

4. Kondratenko E.P. Sort kak faktor povysheniia urozhainosti i kachestva kartofelia v usloviiakh stepnoi zony iuga-vostoka Zapadnoi Sibiri // Dostizheniiia nauki i tekhniki APK. – 2020. – T. 34. – No. 12. – S. 56-60.
5. Galeev R.R. Sovershenstvovanie semenovodstva kartofelia v lesostepi Novosibirskogo Priobia // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – No. 4 (78). – S. 5-9.
6. Murzin A. I. Sravnitelnaia otsenka rannikh sortov kartofelia i srednespelogo sorta Zlatka i puti povysheniia effektivnosti ikh semenovodstva v lesostepi Priobia // Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet). – 2023. – No. 3. – S. 74-81.
7. Chernova V.Iu. Rol inostrannykh kompanii pishchevoi promyshlennosti v stabilizatsii sotsialno-ekonomiceskogo krizisa v period pandemii COVID-19 // Zhurnal prikladnykh issledovanii. – 2021. – T. 2. – No. 4. – S. 52-58.
8. Metodicheskie ukazaniia po podderzhaniu i izucheniiu mirovoi kollektii kartofelia, Sankt-Peterburg: GNU GNTs RF VIR, 2010. – 32 s.
9. Metodicheskoe polozhenie (rukovodstvo) po otsenke produktivnosti i stolovykh kachestv kartofelia. A.E. Shabanov, B.V. Anisimov, A.I. Kiselev i dr. – Moskva, 2015. – 20 s.
10. Ermakov A.I., Arasimovich V.V. i dr. Metody biokhimicheskogo issledovaniia rastenii. – Leningrad: Agropromizdat, 1987. – 143 s.
11. Metodicheskie ukazaniia po otsenke sortov kartofelia na prigodnost k pererabotke i khraneniiu. – Moskva, 2008. – 39 s.
12. Zhivotkov, L.A. Metodika vyavleniya potentsialnoi produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnykh form ozimoi pshenitsy po pokazateliu «urozhainost» / L.A. Zhivotkov, Z.A. Zamotaeva, L.M. Sekatueva // Seleksiia i semenovodstvo. – 1994. – No. 2. – S. 3-6.
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii) / 5 izd., dop. i pererab. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 352 s.



УДК 547.7:574.7:582.9
DOI: 10.53083/1996-4277-2025-246-4-17-22

Е.Б. Ларионова, Г.Е. Садыканова
E.B. Larionova, G.E. Sadykanova

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ГУБОЦВЕТНЫЕ

DETERMINATION OF PHENOLIC COMPOUND TOTAL CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PLANT EXTRACTS OF THE LAMIACEAE FAMILY

Ключевые слова: фенольные соединения, антиоксидантная активность, мята, мелисса, базилик, метод Фолина-Чокальтеу, DPPH, свободные радикалы, спектрофотометрия, природные антиоксиданты, лекарственные растения.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant activity, mint, lemon balm, basil, Folin-Ciocalteu method, DPPH radical, free radicals, spectrophotometry, natural antioxidants, medicinal plants.

