

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА *CENTAUREA***Рахмаева А.М., Гумерова С.М., Теренжев Д.А., Шаронова Н.Л., Фицев И.М.**

Реферат. Исследования проводили с целью изучения фитохимического состава и биологической активности экстрактов растений рода василек (*Centaurea* L.) – василек синий (*Centaurea cyanus* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.) и василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.) для выявления возможности их использования при защите растений от фитопатогенных инфекций. Этанольный экстракт получали путем мацерации сухой надземной биомассы растений с последующей фильтрацией и концентрированием на роторном испарителе. Химический состав этанольных экстрактов исследовали методом газовой хроматографии / масс-спектрометрии (ГХ/МС). Наибольшее количество компонентов (двадцать) идентифицировано в растительном экстракте василька шероховатого, преобладали кумаран, L-арктигенин, стигмастерол, γ -ситостерол, α -амирин, β -амирин и токоферола ацетат. Исследованные экстракты проявляли антимикробную активность. Их бактериостатические, бактерицидные и фунгицидные свойства варьировали в широком диапазоне концентраций от 0,6 мг/мл до 20 мг/мл. Наибольшая антибактериальная активность выявлена у василька шероховатого (минимальные ингибирующие и бактерицидные концентрации составили 0,6...5,0 мг/мл), наименьшая – у василька лугового (5,0...20,0 мг/мл). Самой высокой чувствительностью к компонентам растительных экстрактов характеризовалась *Clavibacter michiganensis*. Активность экстрактов, ингибирующая рост фитопатогенного гриба, была одинаковой для всех исследованных видов васильков, а фунгицидная в наибольшей степени проявлялась у василька лугового – действующая концентрация составила 1 мг/мл. Предпосевная обработка этанольными экстрактами оказывала ингибирующее влияние на всхожесть семян тест-растения (кресс-салат): при концентрации 1 мг/мл она снижалась, по сравнению с контролем, на 8...42 %, 10 мг/мл – на 30...100 %. Предпосевная обработка семян ингибировала линейный рост корней кресс-салата на 35...52 %, накопление сырой биомассы проростков и корней – на 23...89 %.

Ключевые слова: василек синий (*Centaurea cyanus* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.), экстракт, фитохимический состав, антимикробная активность, фитопатогенные микроорганизмы, кресс салат (*Lepidium sativum* L.), биометрические показатели.

Введение. В последние годы бурный рост демонстрирует рынок органической продукции. При этом Российская Федерация по разным оценкам может занять до 25 % этого рынка [1]. Однако отечественным сельхозтоваропроизводителям не доступны средства защиты растений, допущенные к использованию в органическом земледелии. В связи с этим крайне актуальны проекты, направленные на разработку таких препаратов.

Основой перспективных экологически безопасных средств защиты растений могут стать экстракты растений, обладающие комплексным биологическим действием. Особый интерес в этом отношении представляют дикорастущие виды семейства Asteraceae, включающего более 1620 родов и 23600 видов. Растения этого семейства широко распространены по всему миру, многие из них обладают доказанным терапевтическим потенциалом и содержат широкий спектр биологически активных соединений [2, 3].

Centaurea L. – род травянистых многолетних, реже двулетних и однолетних, растений семейства Asteraceae, включающий более 500 видов, около 100 из которых произрастает в Российской Федерации. В ряде работ отечественных и зарубежных ученых установлена биологическая активность (противоопухолевая, противодиабетическая, противовоспалительная, анальгетическая, ан-

типлазмодальная, антиоксидантная, антимикробная, ферментативная) экстрактов и эфирных масел разных видов *Centaurea* L. [4, 5]. В подавляющем большинстве случаев эти исследования посвящены видам, произрастающим в Турции (*Centaurea antiochia* var., *Centaurea hypoleuca* *Centaurea amaena* Boiss. & Balansa *Centaurea aksoyi* Hamzaoglu & Budak, *Centaurea babylonica* (L.)) [6, 7, 8] и Африке (*Centaurea pumilio* L. [9]). Исследования с растениями рода Василек, типичных представителей флоры Средней полосы России, единичны [5, 10].

Химический состав растений рода *Centaurea* значительно отличается в зависимости от вида и зоны произрастания. Среди наиболее характерных его биологически активных компонентов следует отметить сесквитерпеновые лактоны [10], флавоноиды [4], лигнаны, алкалоиды [5], фенольные соединения [6], стероиды, терпены и др. [7, 8, 9].

В условиях ведения органического земледелия актуальна разработка новых препаратов защиты растений на основе компонентов экстрактов представителей рода *Centaurea* L. Следует отметить, что исследования в этом направлении носят пионерный характер. В последние годы в Российской Федерации были созданы и запатентованы регуляторы роста растений на основе хвойных растений (Новосил, Лариксин, Вэрва и др.). Установле-

но их положительное влияние на качественные и количественные показатели сельскохозяйственной продукции [11, 12]. Для растений других систематических групп серьезных исследований и разработок не проводили.

Цель исследования – оценка фитохимического состава и биологической активности экстрактов василька синего (*Centaurea cyanus* L.), василька лугового (*Centaurea jacea* L.), василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) для выявления возможности их использования в качестве препаратов по защите растений от фитопатогенных инфекций.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи: определить фитохимический состав экстрактов; оценить антимикробную активность экстрактов в отношении фитопатогенных штаммов бактерий и грибов; изучить влияние экстрактов на прорастание семян и параметры начального роста тест-растения.

Условия, материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали экстракты растений рода василек (*Centaurea* L.) – василек синий (*Centaurea cyanus* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.). Растения собирали в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан летом 2020 г. Заготовку надземных частей растений осуществляли в фазе цветения. Вегетативную массу для приготовления экстрактов высушивали до воздушно-сухого состояния в темном помещении при температуре 25 °С. Далее ее измельчали на лабораторной мельнице (LM 202) и готовили экстракты путем мацерации растительного материала в этаноле (100 г порошка на 500 мл этанола) в течение 1,5 ч. Смесь фильтровали (Whatman №1), затем концентрировали на роторном испарителе (LabTexRe 100-Pro) при 35 °С. Экстракты хранили в темноте при 4 °С.

Качественный и количественный анализ фитохимического состава экстрактов проводили на газовом хроматографе FOCUS GC с масс-спектрометрическим детектором DSQ II (Thermo Fisher Scientific), оснащенном кварцевой капиллярной колонкой TraceGold TG-5MS – длина 15 м, внутренний диаметр колонки 0,25 мм, толщина пленки фазы 0,25 мкм (Thermo Fisher Scientific). Масс-спектры электронной ионизации (ЭИ, 70 эВ) регистрировали в диапазоне отношение массы к заряду $m/z = 30...550$. Условия газохроматографического разделения: температура инжектора – 280 °С, температура интерфейса – 280 °С, температура ионного источника – 250 °С, напряжение на электродном умножителе 1323 В, начальная температура термостата – 75 °С, скорость подъема температуры колонки – 6 °С/мин, конечная температура термостата колонки – 280 °С, ввод пробы с делением потока 60:1, объем пробы – 1 мкл, объемная скорость газоносителя (He, 99,999 %) – 0,6 мл/мин, поток – постоянный. Для настройки ГХ-МС системы и

обработки хромато-масс-спектральных данных использовали программное обеспечение Xcalibur (Thermo Fisher Scientific) и электронную библиотеку масс-спектров ЭИ NIST¹⁷.

В экспериментах определяли минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) методом двукратного последовательного разведения [13]. Фунгистатическую активность спиртового экстракта измеряли методом серийного разведения [14] в жидкой среде. Экстракты исследовали в концентрациях 0,025... 20 мг/мл. В каждую пробирку с экстрактом известной концентрации помещали суспензию бактерий или кусочек мицелия грибов. После инкубирования проводили оценку жизнедеятельности микроорганизмов визуально и устанавливали минимальную концентрацию, способствующую прекращению роста культуры, без ее гибели (минимальная ингибирующая концентрация). Для определения минимальных бактерицидных и фунгицидных концентраций экстракта в чашки Петри с агаризованной питательной средой при помощи бактериологической петли добавляли инокуляты бактерий или кусочки мицелия грибов, взятых из всех пробирок без видимого роста. Минимальную концентрацию, при которой происходила гибель бактерий считали минимальной бактерицидной, грибов – минимальной фунгицидной.

Жидкий бульон со спорами микроорганизмов готовили на стандартной картофельно-глюкозной питательной среде из 24-часовых бактериальных культур и 7...14-суточных культур грибных спор. Конечный размер инокулятов при анализе бактерий составлял 10^5 КОЕ/мл, грибов – $1,1...1,5 \times 10^5$ КОЕ/мл. В качестве контроля использовали пробирки, содержащие только питательные среды. Вещество сравнения для бактерий – хлорамфеникол (Казанский фармацевтический завод), для гриба – диффеноконазол (Score250 EC, Syngenta).

Результаты регистрировали каждые сутки в течение 5 дней при 28 °С для *Clavibacter michiganensis* и 25 °С для *Xanthomonas arboricola*. Время инкубации грибов в термостате при 26 °С с соответствующим веществом составило 14 суток. Рост микроорганизмов определяли визуально. Все анализы проводили в трех повторностях.

Влияние экстрактов на растения оценивали в лабораторных опытах на основании всхожести семян и биометрических показателей – длины проростков и корней, сырой биомассы проростков и корней. Тест-культура – кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) Витаминчик категории элита 2019 г. репродукции. Протравители не применяли. Прорастивание проводили согласно [15]. Для определения всхожести исследовали по 100 семян в 3-х повторностях. В качестве контроля использовали стерильную дистиллированную воду, вещества сравнения – этанол (96 %). В опытных вариантах при изучении всхожести обработку семян проводили путем замачивания в растворах экс-

Таблица 1 – Антимикробная активность экстрактов *Centaurea jacea* L., *Centaurea cyanus* L. и *Centaurea scabiosa* L. (концентрации 0,025...20 мг/мл)

| Штамм бактерии/ гриба | <i>C. jacea</i> | | <i>C. cyanus</i> | | <i>C. scabiosa</i> | | Хлорамфеникол/ дифенокназол | |
|----------------------------------|-----------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------|---|--|
| | МИК* | МБК/ МФК** | МИК | МБК/ МФК | МИК | МБК/ МФК | МИК | МБК/ МФК |
| в отношении бактерий | | | | | | | | |
| <i>Clavibacter michiganensis</i> | 5,0±0,20 | 5,0±0,30 | 2,5±0,10 | 2,5±0,10 | 0,6±0,05 | 0,6±0,05 | 0,5±0,03 | 0,5±0,03 |
| <i>Xanthomonas arboricola</i> | 10,0±0,50 | 20,0±1,00 | 5,0±0,30 | 5,0±0,20 | 5,0±0,30 | 5,0±0,30 | 0,3±0,02 | 0,5±0,04 |
| в отношении грибов | | | | | | | | |
| <i>Alternaria solani</i> | 2,5±0,10 | 1,0±0,60 | 2,5±0,60 | 5,0±0,10 | 2,5±0,10 | 5,0±0,3 | $1,9 \times 10^{-3}$ $\pm 0,02 \times 10^{-2}$ | $0,3 \times 10^{-1}$ $\pm 0,3 \times 10^{-2}$ |

*МИК – минимальная ингибирующая концентрация, **МБК – минимальная бактерицидная концентрация, МФК – минимальная фунгицидная концентрация.

трактов в концентрациях 1 мг/мл и 10 мг/мл в течение 2 ч, при оценке биометрических показатели растений – 1 мг/мл.

Статистическую обработку данных по антимикробной активности осуществляли методом расчета стандартной ошибки среднего, в экспериментах с проращиванием вычисляли наименьшую существенную разницу (НСР₀₅).

Анализ и обсуждение результатов исследований. Фитохимический состав экстрактов исследованных видов растений рода Василек различался. Наименьшее количество соединений идентифицировано в экстракте надземной биомассы василька лугового (13 компонентов), наибольшее – василька шероховатого (20 компонентов). Во всех исследованных образцах экстрактов были выявлены 2-гидрокси-5-метоксибензальдегид, пальмитиновая кислота, фитол, глицерилмонолинолеат. В экстракте василька шероховатого установлено наличие таких веществ, как кумаран (2,3-дигидробензофуран), L-арктигенин (4-(3,4-Диметоксибензил) -3- (4-гидрокси-3-метоксибензил) дигидро-2 (3Н) -фуранон), стигмастерол, γ -ситостерол, α -амирин, β -амирин и токоферола ацетат. На их долю приходилось около 60 % от общего количества идентифицированных компонентов.

В наших экспериментах были впервые выявлены относительно высокие концентрации кумарана и L-арктигенина в составе этанольного экстракта василька шероховатого – 28,8 % от общего количества соединений.

Экстракты трех исследованных видов рода василек проявляли бактериостатические свойства в отношении исследованных фитопатогенных штаммов микроорганизмов (табл. 1). Минимальные ингибирующие концентрации экстрактов сильно варьировали в диапазоне от 0,6 мг/мл до 10 мг/мл. Бактерицидное действие в отношении фитопатогенов проявлялось в концентрации 0,6...20 мг/мл. Минимальные фунгицидные концентрации для всех

трех экстрактов составили 1...5 мг/мл.

Против фитопатогенных бактерий наибольшая антимикробная активность выявлена у василька шероховатого, наименьшая – у василька лугового. Активность, ингибирующая рост фитопатогенного гриба, была одинаковой для экстрактов из исследованных видов василька – 2,5 мг/мл, а фунгицидная в наибольшей степени проявлялась у василька лугового – действующая концентрация составила 1 мг/мл, у василька синего и василька шероховатого она была равна 5 мг/мл.

Грамположительная бактерия *Clavibacter michiganensis* характеризовалась наибольшей чувствительностью к компонентам растительных экстрактов – показатели МИК и МБК находились в диапазоне 0,6...5 мг/мл.

По-видимому, повышенная антимикробная активность экстрактов василька шероховатого обусловлена наличием в его составе производных фуранов – 2,3-дигидробензофурана и 4-(3,4-Диметоксибензил) -3- (4-гидрокси-3-метоксибензил) дигидро-2 (3Н) -фуранон.

Так, в работе И. Р. Шарафутдинова показана бактерицидная активность химически синтезированных производных 2(5Н)-фуранона в отношении грамположительных бактерий – *Staphylococcus aureus* и *Bacillus cereus*. В присутствии производных 2(5Н)-фуранона автор наблюдал подавление образования биопленок грамположительными бактериями, при высоких концентрациях соединений происходила гибель клеток. Механизм антимикробного действия производного 2(5Н)-фуранона на *Staphylococcus aureus* заключался в быстром проникновении в клетки с последующей индукцией окислительного стресса и прямом взаимодействии с рядом внутриклеточных белков, что приводило к нарушению их структуры и физико-химических свойств и гибели клетки. На грамотрицательных бактериях подобных эффектов не выявлено [16].

В работе Е. А. Краснова с соавт. установлена выраженная антимикробная активность

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян растительными экстрактами в концентрации 1 мг/мл на биометрические параметры проростков кресс салата

| Вариант | Длина, см | | Сырая биомасса, г | |
|----------------------------|-----------|--------|-------------------|--------|
| | проросток | корень | проростков | корней |
| Контроль | 3,78 | 5,02 | 0,54 | 0,33 |
| Обработка семян 96 %-ным | 3,79 | 5,01 | 0,54 | 0,34 |
| Обработка семян экстрактом | 4,01 | 3,28 | 0,41 | 0,12 |
| Обработка семян экстрактом | 4,05 | 2,85 | 0,39 | 0,07 |
| Обработка семян экстрактом | 4,01 | 2,41 | 0,29 | 0,04 |
| НСР ₀₅ | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,03 |

водного экстракта василька шероховатого в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* и *Micobacteria smegmatis*. Авторы связывали ее с наличием сескви-терпеновых лактонов [10].

Следует отметить, что показатели антимикробной активности разных видов василька варьировали от низких (МИК > 5 мг/мл [5, 8] до высоких (МИК менее 20 мкг/мл) [6, 7]. Большинство авторов также подтверждают факт устойчивости грамотрицательных бактерий к воздействию растительных экстрактов.

Предпосевная обработка семян экстрактом василька лугового в концентрации 1 мг/мл приводила к снижению всхожести семян кресс-салата, по сравнению с контролем, на 8 %, василька синего – на 23 %, василька шероховатого – на 42 % (табл. 2). При использовании экстрактов в концентрации 10 мг/мл прорастание семян выявлено только при использовании экстракта василька лугового. При этом депрессия всхожести кресс-салата составила 30 %. Одновременно ингибировалось формирование ювенильных побегов и корней, по сравнению с растениями в контрольном варианте, и к концу эксперимента их длина составляла 0,1...0,3 см.

По степени возрастания фитотоксичного влияния на биометрические показатели проростков экстракты васильков можно расположить в следующий ряд: василек луговой > василек синий > василек шероховатый. Наиболее чувствительными к их воздействию были показатели роста корней. Ингибирование длины корней при предпосевной обработке составило, по сравнению с контролем, 35...52 %, депрессия накопления сырой биомассы корней – 64...89 %.

Предпосевная обработка растительными экстрактами не влияла на линейный рост проростков, но их биомасса снижалась, по сравнению с контролем, на 23...46 %.

Выводы. Наибольшее количество компонентов, по сравнению с васильком луговым и васильком синим, идентифицировано в растительном экстракте василька шероховатого. На семь компонентов (кумаран, L-арктигенин, стигмастерол, γ-ситостерол, α-амирин, β-амирин и токоферола ацетат) его экстракта приходилось около 60 % общей массы компонентов.

Все исследованные экстракты проявляли антимикробную активность, в наибольшей степени – василек шероховатый. Бактериостатические, бактерицидные и фунгицидные свойства экстрактов варьировали в широком диапазоне концентраций – 0,6...20 мг/мл. Наибольшей чувствительностью к компонентам растительных экстрактов характеризовалась *Clavibacter michiganensis*. По-видимому, повышенная антимикробная активность экстрактов василька шероховатого обусловлена наличием в его составе производных фуранов.

Растительные экстракты васильков проявляли ингибирующее действие на всхожесть и рост проростков кресс салата. Их фитотоксичность возрастала в ряду: василек луговой > василек синий > василек шероховатый. Наиболее чувствительными к воздействию компонентов экстрактов были показатели роста корней: их депрессия, по сравнению с контролем, составляла 35...89 %.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что василек шероховатый – потенциальный источник природных антимикробных веществ.

Литература

1. Заседание Правительства (2018 год, №1). [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://government.ru/meetings/31085/stenograms/> (дата обращения: 29.06.2020).
2. The potential medicinal value of plants from Asteraceae family with antioxidant defense enzymes as biological targets / S. Koc, B. S. Isgor, Y. G. Isgor, et al. // *Pharmaceutical Biology*. 2015. Vol. 53. No. 5. P. 746–751.
3. Chemical and biological characteristics of ethanolic extract of *Tussilago farfara* L. flowers: composition, antimicrobial and antioxidant activities / D. Terenzhev, N. Sharonova, A. Ermakova, et al. // *Asian J. Chem*. 2019. Vol. 31. No. 12. P. 3012–3016.
4. Ayad R., Akkal S. Phytochemistry and biological activities of algerian *Centaurea* and related genera. Chapter 12 // *In Studies in Natural Products Chemistry*: Editor(s): Atta-ur-Rahman, Elsevier. 2019. Vol. 63. P. 357–414.
5. Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula: the blue flowers and the

unexplored non-edible part / L. Lockowandt, J. Pinela, C. L. Roriz, et al. // *Ind Crop Prod.* 2019. Vol. 128. P. 496–503.

6. Ozcan K., Acet T., Corbaci C. *Centaurea hypoleuca* DC: Phenolic content, antimicrobial, antioxidant and enzyme inhibitory activities // *South African Journal of Botany.* 2019. Vol. 127. P. 313–318.

7. Albayrak S., Atasagun B., Aksoy A. Comparison of phenolic components and biological activities of two *Centaurea* sp. obtained by three extraction techniques // *Asian Pac. J. Trop. Med.* 2017. Vol. 10. No. 6. P. 599–606.

8. Antimicrobial property and antiproliferative activity of *Centaurea babylonica* (L.) L. on human carcinomas and cervical cancer cell lines / N.C. Guvensen, D. Keskin, H. Gunes, et al. // *Ann Agr Env Med.* 2019. Vol. 26. No. 2. P. 290–297.

9. Antibacterial activity of *Centaurea pumilio* L. root and aerial part extracts against some multidrug resistant bacteria / H. Naeim, A. El-Hawiet, R. A. Abdel Rahman, et al. // *BMC Complementary Medicine and Therapies.* 2020. Vol. 20. P. 79.

10. Антимикробная активность экстрактов из надземной части *Centaurea scabiosa* (Asteraceae) / Е. А. Краснов, И. П. Каминский, Т. В. Кадырова и др. // *Растительные ресурсы.* 2012. Т. 48. С. 262–266.

11. Влияние регуляторов роста растений новосил, лариксин и терпенол на агрессивность *Phytophthora infestans* / В. В. Антоненко, А. Н. Смирнов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2011. №. 4. С. 64–72.

12. Отзывчивость картофеля сорта Якутянка на обработку регулятором роста Новосил и минеральным удобрением Маг-Бор / Т. В. Слепцова // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики.* 2011. №. 2. С. 100–102.

13. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically.* CLSI standard M07. In 11th ed. [Electronic]. Wayne, Pennsylvania, USA, 2018. P. 112.

14. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). *Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts.* CLSI standard M27. In 4th ed. Wayne, Pennsylvania, USA, 2017. P. 31.

15. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во Стандартов, 2004. С. 32–60.

16. Шарафутдинов И.С. Антимикробный эффект производных 2(5H)-фуранона в отношении грамположительных бактерий: дисс. ... канд. биол. наук: 03:02:03 / Казанский (Приволжский) федеральный ун-т. Казань, 2019. 124 с.

Сведения об авторах:

Рахмаева Аделя Марселовна – младший научный сотрудник, e-mail: ermakowa.adelya@yandex.ru

Гумерова Сюзбеля Камилевна – аспирант, e-mail: syumbelya07@mail.ru

Теренжев Дмитрий Александрович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: dmitriy.terenzhev@mail.ru

Шаронова Наталья Леонидовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: laparovich@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань, Россия

Фитцев Игорь Михайлович – кандидат химических наук, заведующий отделением, e-mail: fitzev@mail.ru

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, г. Казань, Россия

ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND PHYTOTOXICITY OF EXTRACTS OF SOME SPECIES OF GENUS *CENTAUREA* PLANTS

Rakhmaeva A.M., Gumerova S.M., Terenzhev D.A., Sharonova N.L., Fitsev I.M.

Abstract. The article presents data on the phytochemical composition and biological activity of extracts of plants of the genus Cornflower (*Centaurea* L.) - blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.), meadow cornflower (*Centaurea jacea* L.), rough cornflower (*Centaurea scabiosa* L.), which are typical representatives flora of the middle zone of the Russian Federation, to assess the potential effectiveness of their use as plant protection drugs against phytopathogenic infections. The ethanol extracts were obtained by maceration of freshly harvested flowers, followed by filtration of the extract and concentration with the help of a rotary evaporator. The chemical composition of ethanol extracts was studied with the help of the gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) method. The qualitative and quantitative composition of the components differed depending on the plant types. The largest number of compounds was identified in the plant extract of cornflower rough, the seven components prevailing – coumaran, L-arctigenin, stigmaterol, γ -sitosterol, α -amyrin, β -amyrin and tocopherol acetate. The bacteriostatic, bactericidal and fungicidal properties of the extracts varied over a wide concentration range of 0.6...20 mg/ml. The highest indicators of antibacterial activity were found in the rough cornflower - the minimum inhibiting and bactericidal concentrations were 0.6...5 mg/ml, the lowest in the meadow cornflower - 5...20 mg/ml, respectively. *Clavibacter michiganensis* was characterized by the highest sensitivity to the components of plant extracts. In the case of the phytopathogenic fungus, the growth-inhibiting antimicrobial activity of cornflower extracts was the same for all studied species, and the fungicidal activity was most pronounced in the meadow cornflower - the effective concentration was 1 mg/ml. Presowing treatment with ethanol extracts had an inhibitory effect on the germination of test plant seeds: at a concentration of 1 mg/ml, the germination of watercress decreased by 8...42% compared to the control, 10 mg/ml - by 30...100%. Presowing seed treatment inhibited the linear growth of watercress roots by 35...52% and the accumulation of raw biomass of seedlings and roots by 23...89%.

Keywords: blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.), meadow cornflower (*Centaurea jacea* L.), rough cornflower (*Centaurea scabiosa* L.), extract, phytochemical composition, antimicrobial activity, phytopathogenic microorganisms, watercress (*Lepidium sativum* L.), biometric indicators.

References

1. Zasedanie Pravitelstva (2018 god, №1). [Meeting of the Government]. 2018. URL: <http://government.ru/meetings/31085/stenograms/> (date of access: 29.06.2020).

2. The potential medicinal value of plants from Asteraceae family with antioxidant defense enzymes as biological targets / S. Koc, B. S. Isgor, Y. G. Isgor, et al. // *Pharmaceutical Biology.* 2015. Vol. 53. No. 5. P. 746–751.

3. Chemical and biological characteristics of ethanolic extract of *Tussilago farfara* L. flowers: composition, antimicrobial and antioxidant activities / D. Terenzhev, N. Sharonova, A. Ermakova, et al. // *Asian J. Chem.* 2019. Vol. 31. No. 12. P. 3012–3016.
4. Ayad R., Akkal S. Phytochemistry and biological activities of algerian *Centaurea* and related genera. Chapter 12 // *In Studies in Natural Products Chemistry*: Editor(s): Atta-ur-Rahman, Elsevier. 2019. Vol. 63. P. 357–414.
5. Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula: the blue flowers and the unexplored non-edible part / L. Lockowandt, J. Pinela, C. L. Roriz, et al. // *Ind Crop Prod.* 2019. Vol. 128. P. 496–503.
6. Ozcan K., Acet T., Corbaci C. *Centaurea hypoleuca* DC: Phenolic content, antimicrobial, antioxidant and enzyme inhibitory activities // *South African Journal of Botany.* 2019. Vol. 127. P. 313–318.
7. Albayrak S., Atasagun B., Aksoy A. Comparison of phenolic components and biological activities of two *Centaurea* sp. obtained by three extraction techniques // *Asian Pac. J. Trop. Med.* 2017. Vol. 10. No. 6. P. 599–606.
8. Antimicrobial property and antiproliferative activity of *Centaurea babylonica* (L.) L. on human carcinomas and cervical cancer cell lines / N.C. Guvensen, D. Keskin, H. Gunes, et al. // *Ann Agr Env Med.* 2019. Vol. 26. No. 2. P. 290–297.
9. Antibacterial activity of *Centaurea pumilio* L. root and aerial part extracts against some multidrug resistant bacteria / H. Naeim, A. El-Hawiet, R. A. Abdel Rahman, et al. // *BMC Complementary Medicine and Therapies.* 2020. Vol. 20. P. 79.
10. Antimikrobnaya aktivnost ekstraktov iz nadzemnoy chasti *Centaurea scabiosa* (Asteraceae). [Antimicrobial activity of extracts from the aerial part *Centaurea scabiosa* (Asteraceae)]. / E.A. Krasnov, I.P. Kaminskiy, T.V. Kadyrova and others. // *Rastitelnye resursy.* - Plant resources. 2012. Vol. 48. S. 262–266.
11. Influence of plant growth regulators of novosil, larixin and terpenol on the aggressiveness of *Phytophthora infestans*. [Vliyaniye regulyatorov rosta rasteniy novosil, larixsin i terpenol na agressivnost *Phytophthora infestans*]. / V.V. Antonenko, A.N. Smirnov // *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii.* - News of Timiryazev Agricultural Academy. 2011. № 4. P. 64-72.
12. Otyzvchivost kartofelya sorta Yakutyanka na obrabotku regulyatorom rosta Novosil i mineralnym udobreniem Mag-Bor. [Responsiveness of Yakutyanka potato to processing by Novosil growth regulator and Mag-Bor mineral fertilizer]. / T.V. Sleptsova // *Prirodnye resursy Arktiki i Subarkтики.* - Natural resources of the Arctic and Subarctic. 2011. № 2. P. 100-102.
13. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically. CLSI standard M07. In 11th ed. [Electronic]. Wayne, Pennsylvania, USA, 2018. P. 112.
14. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts. CLSI standard M27. In 4th ed. Wayne, Pennsylvania, USA, 2017. P. 31.
15. GOST 12038-84. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti. [Seeds of crops. Germination methods]. M.: Izd-vo Standartov, 2004. P. 32-60.
16. Sharafutdinov I.S. Antimikrobnyy effekt proizvodnykh 2(5H)-furanona v otnoshenii grampolozhitelnykh bakteriy: diss. ... kand. biol. nauk: 03:02:03. (Antimicrobial effect of derivatives of 2 (5H) - furanone against gram-positive bacteria: dissertation for a degree of Ph.D. of Biology: 03:02:03). / Kazanskiy (Privolzhskiy) federalnyy un-t. Kazan, 2019. P. 124.

Authors:

Rakhmaeva Adelya Marselovna - junior researcher, e-mail: ermakowa.adelya@yandex.ru
 Gumerova Syumbelna Kamilevna - a post-graduate student, e-mail: syumbelya07@mail.ru
 Terenzhev Dmitry Aleksandrovich - Ph.D. of Chemical Sciences, Senior Researcher, e-mail: dmitriy.terenzhev@mail.ru
 Sharonova Natalya Leonidovna - Ph.D. of Biological Sciences, Leading Researcher, e-mail: lapanovich@mail.ru
 Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Kazan, Russia
 Fitsev Igor Mikhaylovich – Ph.D. of Chemical sciences, Head of the department, e-mail: fitzev@mail.ru
 Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia.