос. научно-производ. совещания «Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия». Голицино. — 2000. — С. 266-273.
17. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2013 год. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России).
18. Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Пылова Т.Н. Химические средства защиты растений (пестициды). Справочник. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
19. МУК 4.1.2162-07 Определение остаточных количеств 2,4-Д в масле кукурузы методом капиллярной газожидкостной хроматографии.
20. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. - М.: Химия, 1987. 712 с.
21. Сафаров М. Г. Гербициды: 2, 4-Д //Соросовский образовательный журнал. – 2001. – №. 9. – С. 57-62.
22. Справочник по пестицидам / Н.Н. Мельников, К.В. Новожилов, С.Р. Белан, Т.Н. Пылова. М.: Химия, 1980. – 352 с.
23. Медведь Л.И. Справочник по пестицидам (гигиена применения и токсикология) / Коллектив авторов, под ред. академика АМН СССР, профессора Медведя Л.И. -К.: Урожай, 1974. 448 с.
24. Омельченко Н. А., Резанов А. А. Гербициды на основе эфиров 2,4- Д кислоты – сходства и различия. Газета «Земля Нижегородская», №12, 19.03.2010.
25. Попов С. Я., Дорожкина Л. А., Калинин В. А. Основы химической защиты растений //М.: Арт-Лион. – 2003. – Т. 280. – С. 3.
26. Патент RU 2751243 Лакеев С. Н., Смирнов Э. А. Способ получения 2-этилгексилового эфира 2, 4-дихлорфеноксисукусной кислоты.
27. Патент RU 2069655 Валитов Р. Б. и др. Способ получения C7-C9 алкиловых эфиров хлорзамещенных феноксисукусных кислот. – 1996.
28. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987, 712 с.
29. Патент US 2761774, 1956.
30. Muñoz G. D., Dudley G. B. Synthesis of 1, 2, 3, 4-tetrahydroquinolines including angustureine and congeneric alkaloids. A review //Organic Preparations and Procedures International. – 2015. – Т. 47. – №. 3. – С. 179-206.