Проведено исследование содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности экстрактов растений мяты (*Mentha longifolia*), мелиссы (*Melissa officinalis*) и базилика (*Ocimum basilicum*), выращенных на территории Национальной научной лаборатории колективного пользования Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, в условиях резко континентального климата, с чередованием искусственных стрессовых ситуаций (повышение температуры, обильный полив, дефицит влаги). Определены количественные показатели фенольных соединений методом Фолина-Чокальтеу, антиоксидантная активность экстрактов устанавливалась по способности антиоксидантов нейтрализовать стабильный радикал DPPH. Анализ выполнен на спектрофотометре BOYN BNUV-D830 AC220V/50Hz. Для каждой исследуемой культуры построены калибровочные кривые на основе стандартного раствора галловой кислоты. Установлена корреляционная зависимость между концентрацией фенольных соединений и антиоксидантной активностью экстрактов. В ходе исследования выяснилось, что изученные растения обладают выраженным антиоксидантными свойствами. Экстракты мяты (*Mentha longifolia*), мелиссы (*Melissa officinalis*) и базилика (*Ocimum basilicum*) продемонстрировали высокую активность по нейтрализации свободных радикалов, что подтверждает их потенциал в качестве природных антиоксидантов. При этом каждый из экстрактов имел свои особенности по уровню антиоксидантной активности и концентрации фенольных веществ. Полученные данные могут быть использованы для разработки функциональных пищевых продуктов, фитопрепаратов и косметических средств, ориентированных на профилактику заболеваний, связанных с окислительным стрессом, а также для улучшения качества жизни. Исследования открывают перспективы использования этих растений в народной медицине и фитотерапии, а также в промышленном производстве экологически чистых антиоксидантных добавок, что подтверждает необходимость дальнейших исследований.

Ларионова Екатерина Борисовна, науч. сотр., Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: katya.larionova.132@gmail.com.

Садыканова Гульназ Есимбековна, к.б.н., ассоц. профессор, Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru

Введение

Природные антиоксиданты, содержащиеся в растениях, играют важную роль в поддержании здоровья человека, снижая оксидативный стресс и предотвращая развитие ряда заболеваний [1]. В данной работе исследованы экстракты мяты (*Mentha longifolia*), мелиссы (*Melissa officinalis*) и базилика (*Ocimum*

ний для оптимизации методов экстракции и оценки биологической активности других растений.

The research was conducted on the content of phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of mint (*Mentha longifolia*), melissa (*Melissa officinalis*) and basil (*Ocimum basilicum*) plants grown on the territory of the National Scientific Laboratory for Collective Use of Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University in a sharply continental climate with alternating artificial stressful situations (temperature rise, abundant watering, and lack of moisture). The quantitative indices of phenolic compounds were determined by the Folin-Chocalteu method, the antioxidant activity of extracts was determined by the ability of antioxidants to neutralize the stable radical DPPH. The analysis was performed on a BOYN BNUV-D830 AC220V/50Hz spectrophotometer. Calibration curves based on a standard gallic acid solution were constructed for each plant under study. A correlation was determined between the concentration of phenolic compounds and the antioxidant activity of extracts. It was revealed that the studied plants had pronounced antioxidant properties. The extracts of mint (*Mentha longifolia*), melissa (*Melissa officinalis*) and basil (*Ocimum basilicum*) demonstrated high activity in neutralizing free radicals which confirmed their potential as natural antioxidants. At the same time, each of the extracts had its own characteristics in terms of the level of antioxidant activity and concentration of phenolic substances. The data obtained may be used for the development of functional food products, phytopreparations, and cosmetics focused on the prevention of diseases associated with oxidative stress as well as to improve the quality of life. The research opens up prospects for the use of these plants in folk medicine and phytotherapy, as well as in the commercial production of environmentally friendly antioxidant supplements. The study confirms the need for further research to optimize the methods of extraction and evaluation of the biological activity of other plants.

Larionova Ekaterina Borisovna, Researcher, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: katya.larionova.132@gmail.com.

Sadykanova Gulnaz Esimbekovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru.

basilicum), которые широко используются в пищевой и фармацевтической промышленности. Исследование связано с изучением антиоксидантной активности растений семейства губоцветных (*Lamiaceae*), которые известны своим высоким содержанием фенольных соединений и широким спектром биологической активности. Анализ литературы показывает, что представи-

тели данного семейства (*Mentha longifolia* (Мята длиннолистная), *Melissa officinalis* (Мелисса лекарственная), *Ocimum basilicum* (Базилик обыкновенный), *Thymus vulgaris* (Тимьян обыкновенный), *Salvia rosmarinus* (Розмарин лекарственный) и др.) активно исследуются как источники природных антиоксидантов для применения в медицине, пищевой и косметической промышленности.

Фенольные соединения, такие как флавоноиды, фенолокислоты и танины, играют ключевую роль в антиоксидантной активности. Эти соединения способны нейтрализовать свободные радикалы, ингибировать процессы липидной пероксидации и защищать биомолекулы от окислительного стресса. Антиоксидантная активность напрямую связана с количеством гидроксильных групп в молекулах фенольных соединений [2].

Цель исследований – определить содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность экстрактов мяты (*Mentha longifolia*), мелиссы (*Melissa officinalis*) и базилика (*Ocimum basilicum*), выращенных в условиях Восточно-Казахстанской области, с использованием спектрофотометрических методов.

Задачи:

- 1) провести количественное определение содержания фенольных соединений методом Фолина-Чокальтеу;
- 2) измерить антиоксидантную активность экстрактов методом DPPH;
- 3) выявить корреляцию между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются экстракты мяты (*Mentha longifolia*), мелиссы (*Melissa officinalis*) и базилика (*Ocimum basilicum*).

Методы исследования: определения антиоксидантной активности аналогичным образом с использованием стабильного свободного радикала а, а-дифенил-β-пикрилгидразила или же 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH; C₁₈H₁₂N₅O₆, M = 394.33 проводилось по методу DPPH (разработан Блуа, 1958 г.). Анализ основан на измерении способности антиоксидантов поглощать этот радикал. Нечетный электрон атома азота в DPPH восстанавливается за счет получения атома водорода от антиоксидантов до соответствующего гидразина.

DPPH характеризуется как стабильный свободный радикал благодаря делокализации свободного электрона по всей молекуле, благодаря чему молекулы не димеризуются, как большинство других свободных радикалов. Делокализация также придаёт ему тёмно-фиолетовый цвет с поглощением в растворе этанола при длине волны около 520 нм. При смешивании раствора DPPH с веществом, способным отдавать атом водорода, он переходит в восстановленную форму, теряя фиолетовый цвет (DPPH демонстрирует сильную полосу поглощения при 517 нм из-за своего неспаренного электрона) [6].

Методом Фолина-Чокальтеу определялась реакция фенольных соединений с реагентом Фолина-Чокальтеу, который представляет собой смесь фосфорновольфрамовой и фосфорномолибденовой кислот. В щелочной среде эти соединения восстанавливаются при взаимодействии с фенолами и полифенолами, образуя синие окрашенные комплексы. Концентрация этих комплексов определяется с помощью спектрофотометрического анализа [5].

Реактивы, использованные при исследовании: Галловая кислота (стандарт), этанол, реагент Фолина-Чокальтеу, Na₂CO₃.

Оборудование для исследования: Спектрофотометр BOYN BNUV-D830 AC220V/50Hz, аналитические весы, вихревой смеситель.

Экспериментальная часть

Свободнорадикальная активность экстрактов определялась по способности антиоксидантов нейтрализовать стабильный радикал DPPH. При взаимодействии с антиоксидантом радикал теряет цвет, изменяя свою оптическую плотность. Для эксперимента 3,4 мл раствора DPPH• (6×10⁻⁵ M) добавляли к 100 мкл экстракта растения различных концентраций. Пробы выдерживали в темноте при комнатной температуре в течение 45 мин. Оптическая плотность измерялась на длине волны 517 нм.

Формула расчета процента ингибирования:

$$\% \text{Ингибирования} = \frac{A_{\text{контроль}} - A_{\text{образец}}}{A_{\text{контроль}}} \times 100$$

Общее содержание фенолов определялось методом Фолина-Чокальтеу с использованием галловой кислоты в качестве стандарта [3]. Для проведения анализа 200 мкл раствора галловой кислоты или спиртового экстракта смешивали с

0,8 мл раствора Na_2CO_3 (7,5%) и 1 мл реагента Фолина-Чокальтеу (разбавленного 1:10). После инкубации в течение 90 мин. в темноте при температуре 35°C измеряли оптическую плот-

ность при длине волны 765 нм. Калибровочная кривая строилась в диапазоне концентраций галловой кислоты от 12,5 до 200 мкг/мл (рис.).

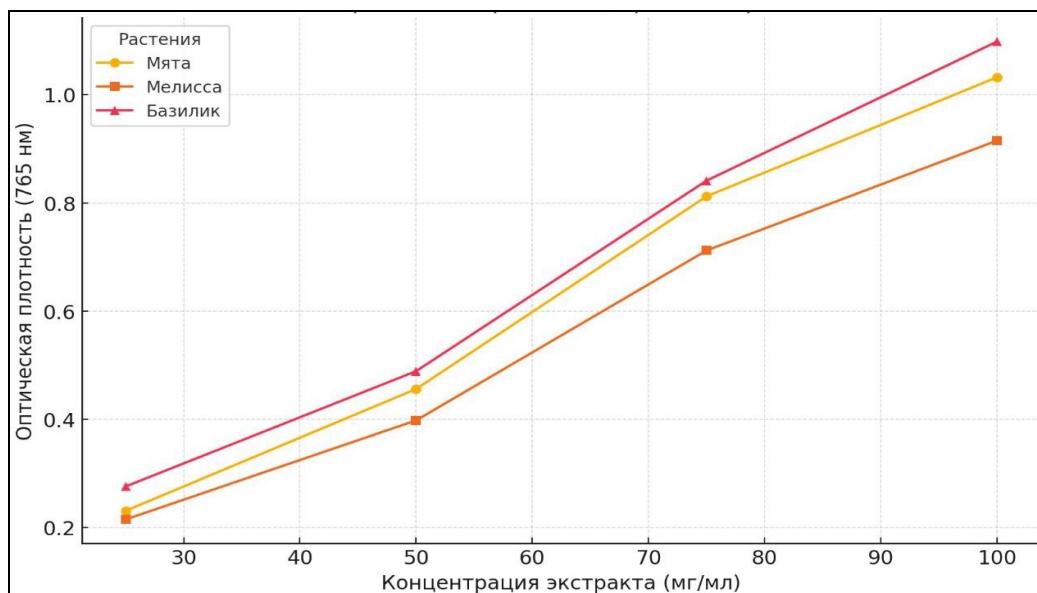


Рис. 1. Содержание фенолов в образцах

Таблица 1

Оптическая плотность галловой кислоты

Концентрация галловой кислоты, мкг/мл	Оптическая плотность (765 нм)
12,5	0,127
25	0,254
50	0,503
100	1,004
200	1,501

Таблица 2

Общие результаты

Растение	Концентрации экстракта, IC_{50} , мкг/мл	Процент ингибирования	Общее содержание фенолов, мг ГАЕ/г
<i>Mentha longifolia</i>	41,25	57,79	80,2
<i>Melissa officinalis</i>	46,75	48,08	70,7
<i>Ocimum basilicum</i>	39,50	52,84	85,4

В таблице 2 приведены итоговые значения общего содержания фенолов по образцам, измеряемым в мг ГАЕ/г (ГАЕ – эквивалент галловой кислоты). Данная единица измерения используется для выражения концентрации фенольных соединений с учетом их эквивалентности по галловой кислоте (ГАЕ). Это означает, что измеряется не абсолютное количество фенолов, а их активность или способность сравниваться с галловой кислотой, которая считается стандартом. Например, если в

экстракте мяты указано 80,2 мг ГАЕ/г, это означает, что экстракт содержит 80,2 мг фенольных соединений, которые эквивалентны галловой кислоте в 1 г вещества.

По результатам исследования (табл. 2) определено значение концентрации экстракта IC_{50} , необходимое для ингибирования 50% свободного радикала DPPH. Чем ниже значение IC_{50} , тем выше антиоксидантная активность. Базилик (*Ocimum basilicum*) показал наилучший результат (39,50 мкг/мл). Процент ингибирова-

ния – процент радикалов, нейтрализованных растительными экстрактами. Мята (*Mentha longifolia*) продемонстрировала максимальный процент ингибиции (57,79%), что показывает ее высокую антиоксидантную активность. Базилик (*Ocimum basilicum*), в свою очередь, содержит максимальное количество фенолов (85,4 мгГАЕ/г), что коррелирует с достаточно высокой антиоксидантной активностью.

Результаты исследования и их обсуждение

Корреляция между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью подтверждает гипотезу о том, что фенолы играют ключевую роль в нейтрализации свободных радикалов. Экстракт *Ocimum basilicum*, обладая наибольшим содержанием фенолов, также показал наилучший IC₅₀, что указывает на высокую эффективность его фенольных соединений в антиоксидантных реакциях. В то же время экстракт *Mentha longifolia* продемонстрировал наибольший процент ингибиции, что может свидетельствовать о наличии в его составе соединений с сильной антиоксидантной активностью, помимо фенолов. Если сравнивать полученные результаты с другими исследованиями, к примеру исследование О.А. Гребенниковой, А.Е. Палий, В.Д. Работягова 2018 г., которое также направлено на изучение *Mentha longifolia* (Республика Крым), показало концентрацию фенолов в экстракте мяты в количестве 3003,3 мг/100 г, что при пересчете на мг/г равно 30,03 [7]. При переводе в одну единицу измерения видим, что в данном исследовании концентрация фенольных соединений в экстракте *Mentha longifolia* в 2,67 раза выше, что указывает на более высокую концентрацию антиоксидантных веществ. Значительная разница в показателях может быть связана с различиями в методах экстракции и различиях в выращивании растений (действие стрессора в данном исследовании). Кроме того, в исследовании ученых из Крыма использовалась водно-спиртовая экстракция, что способствует извлечению не только фенольных, но и летучих соединений, таких как ментон и изоментон. В данном же исследовании экстракция была направлена в первую очередь на фенольные соединения, что могло повлиять на различие показателей концентрации фенолов по сравнению с работой О.А. Гребенниковой и др.

Помимо этого в исследовании Г.Н. Тураевой, К.К. Мирзорахимова, М.Б. Шариповой, Т.Д. Гиесова также были изучены растения семейства Губоцветные (Таджикистан) [4]. В данном исследовании использовался метод DPPH. Полученные результаты в процентах ингибиции DPPH следующие: мята (*Mentha longifolia*) – 57,79%, мелисса (*Melissa officinalis*) – 48,08%, базилик (*Ocimum basilicum*) – 52,84%. В исследовании ученых из Таджикистана были использованы два метода: йодометрический и спектрофотометрический. Йодометрический метод основывается на измерении уменьшения концентрации йода в растворе при реакции с антиоксидантами, а спектрофотометрический метод использует изменение интенсивности поглощения света. Результаты этого исследования: мята полевая – 50,0% (йодометрический метод) и 51,19% (спектрофотометрический метод), мелисса лекарственная – 60,0% (йодометрический метод) и 78,0% (спектрофотометрический метод), базилик фиолетовый – 80,0% (йодометрический метод) и 79,38% (спектрофотометрический метод). При сравнении следует, что в данном исследовании экстракт мяты обладает более высокой антиоксидантной активностью, а экстракти мелиссы и базилика – меньшей, по сравнению с результатами исследования Г.Н. Тураевой, К.К. Мирзорахимова, М.Б., Шариповой Т.Д. Гиесова.

Выводы

1. В результате анализа установлено, что экстракти всех трех растений обладают высоким содержанием фенольных соединений. Наибольшая концентрация фенолов обнаружена в экстракте базилика (*Ocimum basilicum*) – 85,4 мг ГАЕ/г, за которым следуют мята (*Mentha longifolia*) – 80,2 мг ГАЕ/г и мелисса (*Melissa officinalis*) – 70,7 мг ГАЕ/г.

2. Антиоксидантная активность экстрактов была выражена в процентах ингибиции радикала DPPH. Экстракт мяты показал наибольшую активность (57,79%), за ним следуют базилик (52,84%), экстракт мелиссы (48,08%).

Библиографический список

1. Лудан, В. В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма / В. В. Лудан, Л. В. Польская. – Текст: непосредственный // Таврический медико-биологический вестник. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 86-92.

2. Фенольные соединения: свойства, активность, инновации // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник материалов X Международного симпозиума, Москва, 14-19 мая 2018 г. – Москва, 2018. – 625 с.

3. Вершинин, В. И. Определение суммарного содержания фенольных антиоксидантов в модельных смесях по методу Фолина-Чокальтеу и по методу FRAP / В. И. Вершинин, Е. В. Белова. – Текст: непосредственный // Аналитика и контроль. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 314-322.

4. Сравнительная антиоксидантная активность экстрактов растений семейства яснотковых / Г. Н. Тураева, К. К. Мирзорахимов, М. Б. Шарипова, Т. Д. Гиесов. – Текст: непосредственный // Достижения современной биохимии: теоретические и прикладные аспекты: материалы Республиканской конференции. – Душанбе, 2016. – С. 31-33.

5. Методы выделения и анализа флавонOIDов высших растений и исследования их активности в отношении ризобактерий / С. А. Коннова, М. В. Канаевский, З. О. Алиева, Е. П. Шувалова. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2015. – 31 с. – С. 12-15. – Текст: непосредственный.

6. Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412–422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>.

7. Гребенникова, О. А. Биологически активные вещества *Mentha longifolia* L. / О. А. Гребенникова, А. Е. Палий, В. Д. Работягов. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 146. – С. 146-152.



References

1. Ludan V. V. Polskaia L. V. Rol antioksidantov v zhiznedeiatelnosti organizma // Tavricheskii mediko-biologicheskii vestnik. – 2019. – Т. 22. – No. 3. – S. 86-92.

2. Fenolnye soedineniia: svoistva, aktivnost, innovatsii // Sbornik nauchnykh statei po materialam Mezhdunarodnogo simpoziuma «Fenolnye soedineniia: fundamentalnye i prikladnye aspekty». - Moskva: Kollektiv avtorov, 2018. – Т. 1.

3. Vershinin V.I., Belova E.V. Opredelenie summarnogo soderzhaniia fenolnykh antioksidantov v modelnykh smesiakh po metodu Folina-Chokalteu i po metodu FRAP // Analitika i kontrol. – 2019. – Т. 23. No. 3.

4. Turaeva G.N., Mirzorakhimov K.K., Sharipova M.B., Giesov T.D. Sravnitelnaia antioksidantnaia aktivnost ekstraktov rastenii seimstva iasnotkovykh // Materialy Respublikanskoi konferentsii «Dostizheniya sovremennoi biokhimii: Teoreticheskie i prikladnye aspekty». – Dushanbe, 2016. – S. 31-33.

5. Konnova S.A., Kanaevskii M.V., Alieva Z.O., Shuvalova E.P. Metody vydelenii i analiza flavonoidov vysshikh rastenii i issledovaniia ikh aktivnosti v otnoshenii rizobakterii. – Izd-vo Sarat. un-ta, 2015. – S. 12-15.

6. Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412–422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>.

7. Grebennikova O.A., Palii A.E., Rabotיאgov V.D. Biologicheski aktivnye veshchestva *Mentha longifolia* L // 7997. Sbornik nauchnykh trudov GNBS. – 2018. – Т. 146.

УДК 631.436.3(571.15)
DOI: 10.53083/1996-4277-2025-246-4-22-28

**С.В. Макарычев, Т.В. Тихонова
S.V. Makarychev, T.V. Tikhonova**

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗЕ ИРИСОВ

MOISTURE CONTENT AND THERMAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SANDY LOAM SOIL IN IRIS AGROCENOSIS

Ключевые слова: серая лесная почва, влажность, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность.

Keywords: gray forest soil, moisture content, thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity.