

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**Степанов Євгеній Вікторович**

УДК 57:[582.998.1+582.684.1]:615.32]:  
678.746.4:624.131(477.51)(043.5)

**ДИСЕРТАЦІЯ  
ВМІСТ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ЗАЛЕЖНО  
ВІД ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ**

Спеціальність 091 - Біологія  
Галузь знань 09 - Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і  
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

---

Степанов Євгеній Вікторович

Науковий керівник: **Пасічник Сергій Валентинович**, кандидат біологічних наук,  
доцент.

## АНОТАЦІЯ

*Степанов Є. В.* Вміст флавоноїдів у лікарській рослинній сировині залежно від елементного складу ґрунтів та технології заготівлі. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 - Біологія. - Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, 2024.

Багато видів рослин, що використовуються як лікарська сировина у фармації та народній медицині мають у своєму складі флавоноїди. Препарати що містять флавоноїди широко використовуються для лікування різноманітних хвороб і станів людини. Самі флавоноїди - похідні фенольних сполук мають широкий вплив на організм людини. Їх вагомий лікувальний ефект зарекомендував себе у терапії для лікування серцево-судинних, шлунково-кишкових, нервових захворюваннях та низки інших симптомів і синдромів. Дослідження флавоноїдів привернули значну увагу через потенційну користь для здоров'я. Флавоноїди - це різноманітна група поліфенольних сполук, які містяться в різних фруктах, овочах, чаї, червоному вині та інших продуктах рослинного походження. Вони створюють яскраві кольори багатьох фруктів і квітів.

Слід зазначити, що вміст флавоноїдів залежить від багатьох факторів навколишнього середовища, кліматичних умов, елементного складу ґрунту, кількості сонячного світла, вологості тощо.

Нами були обрані наступні види рослин які містять велику кількість флавоноїдів: звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий. Оскільки дані види рослин є фармакопейними рослинами вони широко використовуються як у народній медицині, так і в фармації. Вони мають у собі достатні концентрації флавоноїдів для використання їх у медичних цілях. Як в народній медицині так і в професійній заготівельній практиці важливо правильно збирати та заготовляти лікарську рослинну сировину. Якщо при зборі лікарської рослинної сировини (ЛРС) на фабричному виробництві використовувалися ГОСТи та стандарти державної фармакопеї України, то у народній медицині часто збір та заготівля ЛРС

відбувається без дотримання всіх належних норм. Зібрані не у відповідний час цвітіння, на ґрунтах із малим вмістом поживних сполук, у зонах із значним рівнем антропогенного навантаження, а також, неправильно висушені рослини мають дуже значне зменшення концентрації флавоноїдів, що у свою чергу зображається на лікувальному ефекті цих рослин.

Вплив навколишнього середовища на біорізноманіття завжди був важливим елементом досліджень усіх науковців по всьому світу. А вплив факторів, які у першу чергу змінюють продукцію біологічно активних речовин у рослинах, що використовуються у медицині, взагалі є першочерговим у пріоритетності, адже від цього може залежати здоров'я людського організму. Тому залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від часу цвітіння (початку цвітіння рослин, піку цвітіння та кінця цвітіння), від різного рівня антропогенного навантаження, від впливу сонячного світла при різних умовах висушування, від елементного складу ґрунту обумовило актуальність наших досліджень.

У дисертаційній роботі було виявлено залежність вмісту флавоноїдів у таких рослинах як звіробій продірявлений, пижмо звичайне, цмин пісковий від часу збору (на початку цвітіння рослин, у піку цвітіння та кінці цвітіння), найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння у кожній із досліджуваних рослин, а наприкінці цвітіння вміст флавоноїдів у лікарській сировині зменшується (у звіробоя на - 11,5%, у цмині на - 3,6%, у пижма на - 7% в порівнянні з піком цвітіння відповідно).

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного навантаження. Було встановлено, що у рослинній сировині, яка збиралася на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження, спостерігалось значне зменшення вмісту флавоноїдів (у звіробоя на - 8,5%, у цмині на - 4,9%, у пижма на - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним рівнем антропогенного впливу).

Було встановлено, що рослинна сировина, яка висушувалася на сонці мала найбільші, серед усіх показників, зміни (зменшення) вмісту флавоноїдів (у звіробоя - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижма - 26,8% у порівнянні із висушуванням у затінку).

Встановлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмина піскового від елементного складу ґрунту, а саме виявлено достовірну залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Проведено аналіз отриманих результатів, щодо залежності вмісту флавоноїдів у таких рослинах як звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий від вмісту досліджуваних елементів в ґрунті із досліджуваних ділянок де проводився збір даних рослин.

Виявлено залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Показано, що бор, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів у звіробії. Меншою мірою вміст флавоноїдів залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, а тому встановити достовірну залежність неможливо. Є припущення що цинк не впливає на вміст флавоноїдів у звіробії продірявленому.

Дослідження рослинної сировини пижма звичайного виявило залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Показано, що бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як при дослідженні залежності вмісту флавоноїдів від кобальту у звіробії продірявленому різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6, де збиралося пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробоем продірявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма

звичайного. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, але відрізняється від показників звіробою. Втім встановити достовірну залежність все ще неможливо. Можливо, що даний вміст цинку не має впливу на вміст флавоноїдів у лікарських рослин.

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмина піскового від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Встановлено, що бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів у рослинній сировині цмина піскового, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Залежність вмісту флавоноїдів у цмина піскового у комплексі із іншими елементами є вираженою та достовірною у той час як у звіробою та пижма ми мали незрозумілий ефект. Цинк інгібує продукцію флавоноїдів відповідно до збільшення його вмісту у досліджуваних зразках ґрунту. Вміст кобальту має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Це дає підстави вважати, що вміст флавоноїдів у цмина піскового і звіробою продірявленого меншою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану у досліджуваних ділянках, як і у випадку із звіробоєм продірявленим та пижмою звичайною, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового.

**Ключові слова:** флавоноїди, біологічно активні речовини, органічні речовини, лікарська рослинна сировина, багаторічні трави, медико-біологічні дослідження, антропогенне навантаження та ерозія ґрунту, елементний і якісний склад ґрунту та їх класифікація, концентраційний фактор, бор, кобальт, купрум, натрій, магній, манган, фосфор, молібден, цинк.

## ABSTRACT

*Stepanov E. V.* The content of flavonoids in medicinal plant raw materials depending on the elemental composition of soils and harvesting technology. - Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in specialty 091 - Biology. - Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, 2024.

Many types of plants used as medicinal raw materials in pharmacy and folk medicine contain flavonoids. Medicines containing flavonoids are widely used for the treatment of various human diseases and conditions. Flavonoids themselves - derivatives of phenolic compounds have a wide influence on the human body. Their significant therapeutic effect has proven itself in therapy for the treatment of cardiovascular, gastrointestinal, nervous diseases and a number of other symptoms and syndromes. Research on flavonoids has attracted considerable attention due to their potential health benefits. Flavonoids are a diverse group of polyphenolic compounds found in various fruits, vegetables, tea, red wine, and other plant-based products. They create the bright colors of many fruits and flowers.

It should be noted that the concentration of flavonoids depends on many environmental factors, climatic conditions, the elemental composition of the soil, the amount of sunlight, humidity, etc.

We have chosen the following types of plants that contain a large amount of flavonoids: St. John's wort, common tansy, and sand cumin. Since these types of plants are pharmacopoeial plants, they are widely used both in traditional medicine and in pharmacy. They contain sufficient concentrations of flavonoids to use them for medical purposes. Both in folk medicine and in professional harvesting practice, it is important to correctly collect and harvest medicinal plant raw materials. If GOSTs and standards of the state pharmacopoeia of Ukraine were used during the collection of medicinal plant raw materials (MPRM) in factory production, then in folk medicine, the collection and preparation of MPRM often takes place without observing all the appropriate norms. Harvested at the wrong time of flowering, on soils with a low content of nutrient compounds, in areas with a significant level of anthropogenic load, as well as improperly

dried plants have a very significant decrease in the concentration of flavonoids, which in turn is reflected in the medicinal effect of these plants.

The impact of the environment on biodiversity has always been an important element of research by all scientists around the world. And the influence of factors that primarily change the production of biologically active substances in plants used in medicine is generally the first in priority, because the health of the human body can depend on it. Therefore, the dependence of the concentration of flavonoids in medicinal plant raw materials on the time of flowering (the beginning of flowering of plants, the peak of flowering and the end of flowering), on different levels of anthropogenic load, on the influence of sunlight under different drying conditions, and on the elemental composition of the soil determined the relevance of our research.

In the dissertation work, the dependence of the concentration of flavonoids in such plants as St. John's wort, common tansy, and sand cumin on the time of collection (at the beginning of flowering of plants, at the peak of flowering and at the end of flowering) was found, the highest concentration of flavonoids occurs at the peak of flowering in each of the studied plants, and at the end of flowering, the concentration of flavonoids in medicinal raw materials decreases (in St. John's wort by - 11,5%, in sand cumin by - 3,6%, in tansy by - 7% compared to the peak of flowering, respectively).

The dependence of the concentration of flavonoids in plant material on different levels of anthropogenic load was revealed. It was established that in the plant material that was collected in the areas with a high level of anthropogenic load, a significant decrease in the concentration of flavonoids was observed (in St. John's wort by - 8,5%, in sand cumin by - 4,9%, in tansy by - 21,4% compared to areas with a minimal level of anthropogenic influence).

It was established that the plant raw materials dried in the sun had the largest changes (decrease) in the concentration of flavonoids among all indicators (in St. John's wort - 18,3%, in cumin - 11,7%, in tansy - 26,8% in comparison with drying in the shade).

The dependence of the concentration of flavonoids in St. John's wort, common tansy, and sand cumin on the elemental composition of the soil was established, namely, a reliable dependence of the concentration of flavonoids on boron, cobalt, copper,

magnesium, manganese, molybdenum, and zinc was found. An analysis of the obtained results was carried out regarding the dependence of the concentration of flavonoids in such plants as St. John's wort, common tansy, and sand cumin on the content of the studied elements in the soil from the content of the studied elements in the soil from the studied areas where the collection of plant data was carried out.

The dependence of the concentration of flavonoids in St. John's wort on boron, cobalt, copper, magnesium, manganese, molybdenum and zinc was revealed. It has been shown that boron, magnesium, molybdenum and cobalt in a complex with other elements inhibit the production of flavonoids in St. John's wort. To a lesser extent, the concentration of flavonoids depends on cobalt, so there are no significant differences between collection sites 2 and 3 (0,11 mc/kg, respectively). Manganese in a complex with other elements activates the production of flavonoids and does not cause a toxic effect. It should be noted that zinc has an unstable trend, and therefore it is impossible to establish a reliable dependence. There is an assumption that zinc does not affect the concentration of flavonoids in St. John's wort.

The study of common tansy revealed the dependence of the concentration of flavonoids on boron, cobalt, copper, magnesium, manganese, molybdenum and zinc. It was shown that boron, copper, cobalt and molybdenum, in a complex with other investigated elements, inhibit the production of flavonoids in common tansy, while manganese activates the production of flavonoids. A significant difference is cobalt, while in St. John's wort there was no difference between 2 and 3 collection sites, in common tansy there is a decrease in the concentration of cobalt from 0,18 mc/kg to 0,05 mc/kg. This means that the concentration of flavonoids in common tansy largely depends on the concentration of cobalt in a complex with other studied elements. The concentration of manganese, as in the case of St. John's wort, in a complex with other elements, increases in accordance with the increase in the concentration of flavonoids in the plant material of common tansy. It should be noted that zinc has an unstable trend, but differs from St. John's wort indicators. However, it is still impossible to establish a reliable dependence. It is possible that these zinc concentrations have no effect on the concentration of flavonoids in medicinal plants.



The dependence of the concentration of flavonoids in sand cumin on boron, cobalt, copper, magnesium, manganese, molybdenum and zinc was revealed. It was established that boron, copper, magnesium, cobalt, zinc and molybdenum, in a complex with other studied elements, inhibit the production of flavonoids in sand cumin, while manganese activates the production of flavonoids. The dependence of the concentration of flavonoids in cumin in a complex with other elements is pronounced and reliable, while in St. John's wort and tansy we had an inexplicable effect. Zinc inhibits the production of flavonoids according to the increase in its concentration in the studied soil samples. The concentration of cobalt, as in the case of St. John's wort, has slight differences between the 2 and 3 collection sites, namely 0,05 mc/kg and 0,04 mc/kg. This gives reason to believe that the concentration of flavonoids in sand cumin and St. John's wort depends to a lesser extent on the concentration of cobalt in a complex with other studied elements. The concentration of manganese, as in the case of St. John's wort and common tansy, in a complex with other elements, increases in accordance with the increase in the concentration of flavonoids in the plant material of the sand cumin.

**Key words:** flavonoids, biologically active compounds, organic compounds, medicinal algae syrup, rich herbs, biomedical research, anthropogenic influence and soil erosion, elemental and acid storage of soil their classification, concentration factor, boron, cobalt, cuprum, sodium, magnesium, manganese , phosphorus, molybdenum, zinc.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### **Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив факторів часу, місця збирання та технології заготівлі на концентрацію флавоноїдів у лікарській рослинній сировині. Фітотерапія. Часопис. 2022. вип. 1. С. 68-71. DOI: 10.33617/2522-9680-2022-1-68. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

2. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз впливу деяких мікроелементів ґрунту на концентрацію флавоноїду рутину у звіробої звичайному (*Hypericum perforatum* Linneus, 1753). Екологічні науки. 2023. вип. 4(49). С. 226-231. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.есо.4-49.30>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

3. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз впливу деяких мікроелементів ґрунту на концентрацію флавоноїду рутину в пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* Linneus, 1753). Фітотерапія. Часопис. 2023. вип. 2. С. 65-78. DOI: 10.32782/2522-9680-2023-2-71 ; 10.32782/2522-9680-2023-2-67. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

### **Наукові праці які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

4. Степанов Є. В. Аналіз вмісту біологічно активних речовин в деяких лікарських рослинах в залежності від місця, часу збору та технології заготівлі //Актуальні питання біологічної науки: Збірник статей - Ніжин 2021 р., с. 144 - 148.

5. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз вмісту біологічно активних речовин в деяких лікарських рослинах в залежності від місця, часу збору та технології заготівлі // збірник статей I Всеукраїнських науково-практичних читань пам'яті професора І.І.Гордієнка. - Ніжин 2021р., с. 105 - 108.

6. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз флавоноїдів у деяких лікарських рослинах в залежності від екологічної зони збору // збірник статей VIII Міжнародної заочної науково-практичної конференції. - Ніжин 2022р., с. 145 - 147.

7. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив факторів навколишнього середовища на концентрацію флавоноїду рутину на прикладі звіробоя звичайного *Hypericum*

*Perforatum* L // збірник статей III Міжнародної науково-практичної конференції до 100-річчя факультету природничих наук. - Миргород 2022 р., с. 78 - 79.

8. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив факторів навколишнього середовища на концентрацію флавоноїду рутину у лікарській рослинній сировині // збірник статей наукового конгресу з міжнародною участю, залученням молодих вчених, студентів «Синтез теорії і практики у навчально-методичному і клінічному забезпеченні здорового способу життя» - Київ 2022р., с. 91 - 92.

9. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив факторів навколишнього середовища на концентрацію флавоноїду рутину у лікарській рослинній сировині // збірник статей V Міжнародної науково-практичної internet-конференції «Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин» - Харків 2022 р., с. 110 - 111.

10. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Дослідження впливу мікроелементів ґрунту на концентрацію флавоноїдів у лікарській рослинній сировині. Актуальні питання біології та медицини // збірник наукових праць за матеріалами XIX Всеукраїнської наукової конференції. - Лубни 2023р., с. 40-43.

11. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз залежності концентрації флавоноїдів лікарської рослинної сировини від деяких мікроелементів ґрунту // збірник статей IX Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» - Ніжин 2023 р., с. 118-121.

12. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Дослідження залежності концентрації флавоноїду рутину лікарської рослинної сировини від деяких мікрохімічних елементів ґрунту// Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: Проблеми та перспективи розвитку» - Переяслав 2023 р., с. 3-5.

13. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив бору на концентрацію флавоноїдів у деякій лікарській рослинній сировині // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» - Переяслав, 2023р., с. 16-20.

14. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив мангану (Mn) на концентрацію флавоноїдів у деякій лікарській рослинній сировині // Матеріали XI Міжнародної

науково-практичної конференції «Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій» - Полтава, 2023р., с. 90-92.

15. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив купруму (CU) на концентрацію флавоноїдів у *Helichrysum arenarium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Hypericum perforatum* L. // Матеріали IV Міжнародної Науково-практичної конференції «Природничі науки: проекти, дослідження, перспективи» - Переяслав, 2023., с. 116-119.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	15
ВСТУП.....	16
Список використаних джерел до вступу.....	23
РОЗДІЛ 1. БІОХІМІЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗБИРАННЯ, ВИСУШУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЯКА МІСТИТЬ ФЛАВОНОЇДИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	25
1.1. Фітотерапевтична характеристика лікарської рослинної сировини що містить флавоноїди.....	25
1.2. Характеристика та вплив флавоноїдів на організм людини.....	33
1.3. Роль та вплив збирання, висушування, зберігання лікарської рослинної сировини на концентрацію флавоноїдів.....	39
1.4. Властивості та вплив елементного складу ґрунту на концентрацію флавоноїдів у лікарській рослинній сировині.....	50
Висновки до розділу 1.....	60
Список використаних джерел до розділу 1.....	60
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	70
2.1. Матеріали та умови проведення дослідження.....	71
2.2. Методики проведення дослідження.....	76
2.3. Статистична обробка даних отриманих результатів.....	82
Список використаних джерел до розділу 2.....	83
РОЗДІЛ 3. ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ВІД ЧАСУ ЦВІТІННЯ, АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВПЛИВУ СОНЯЧНОГО СВІТЛА.....	85
3.1. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від часу цвітіння рослин (початку цвітіння, піку цвітіння та кінця цвітіння).....	85
3.2. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від місця збирання, а саме ділянок із різним ступенем антропогенного навантаження.....	87

3.3. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від висушування за різних умов впливу сонячного світла (під прямими сонячними променями та в затінку).....	90
Висновки до розділу 3.....	92
Список використаних джерел до розділу 3.....	93
РОЗДІЛ 4. ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ВІД ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ.....	95
4.1. Залежність вмісту флавоноїдів у звіробії продірявленому ( <i>Hypericum perforatum</i> L.) від елементного складу ґрунту.....	96
4.2. Залежність вмісту флавоноїдів у пижмі звичайній ( <i>Tanacetum vulgare</i> L.) від елементного складу ґрунту.....	99
4.3. Залежність вмісту флавоноїдів у цмині піщовому ( <i>Helichrysum arenarium</i> L.) від елементного складу ґрунту.....	103
Висновки до розділу 4.....	107
Список використаних джерел до розділу 4.....	108
РОЗДІЛ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	111
Список використаних джерел до розділу 5.....	115
РОЗДІЛ 6. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	116
ВИСНОВКИ.....	120
ДОДАТКИ.....	122

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР - біологічно активні речовини

ЛРС - лікарська рослинна сировина

АФК - активні форми кисню

ЛОС - леткі органічні сполуки

СО - чадний газ

AlCl<sub>3</sub> - хлорид алюмінію (хлористий алюміній)

УФ - ультрафіолетове випромінювання

В - бор

Zn - цинк

Mn - манган

Cu - купрум (мідь)

Mo - молібден

Co - кобальт

Mg - магній

Fe - ферум (залізо)

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Багато видів рослин, що використовуються як лікарська сировина у фармації та народній медицині мають у своєму складі флавоноїди. Препарати що містять флавоноїди широко використовуються для лікування різноманітних хвороб і станів людини. Самі флавоноїди - похідні фенольних сполук мають широкий вплив на організм людини. Їх вагомий лікувальний ефект зарекомендував себе у терапії для лікування серцево-судинних, шлунково-кишкових, нервових захворюваннях та низки інших симптомів і синдромів. Найвідоміші у фітотерапії флавоноїди: рутин, гесперидин, гіперозид, кверцетин [1].

Дослідження флавоноїдів привернули значну увагу через потенційну користь для здоров'я. Флавоноїди - це різноманітна група поліфенольних сполук, які містяться в різних фруктах, овочах, чаї, червоному вині та інших продуктах рослинного походження. Вони створюють яскраві кольори багатьох фруктів і квітів [2].

Сучасні дослідження флавоноїдів проводяться за такими напрямками:

- Дослідження антиоксидантних властивостей: флавоноїди відомі своїми сильними антиоксидантними властивостями. Антиоксиданти допомагають нейтралізувати вільні радикали в організмі, які є молекулами, що можуть викликати пошкодження клітин і сприяти старінню та різноманітним захворюванням, включаючи онкологічні процеси і серцево-судинні захворювання.

- Дослідження протизапальних властивостей: було встановлено, що флавоноїди виявляють активну протизапальну дію. Хронічні запальні процеси пов'язані із низкою різних захворювань, таких як артрит, серцево-судинні захворювання та нейродегенеративні розлади. Протизапальні властивості флавоноїдів роблять їх предметом інтересу для запобігання або лікування цих станів.

- Дослідження кардіопротекторних властивостей: новітні дослідження показують, що флавоноїди, які містяться в червоному вині та темному шоколаді, можуть укріплювати серцево-судинну систему. Вони допомагають знизити артеріальний



тиск, знижують рівень холестерину та покращують загальний стан серцево-судинної системи.

- Дослідження нейропротекторних властивостей: активно досліджуються потенційна нейрозахисна дія флавоноїдів. Деякі дослідження показують, що вони можуть допомогти захистити мозок від окисного стресу, запалення та нейродегенеративних захворювань, таких як хвороба Альцгеймера та Паркінсона.

- Дослідження антиканцерогенних та імуномодуючих властивостей: певні флавоноїди продемонстрували протиракові властивості в лабораторних дослідженнях. Вони можуть перешкоджати розвитку та прогресуванню ракових клітин, пригнічувати ангіогенез (утворення нових кровоносних судин, які підтримують ріст пухлини) та індукувати апоптоз (запрограмовану клітинну смерть) ракових клітин. Флавоноїди пов'язують із покращенням обміну речовин. Вони можуть допомогти регулювати рівень цукру в крові, підвищити чутливість до інсуліну та знизити ризик діабету 2 типу. Деякі флавоноїди виявляють імуномодуючу дію, впливаючи на активність імунної системи. Це робить їх потенційно цінними для підтримки захисних механізмів організму від інфекцій і хвороб [3-6].

Флавоноїди відіграють важливу роль у захисних механізмах рослин, захищаючи їх від патогенів і шкідників. Розуміння даних сполук може мати наслідки для рослинництва та сталого сільського господарства [4].

Слід зазначити, що вміст флавоноїдів залежить від багатьох факторів навколишнього середовища, кліматичних умов, елементного складу ґрунту, кількості сонячного світла, вологості тощо.

Нами були обрані наступні види рослин які містять велику кількість флавоноїдів: звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий. Оскільки дані види рослин є фармакопейними рослинами вони широко використовуються як у народній медицині, так і в фармації. Вони мають у собі достатній вміст флавоноїдів для використання їх у медичних цілях. Як в народній медицині так і в професійній заготівельній практиці важливо правильно збирати та заготовляти лікарську рослинну сировину. Якщо при зборі лікарської рослинної сировини (ЛРС) на

фабричному виробництві використовувалися ГОСТи та стандарти державної фармакопеї України, то у народній медицині часто збір та заготівля ЛРС відбувається без дотримання всіх належних норм. Зібрані не у відповідний час цвітіння, на ґрунтах із малим вмістом поживних сполук, у зонах із значним рівнем антропогенного навантаження, а також, неправильно висушені рослини мають дуже значне зменшення вмісту флавоноїдів, що у свою чергу зображається на лікувальному ефекті цих рослин.

Вплив навколишнього середовища на біорізноманіття завжди був важливим елементом досліджень усіх науковців по всьому світу. А вплив факторів, які у першу чергу змінюють продукцію біологічно активних речовин у рослинах, що використовуються у медицині, взагалі є першочерговим у пріоритетності, адже від цього може залежати здоров'я людського організму. Тому залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від часу цвітіння (початку цвітіння рослин піку цвітіння та кінця цвітіння), від різного рівня антропогенного навантаження, від впливу сонячного світла при різних умовах висушування, від елементного складу ґрунту обумовило актуальність наших досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження було виконане у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя у рамках комплексної науково-дослідної теми кафедри біології "Особливості накопичення біологічно активних речовин в деяких лікарських рослинах Чернігівської області", номер 0122U001756. Автор був співвиконавцем даної теми протягом 2020-2024 рр.

**Об'єкт дослідження** - рослини звіробою продірявленого (*Hypericum perforatum* L.), пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* L.), цмину піскового (*Helichrysum arenarium* L.).

**Предмет дослідження** - кількісні та якісні біохімічні показники вмісту флавоноїдів у лікарській сировині, що досліджувалася.

**Мета дослідження** – дослідити залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від часу цвітіння; від різного ступеня антропогенного навантаження; від впливу сонячного світла; від елементного складу ґрунтів де проростали рослини.

**Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:**

- Дослідити залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від часу збору (на початку цвітіння рослин, у піку цвітіння та кінці цвітіння).

- Визначити залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного навантаження.

- Дослідити залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від впливу сонячного світла при різних умовах висушування.

- Дослідити залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від елементного складу ґрунту.

**Методи дослідження.** Теоретичні методи (аналіз та систематизація наукових літературних джерел з досліджуваної теми), методи макроскопічного аналізу рослинної сировини, біохімічні методи (визначення вмісту флавоноїдів, визначення елементного складу ґрунту), спектро-фотометричні методи, методи статистичної обробки даних дослідження.

**Наукова новизна.** Нами в дослідженні було виявлено залежність вмісту флавоноїдів від часу збору (на початку цвітіння рослин, у піку цвітіння та кінці цвітіння), найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння у кожній із досліджуваних рослин (звіробій продірявлений, пижмо звичайне, цмин пісковий), а на при кінці цвітіння вміст флавоноїдів у лікарській сировині зменшується (у звіробоя на - 11,5%, у цмині на - 3,6%, у пижма на - 7% в порівнянні з піком цвітіння відповідно).

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного навантаження. Було встановлено, що у рослинній сировині, яка збиралася на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження, спостерігалось значне зменшення вмісту флавоноїдів (у звіробоя на - 8,5%, у цмині на - 4,9%, у пижма на - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом).

Було встановлено, що рослинна сировина, яка висушувалася на сонці мала найбільші, серед усіх показників, зміни (зменшення) вмісту флавоноїдів (у звіробоя - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижма - 26,8% у порівнянні із висушуванням у затінку).

Встановлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмину піскового від елементного складу ґрунту, а саме виявлено достовірну залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Так ми встановили, що бор, купрум магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого. Меншою мірою вміст флавоноїдів залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту у звіробої. У рослинній сировині пижма звичайного бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як при дослідженні елементного складу ґрунту де збирався звіробій продірявлений різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6, де збиралося пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05 мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у пижма звичайного більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробоем продірявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного. У рослинній сировині цмина піскового бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Вміст кобальту має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Вміст мангану як і у випадку із звіробоем продірявленим та пижмою звичайною, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів.

**Практичне значення.** У ході дослідження ми встановили, що найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння рослини, що і зумовлює важливість збирання саме у такий період. Наші дослідження встановили, що на початку цвітіння рослини, коли бутони ще тільки починають розкриватися, вміст флавоноїдів становив всього на 2-3% менше, що дає підстави до збирання звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмину піскового на початку їх цвітіння.

При дослідженні залежності вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від антропогенного впливу виявилися значні зміни, а саме зменшення (у звіробоя - 8,5%, у цмині - 4,9%, у пижма - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом). В умовах антропогенного впливу на біогеоциноз, де ростуть лікарські рослини, збирання лікарської сировини є не доцільним у зв'язку зі значним зменшенням вмісту флавоноїдів.

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від впливу сонячного світла при різних умовах висушування, ми виявили значні зміни, а саме зменшення, під час висушування на сонці (у звіробоя - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижма - 26,8% по відношенню до висушування у затінку). Аналіз наших результатів виявив, що висушування під прямими сонячними променями негативно впливає на вміст флавоноїдів, особливо у пижма звичайного, де зменшення вмісту флавоноїдів порівняно із затінком, складає найбільші 26,8%. Висушування під прямими сонячними променями даних видів має пагубний характер і не рекомендується.

Дослідивши та проаналізувавши залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмина піскового від елементного складу ґрунту ми встановили пряму залежність від таких елементів як бор, кобальт, купрум, магній, манган, молібден та цинк. Так, у рослинній сировині звіробоя продірявленого бор, купрум, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів. У рослинній сировині пижма звичайного бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів. У рослинній сировині цмина піскового бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів.

Манган, у комплексі із іншими елементами, активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту у кожній досліджуваній ЛРС. Ми підтвердили, що вміст флавоноїдів у досліджуваних рослинах залежить від досліджуваних елементів, тому є можливість використовувати такі елементи як манган для вирощування флавоноїдвмісних рослин на промислових угіддях, інші (бор, купрум, кобальт, молібден, магній, цинк) залучати при вирощуванні флавоноїдвмісних рослин не рекомендується.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені у навчальний процес при викладанні навчальних курсів “Фізіологія та біохімія рослин”, “Біоорганічна хімія” на кафедрі біології у національному університеті “Києво-Могилянська академія”; при викладанні навчальних курсів “Агрохімія” та “Фізіологія рослин з основами біохімії” для підготовки здобувачів у ВП НУБІП Ніжинському агротехнічному інституті; при викладанні навчальних курсів «Сільське господарство», «Фізіологія рослин», «Загальна екологія» «Біоорганічна хімія» на кафедрі біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, що підтверджується відповідними довідками про впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційне дослідження є завершеною працею. Самостійно було здійснено пошук наукових інформаційних джерел із подальшим аналізом та синтезом даних, що використовувалися у написанні дисертаційної роботи. Тему, мету, ключові завдання було опрацьовано та узгоджено разом із науковим керівником. Окрім цього, попередньо були узгоджені методики дослідження та бази проведення досліду. Разом із науковим керівником було зібрано увесь досліджуваний матеріал (рослини, ґрунт). Самостійно проведено дослідження вмісту флавоноїдів у зібраних рослинах та аналіз залежності вмісту флавоноїдів від часу цвітіння, антропогенного впливу, від впливу сонячного світла при різних умовах висушування та від елементного складу ґрунту. Написано усі розділи дисертації, які були узгоджені та обговорені із науковим керівником зі створенням висновків.

**Апробація результатів дослідження.** Основні теоретичні і практичні результати дослідження апробовано на науково-практичних конференціях:

міжнародних: Міжнародна наукова інтернет-конференція «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (Вип. 97) (Переяслав, 2023); VII Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2021); V Міжнародна науково-практична internet-конференція «Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин» (Харків, 2022); III Міжнародна науково-практична конференція «Природничі науки: Проекти, дослідження, перспективи» до 100-річчя факультету природничих наук (Миргород, 2022).

всеукраїнських: Всеукраїнська наукова інтернет-конференція «Вітчизняна наука на зламі епох: Проблеми та перспективи розвитку» (Вип. 81) (Переяслав, 2022); XIX Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні питання біології та медицини» (Ніжин, 2023); I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка (Ніжин, 2021).

**Публікації.** Результати дослідження висвітлено в наукових працях, з яких: 3 статті у фахових наукових виданнях України, та 5 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури, містить 10 рисунків і 9 таблиць. Повний обсяг дисертації становить 124 сторінки, з них основного тексту – 107 сторінок.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ:

1. Гудзенко А. В. Вітчизняний ринок багатокомпонентних лікарських засобів рослинного походження: аналіз стану, структура та перспективи розвитку / А. В. Гудзенко, О. О. Цуркан, Т. В. Ковальчук // Фармац. журн. – 2012. – № 1. – С. 8–12.
2. Баула О. П. Забезпечення якості лікарських засобів рослинного походження: стан та перспективи / О. П. Баула, Т. М. Деркач // Фармац. часоп. – 2017. – № 2. – С. 79–86.
3. Доклінічні дослідження лікарських засобів: метод. рек.; за ред. чл-кор. АМН України О. В. Стефанова. – Київ : Авіцена, 2001. – 528 с.
4. Бобкова І.А. Фармакогнозія : підручник для студ. вищих навч. мед. (фармац.) закл. I-III рівнів акредитації / І. А. Бобкова та ін. - К.: Медицина, 2006. - 439 с.

5. Кобзар А. Фармакогнозія в медицині: навч. посібник. – К.: Медицина, 2007. – 544 с

6. Roberto Gotti. Capillari electrophoresis of phytochemical substances in herbal drugs and medicinal plants // Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis. -2011.- №55.- P.775-801.

7. Зінченко О. І., Алексєєва О. С., Приходько П. М. та ін. Біологічне рослинництво: Навч. Посібник / за ред. О.І. Зінченка. Київ: Вища школа, 1996. 239 с.

8. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. - Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.



**РОЗДІЛ 1.**  
**БІОХІМІЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗБИРАННЯ,**  
**ВИСУШУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**  
**ЯКА МІСТИТЬ ФЛАВОНОЇДИ**  
**(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

Нами були обрані наступні види рослин: звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий. Оскільки дані види рослин є фармакопейними рослинами вони широко використовуються як у народній медицині, так і в фармації. Вони мають у собі достатній вміст флавоноїдів для використання їх у медичних цілях.

**1.1. Фітотерапевтична характеристика лікарської рослинної сировини що містить флавоноїди**

Існує дуже велика кількість рослин, що містять у собі флавоноїди. До основних належать:

- Плоди та пуп'янки Софори Японської *Sophora japonica* L., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott, род. Бобові — *Fabaceae*.
- Свіжі плоди Аронії Чорноплідної *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott., род. Розоцвіті — *Rosaceae*.
- Листя чаю *Thea sinensis* L., *Camellia sinensis* (L.) Kuntze і його культурні сорти, род. Чайні — *Theaceae*.
- Лимони (шкіра) *Citrus limon* (L.) Burm., род. Рутові — *Rutaceae*.
- Трава собачої кропиви *Leonurus cardiaca* L., собача кропива п'ятилопатева — *L. quinquelobatus* Gilib., род. Глухокропивні — *Lamiaceae*.
- Трава споришу *Polygonum aviculare* L., род. Гречкові — *Polygonaceae*.
- Квітки цмину піскового *Helichrysum arenarium* L., род. Айстрові — *Asteraceae*.
- Квітки пижма звичайного *Tanacetum vulgare* L., род. Айстрові — *Asteraceae*.
- Трава гречки звичайної *Fagopyrum esculentum* Moench., *F. sagittatum* Gilib., род. Гречкові — *Polygonaceae*.
- Трава звіробою продірявленого *Hypericum perforatum* L., род. Звіробоєві — *Hypericaceae*.

Та інші.

Звіробій, науково відомий як *Hypericum perforatum* L., є квітковою рослиною, яка походить з Європи, але зустрічається також і в інших регіонах світу. Він має довгу історію використання в традиційній медицині для лікування різних захворювань.

Дослідники Guido Jürgenliemk та Adolf Nahrstedt, при повторному дослідженні фенольних сполук із висушеної лікарської сировини звіробою (*Hypericum perforatum* L.) за допомогою HPLC виявили 22 фенольні сполуки; 14 з них були кількісно визначені за тією ж системою. Фенольні сполуки були виділені з рослинного матеріалу, а їх структури ідентифіковані в основному за допомогою спектроскопічних методів, серед них кверцетин-3-О-(2"-О-ацетил)- $\beta$ -D-галактозид як новий природний продукт. З цього джерела вперше отримані криптохлорогенова кислота, протокатехінова кислота, 3-О-[Z]-р-кумароїлхінова кислота, ізоорієнтин, ціанідин-3-О- $\alpha$ -L-рамнозид, астилбін [66].

Зовнішній вигляд: верхня частина - стебла із листками, квітками, бутонами та недозрілими плодами. Стебла циліндричні та порожні, довжиною 30 см, має два поздовжні ребра. Листки сидячі, продовгуваті, або продовгувато-овальні, має цільні краї, оголені, ширина - до 1.4 см, довжина - до 3.5 см. Квітки численні, діаметр - 1-1.5 см, зібрані у вигляді щитоподібної мітли. Чашолистки ланцентні, гострі, чашечка зрітнолиста, глибока. Вінець роздільно пелюстковий, в 2-3 рази довший за чашечку, 5 пелюсток. Тичинки багато чисельні, зрощені у основи нитками у 3 пучки. Плід - тригніздова багатосім'янна коробочка. Колір стебла - від зеленувато-жовтого до сірувато-зеленого, колір листків - від сірувато-зеленого до темно-зеленого, колір пелюсток - жовтий, може бути із чорними крапками, колір плода - зеленувато-коричневий. Запах слабкий. На смак - гіркий, в'язучий [1, 2, 13].

Традиційне використання: звіробій століттями використовувався в традиційній медицині через його потенційні лікувальні властивості. Його використовували при різних станах, включаючи розлади настрою, тривогу, нервові стреси, рани та запалення [31, 34].

Активні компоненти: звіробій містить численні біоактивні сполуки, включаючи гіперіцин, гіперфорин, флавоноїди (такі як рутин) та інші фенольні сполуки.

Вважається, що гіперіцин і гіперфорин, зокрема, сприяють його фармакологічним ефектам, але достатній вміст флавоноїдів також підтвердив свої лікувальні властивості.

Настрій і емоційне благополуччя: звіробій добре відомий своїми потенційними антидепресивними властивостями. Вважається, що він впливає на різні механізми, включаючи інгібування певних ферментів, які беруть участь у зворотному захопленні нейромедіаторів, таких як серотонін, дофамін і норадреналін. Цей ефект допомагає підняти настрій і полегшити симптоми легкої та помірної депресії. Однак важливо зазначити, що ефективність звіробою при депресії може відрізнятись в різних людей, і його використання слід обговорити з медичним працівником [33, 35].

Інші потенційні переваги для здоров'я: окрім можливого використання при розладах настрою, звіробій вивчався щодо потенційних переваг при інших станах. Він може мати протизапальні, антиоксидантні та антимікробні властивості. Також було вивчено його вплив на симптоми менопаузи, передменструальний синдром (ПМС) і невралгію (нервові болі) [38].

Вирощування та середовище проростання: Відомо, що звіробій має відносно різноманітні вимоги до проростання і може рости в різних середовищах існування. Зазвичай звіробій квітне в місцях з достатньою кількістю сонячного світла. Віддає перевагу відкритим місцям, де значну частину дня може отримувати пряме сонячне світло. Проростає на луках, полях, пасовищах та узбіччях доріг. Варто зазначити, що звіробій має потенціал стати інвазійним видом у певних регіонах, особливо якщо його ввести в екосистеми за межами його рідного ареалу [33].

Запобіжні заходи та взаємодія: звіробій може взаємодіяти з різними ліками, включаючи антидепресанти, протизапальні препарати, засоби для розрідження крові та інші. Це може змінити ефективність і метаболізм цих препаратів, потенційно призводячи до побічних ефектів або зниження ефективності. Тому вкрай важливо проконсультуватися з медичним працівником або фармацевтом перед використанням звіробою, особливо якщо ви приймаєте будь-які ліки [12, 31].

Незважаючи на те, що звіробій зазвичай добре переноситься, у деяких людей звіробій може викликати побічні ефекти, включаючи шлунково-кишкові симптоми,

алергічні реакції, фоточутливість (підвищену чутливість до сонячного світла) і потенційну взаємодію з іншими ліками. Важливо дотримуватися рекомендованих доз і вказівок і повідомляти свого лікаря, якщо у вас виникли будь-які побічні реакції [23, 36, 37].

Форми та застосування: звиробій доступний у різних формах, включаючи капсули, таблетки, рідкі екстракти та чаї. Важливо обирати стандартизовані продукти з авторитетних джерел, щоб забезпечити послідовність і якість [31,32].

Пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.) - багаторічна трав'яниста рослина родини *Asteraceae*. Рослина є рідною для Європи, але, з часом, була натуралізована у інших регіонах світу.

Дослідники Christine Williams, Jeffrey Harborne, Hans Geiger, та J.Robin Hoult порівняли ліпофільні флавоноїди в листі та квітках *Tanacetum parthenium* і *T. vulgare*. Тоді як *T. parthenium* є метиловими ефірами флавонолів 6-гідроксикемпферолу та кверцетагетину, поверхневі флавоноїди *T. vulgare* є метиловими ефірами флавонів скутеллареїну та 6-гідроксилютеоліну. Апігенін і два флавонових глюкуроніди присутні в залозистих трихомах нижнього епідермісу променевої квітки *T. parthenium*. У вакуолярних флавоноїдах обох рослин переважає присутність 7-глюкуронідів апігеніну та лютеоліну; були присутні дев'ять інших глікозидів, включаючи незвичайний 6-гідроксилютеолін 7-глюкозид у *T. vulgare*. Коли основні флавонолові та флавонові метилові ефіри двох рослин були фармакологічно протестовані, вони по-різному інгібували основні шляхи метаболізму арахідонату в лейкоцитах [72].

Зовнішній вигляд: Частина складного щитоподібного суцвіття і окремі квіткові кошики. Кошики напівкруглої форми із вдавненою серединою, діаметром 6-8 мм, складаються із малих трубчастих квіточок (крайніх - маточних, середніх - двостатевих). Квітколоже голе, не порожнє, трохи випукле, оточене обгорткою у вигляді черепиці із ланцетних (із плівчастими краями) листків. Квітконоси голі, із борознами, рідше - слабо опушені. Колір квіток - жовтий, листків - темно-зелений, квітконосів - світло-зелений. Запах - своєрідний. Смак - гіркий, пряний [1, 2, 39, 75].

Традиційне використання: Пижма має довгу історію традиційного використання в медичних і кулінарних цілях. У традиційній медицині його використовували при проблемах з травленням, проблемах з менструальним циклом і як глистогінний засіб (засіб, що виганяє кишкових глистів). Пижма також використовувалася як кулінарна трава, головним чином для ароматизації та консервування їжі [40, 70].

Активні компоненти: пижмо містить різні біологічно активні сполуки, включаючи леткі масла, флавоноїди (такі як кверцетин і апігенін), терпеноїди та сесквітерпенові лактони (такі як танацетин). Ці компоненти сприяють його характерному аромату та потенційному впливу на здоров'я [41].

Токсичність і безпека: пижмо містить потенційно токсичні сполуки, такі як туйон, які можуть мати нейротоксичні ефекти, якщо їх споживати у великих кількостях. Через свою токсичність пижму зазвичай не рекомендується застосовувати всередину, особливо у високих дозах або протягом тривалого часу. Вагітним жінкам, жінкам, які годують грудьми, а також людям із захворюваннями печінки або нирок слід взагалі відмовитися від пижми. Перед використанням пижми або будь-якого рослинного продукту важливо проконсультуватися з лікарем. Засоби від комах і використання в садівництві: пижма традиційно використовувалася як засіб від комах завдяки своєму сильному запаху. Історично його використовували для відлякування таких шкідників, як мурахи, мухи та міль. У садівництві пижму можна використовувати як рослину-компаньйон для відлякування деяких шкідників [23, 24, 42, 70].

Вирощування та середовище проростання: Пижмо - витривала рослина, яка гарно росте на добре дренованих ґрунтах і віддає перевагу сонцю, а не півтіні. У деяких регіонах пижма вважається інвазивним видом, оскільки може швидко поширюватися та витіснити місцеві рослини. Слід бути обережними при вирощуванні пижма, щоб не допустити її активного поширення [43].

Так у дослідженнях Stevovic Svetlany визначається екологічна роль ефірних олій у взаємодії рослин з факторами зовнішнього середовища. Екологічну адаптивність рослин можна проаналізувати за вмістом ефірної олії. Ефірні олії є агентами, які взаємодіють з рослинним середовищем. Пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.)

було відібрано дослідником для лабораторних досліджень, оскільки воно належить до міської флори та рослинності, де є висока потреба в адаптації. Зразки рослин були зібрані з двох ділянок: Ada Нуја (промислова зона) і Topider (зелена область) у Белграді, Сербія. Для визначення кількісного та якісного складу ефірних олій використовували аналізи GC-MS. Результати досліджень свідчать про високу пристосованість пижма з обох місць. Пижмо з Ada Нуја мала більшу загальну кількість ефірних олій, ніж рослини з Topider [75].

Запобіжні заходи та побічні ефекти: пижмо не слід вживати всередину без належного керівництва медичним працівником. Рослина може викликати побічні ефекти, такі як нудота, блювота, запаморочення та навіть судоми, якщо проковтнути у великих кількостях. Контакт зі шкірою може викликати подразнення шкіри або алергічні реакції у людей із підвищеною чутливістю до ароматичних матеріалів [43, 71].

Юридичний статус: через потенційну токсичність, пижмо звичайне регулюється, або взагалі заборонено в деяких країнах для внутрішнього використання або як харчовий інгредієнт. Правила щодо його вирощування, продажу та використання можуть відрізнятися залежно від місцевих законів і норм [25, 26].

Оскільки пижма містить потенційно токсичні сполуки, важливо проявляти обережність і уникати внутрішнього вживання без нагляду та керівництва кваліфікованого медичного працівника [73].

Цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* L.) - багаторічна трав'яниста рослина, що відноситься до сімейства айстрових. Він є рідним для Європи та зустрічається в різних регіонах по всьому континенту.

Дослідники Czinner, E., Kéry, A., Nagymási, K., Blázovics, A., Lugasi, A., Szoke, E., та Lemberkovics, E, що вивчали біологічні компоненти *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, виявили що флавоноїди у даній рослині мають жовчогінні, гепатопротекторні та протимікробні властивості. Вони дослідили флавоноїди, присутні в ліофілізаті суцвіть *Helichrysum arenarium* (L.) Moench (*Helichrysi flos*, *syn. Stoechados flos*) і в настоях, виготовлених із суцвіть, шляхом якісного та кількісного аналізу. Перевірили властивості антиоксиданту ліофілізату та виміряли

Н-донорну активність, зменшуючи енергетичні властивості та загальну ємність поглинача за допомогою спектрофотометричних та хемілюмінесцентних методів. Дослідники порівняли результати з результатами агента, присутнього в розторопші (*Silybum marianum* L.), флавоноїду силібініну. Виявилося що ліофілізат Н-донорної активності був визначений як більш ефективний, ніж силібінін у тих самих кількостях; з іншого боку, його властивість відновлення та загальна здатність до поглинання були нижчими, ніж у силібініну. Вміст флавоноїдів, який відповідає за ефект ліофілізату, становив 0,47 %, що підтверджує терапевтичну користь [80].

Зовнішній вигляд: Кошики округлої форми, поодинокі або декілька разом на коротких шерстисто-повстяних квітконосах довжиною до 1 см, діаметр - 7мм. Кошики складаються із багато-чисельних квіток, розташованих на голому квітколожі, оточені багато-чисельними, не щільно притиснутими листками. Усі квітки трубчасті, п'ятизубчасті, двополі, із чубчиком. Листочки обгортки увігнуті, сухі, плівчасті, блискучі. Колір обгортки - жовтий, колір квіток - жовтий, або помаранчевий. Запах - слабкий, ароматний. Смак - терпкий, гіркий. Жовті квіти рослини із паперовими пелюстками можуть зберігати свій колір навіть після висихання[1, 2, 44, 78].

Традиційне використання: цмин має довгу історію використання в традиційній медицині та лікуванні травами. Він відомий своїми потенційними лікувальними властивостями, особливо завдяки використанню для підтримки здоров'я сечового міхура та травлення. Висушені квіти рослини часто використовуються в трав'яних зборах і настоях для лікування шлунково-кишкового тракту, хвороб печінки та жовчного міхура [45].

У праці дослідників Dănilă-Guidea, S. M., Eremia, M. C., Dinu, L. D. та Miu, D. M. описується *Helichrysum arenarium* (L.) Moench як рослина, відома у народній медицині своїми сечогінними, жовчогінними та протизапальними властивостями. Огляд дослідників присвячений перевагам *Helichrysum arenarium* над іншими відомими рослинами. *Helichrysum arenarium* має джерела активних фармакологічних сполук, що використовуються в комплементарній медицині для профілактики захворювань органів травлення та гепатобіліарної системи. У

дослідженні проаналізовано та доведено протівірусну, антибактеріальну та протигрибкову активність проти збудників хвороб людини [82].

Активні компоненти: цмин містить різні біологічно активні сполуки, включаючи флавоноїди (іzosаліпурозид), фенольні кислоти, терпени та ефірні олії. Ці компоненти сприяють його потенційній користі для здоров'я та ароматичним властивостям.

Ароматичні властивості: квіти та листя цмину виділяють приємний трав'яний аромат, якщо їх подрібнити або висушити. Ароматичні властивості рослини роблять її популярною добавкою до попури, трав'яних пакетиків і натуральної косметики.

Середовище проростання: цмин - витривала рослина, яка гарно росте на добре дренованих ґрунтах і віддає перевагу сонячному світлу. Він може переносити бідні за складом ґрунти та сухі кліматичні умови, що робить його придатним для посушливих і кам'янистих середовищ. Його часто можна знайти на піщаних або суглинних ґрунтах, включаючи прибережні регіони та луки [45, 78].

Запобіжні заходи та побічні ефекти: як і з будь-яким лікарським рослинним, важливо бути обережним і проконсультуватися з медичним працівником перед використанням цмину, особливо якщо пацієнт має поточні хронічні захворювання, або приймає ліки. Хоча цмин, в цілому, вважається безпечним, деякі люди можуть відчувати алергічні реакції або чутливість до рослини. Рекомендується припинити використання, якщо виникають будь-які побічні реакції [79].

Статус збереження: цмин не вважається видом, що перебуває під загрозою зникнення, і широко культивується в декоративних і медичних цілях. Однак важливо забезпечити відповідальну та стійку практику збирання врожаю, щоб захистити природні популяції та забезпечити їх довгострокове виживання [24, 80].

Як і у випадку з будь-яким рослинним лікарським засобом, перед використанням *Helichrysum arenarium* у медичних цілях бажано отримати рекомендації від медичного працівника або кваліфікованого фітотерапевта щодо правильного дозування, використання та потенційних взаємодій.



## 1.2. Характеристика та вплив флавоноїдів на організм людини

*Флавоноїди* - це різноманітна група рослинних вторинних метаболітів, які належать до родини поліфенолів. Вони широко поширені в царстві рослин і відповідають за яскраві кольори багатьох фруктів, овочів, квітів і трав. Флавоноїди відіграють важливу роль у рості, розвитку та захисті рослин від різних стресів, включаючи ультрафіолетове випромінювання, хвороботворні мікроорганізми та травоядних тварин. Хімічно флавоноїди складаються з 15-вуглецевого скелета, що складається з двох ароматичних кілець (А і В), з'єднаних тривуглецевим мостом (С). Основна структура флавоноїдів - С6-С3-С6. Залежно від ступеня окислення та заміщень у кільцях флавоноїди можна додатково класифікувати на кілька підкласів, включаючи флаволи, флавоноли, флаванони, флаваноноли, флаван-3-оли (також відомі як катехіни), антоціани та ізофлаволи [5, 7, 49].

Так, дослідник Kawasaki Masaru виділив із роду *Polygonaceae* 33 види флавоноїдів, а 18 видів було отримано у вигляді кристалів. Зокрема це були глікозиди кверцетину. Серед глікозидів кверцетину найчастіше зустрічається 3-О-рамнозид, широко поширений також 3-О-глюкуронід. Глікозиди мирицетин зустрічалися рідко. Метильовані флавоноли виявлені у деяких видів секцій *Echinocaulon* і *Persicaria*. Також дослідник виявив одинадцять типів С-глікозилфлавонів, С-глікозилфлаволи, що були поширені у всіх видах роду *Rheum* і майже у всіх видах секції *Tiniaria*. Винятковими є *Rumex Acetosella* та *Polygonum suffultum*, перший містить флавоновий глікозид, а другий лише С-глікозилфлаволи [52].

Флавоноїди виявляють широкий спектр біологічної активності та привернули значну увагу завдяки своїй потенційній користі для здоров'я. Вони володіють антиоксидантними властивостями, тобто можуть поглинати та нейтралізувати шкідливі вільні радикали в організмі, захищаючи таким чином клітини та тканини від окисного пошкодження. Крім того, флавоноїди мають протизапальну, протимікробну, противірусну та протипухлинну дію. Вони також сприяють здоров'ю серцево-судинної системи, сприяючи розширенню кровоносних судин, знижуючи артеріальний тиск і пригнічуючи агрегацію тромбоцитів [51, 53].

Що стосується дієтичних джерел, флавоноїдів багато у фруктах (таких як ягоди, цитрусові та яблука), овочах (таких як цибуля, брокколі та капуста), бобових, чаї, червоному вині, какао та деяких травах і спеціях. Вміст і склад флавоноїдів відрізняється у різних видів і сортів рослин, а також у різних частинах рослин [56].

Omidreza Firuzi описує наступні властивості флавоноїдів : поглиначі гіпохлориту, високореактивного окислювача, що виробляється активованими фагоцитами, можуть мати потенційний терапевтичний ефект при захворюваннях, у яких цей окислювач відіграє патогенну роль. У його праці досліджували гіпохлоритну активність флавоноїдів за допомогою аналізу на мікропланшетах. Цей метод оцінює здатність речовини пригнічувати утворення хлорамінів у сироватковому альбуміні людини при окисленні гіпохлоритом. Було протестовано 13 флавоноїдів. Більшість із них пригнічували окислення сироваткового альбуміну людини в мікромольних концентраціях і виявилися більш активними, ніж тролокс, водорозчинний еквівалент вітаміну Е. Було помічено, що чим більша кількість гідроксильних замінів, тим більша активність поглинання. Здавалося, що 3-гідроксизаміщення є особливо важливим для активності поглинання, тоді як наявність 2,3-подвійного зв'язку в С-кільці – ні. Було виявлено, що флавоноїди є хорошими поглиначами гіпохлориту *in vitro*, і надається додаткова інформація про хімічні аспекти, важливі для поглинання. Таким чином, флавоноїди можуть сприятливо впливати на такі захворювання, як атеросклероз, у яких гіпохлорит відіграє патогенну роль [57].

Дослідження показують, що дотримання дієти, багаті на продукти, що містять флавоноїди, знижує ризики різних хронічних захворювань, включаючи серцево-судинні захворювання, певні види онкологічних захворювань, нейродегенеративні розлади та діабет. Однак важливо зазначити, що вплив флавоноїдів на здоров'я людини є комплексним і може змінюватися залежно від таких факторів, як конкретний підклас флавоноїдів, дозування, біодоступність та індивідуальні особливості [57, 61].

Підсумовуючи можна виділити такі основні ефекти флавоноїдів на організм людини:

- Антиоксидантна активність: вони можуть поглинати та нейтралізувати шкідливі вільні радикали, які є високоактивними молекулами, які можуть пошкоджувати клітини та сприяти старінню та розвитку хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, онкологія і нейродегенеративні розлади. Знижуючи окиснювальний стрес, флавоноїди допомагають захистити клітини та тканини від пошкодження, сприяючи загальному здоров'ю.

- Здоров'я серцево-судинної системи: наприклад, флавоноли, які містяться у ягодах, цитрусових та темному шоколаді, пов'язані з покращенням функції ендотелію, зменшенням запалення та зниженням ризику серцевих захворювань. Флавоноїди також можуть допомогти знизити артеріальний тиск, пригнічувати агрегацію тромбоцитів (злипання тромбоцитів) і сприяти розширенню кровоносних судин, таким чином підтримуючи здоров'я серцево-судинної системи.

- Протизапальна дія: флавоноїди допомагають модулювати запальні реакції організму. Хронічне запалення бере участь у розвитку різних захворювань, включаючи артрит, діабет і серцево-судинні захворювання. Зменшуючи запалення, флавоноїди можуть допомогти полегшити симптоми, запобігти прогресуванню захворювання та сприяти покращенню загального стану.

- Профілактика онкології: флавоноїди можуть пригнічувати ріст пухлини, викликати загибель ракових клітин (апоптоз), запобігають ангиогенезу (утворенню кровоносних судин, які живлять пухлини) і пригнічують метастази (поширення раку в інші частини тіла). Деякі специфічні флавоноїди, що містяться в зеленому чаї (катехіни) і цитрусових (гесперидин), були широко вивчені на предмет їх протиракових властивостей.

- Нейрозахисні ефекти: було показано, що флавоноїди мають нейропротекторну дію, тобто вони можуть захищати та підтримувати здоров'я мозку та нервової системи. Вони можуть покращити когнітивні функції, покращити пам'ять і знизити ризик вікової когнітивної деградації, знизити ризики виникнення нейродегенеративних захворювань організму включаючи хвороби Альцгеймера та Паркінсона. Флавоноїди досягають цих ефектів за допомогою механізмів зниження

окиснювального стресу, модуляції сигнальних шляхів, а також, сприяють виживанню нейронів [53, 54].

Окрім вище перерахованих основних ефектів, флавоноїди мають додаткові властивості: вони можуть підтримувати імунну функцію; покращувати здоров'я кишечника, сприяючи росту корисних кишкових бактерій; допомагати регулювати рівень цукру в крові [57, 58].

Як відомо, флавоноїди, вважаються безпечними та корисними для здоров'я людини, якщо їх споживати як частину збалансованої дієти.

Однак є деякі потенційні негативні ефекти, пов'язані з флавоноїдами.

Важливо відзначити, що негативні ефекти флавоноїдів зазвичай рідкісні та пов'язані з певними обставинами. Для більшості людей споживання продуктів, багатих флавоноїдами, як частина різноманітної та збалансованої дієти вважається безпечним і корисним. Обмежувальними обставинами для споживання флавоноїдів є певні проблеми зі здоров'ям, алергічні реакції і т. д [4].

*Основні негативні властивості флавоноїдів:*

1. Алергічні реакції: деякі люди можуть мати алергію або чутливість до певних флавоноїдів або продуктів, що їх містять. Алергічні реакції можуть варіюватися від легких симптомів, таких як свербіж і кропив'янка, до більш серйозних проявів, таких як утруднене дихання або анафілаксія.

2. Взаємодія з ліками: флавоноїди, особливо ті, що містяться в дієтичних добавках або рослинних лікарських засобах, можуть взаємодіяти з певними ліками. Вони можуть впливати на метаболізм ліків, пригнічуючи або індукуючи специфічні ферменти, відповідальні за їх розщеплення. Це потенційно може змінити ефективність ліків або призвести до їх токсичності. Дуже важливо проконсультуватися з медичним працівником, особливо якщо ви приймаєте ліки, щоб зрозуміти можливі взаємодії та забезпечити вашу безпеку.

3. Гормональний вплив: деякі флавоноїди, зокрема ізофлавоони, що містяться в соєвих продуктах, мають слабку естрогенну активність. Хоча це може бути корисним для певних станів, таких як симптоми менопаузи, це може мати наслідки для людей з гормонально-чутливими раковими захворюваннями або станами.

4. Вміст оксалатів: деякі продукти, багаті флавоноїдами, такі як шпинат і ревіль, містять відносно високий рівень оксалатів. Оксалати можуть сприяти утворенню каменів у нирках у людей схильних до цих станів. Якщо у пацієнта в анамнезі були камені в нирках бажано зменшити споживання продуктів з високим вмістом оксалатів і звернутися за порадою до лікаря.

5. Біодоступність і дозування: біодоступність флавоноїдів - рівень засвоєння флавоноїдів і подальше використання їх організмом. Він може значно відрізнятись у різних людей і підкласів флавоноїдів. Деякі флавоноїди мають відносно низьку біодоступність, тобто вони не можуть ефективно засвоюватися або утримуватися в організмі. Крім того, надзвичайно високі дози флавоноїдів, особливо у формі добавок, можуть мати невідомі або несприятливі ефекти. Зазвичай рекомендується отримувати флавоноїди з природних харчових джерел, а не покладатися виключно на добавки, та не перевищувати фізіологічних доз [6].

Дослідники I. B. Afanas'eva, Elena Ostrakhovitch , Elena Mikhal'chik, Galina Ibragimova та Ludmila Korkina описують антиоксидантну та протизапальну активність двох комплексів перехідних металів біофлавоноїду рутину  $\text{Fe}(\text{rut})\text{Cl}_3$  і  $\text{Cu}(\text{rut})\text{Cl}_2$ . Встановлено, що  $\text{Cu}(\text{rut})\text{Cl}_2$  є високоефективним *in vitro* та *ex vivo* акцептором вільних радикалів, який різко знижує (у 2–30 разів порівняно з вихідним рутином): продукцію кисневих радикалів ксантиноксидазою, мікросомами печінки щурів та перитоніальними макрофагами щурів; утворення реакційно-здатних продуктів тіобарбітурової кислоти при мікросомальному перекисному окисненні ліпідів; і генерація кисневих радикалів бронхоальвеолярними клітинами у щурів, які отримували блеоміцин. Дослідники встановили, що комплекс мідь-рутин також був кращим інгібітором запальних і фіброзних процесів (що характеризуються такими параметрами, як співвідношення макрофаги/нейтрофіли, волога маса легень, загальний вміст білка та концентрація гідроксипроліну) у щурів, які отримували блеоміцин. Інгібуюча активність  $\text{Fe}(\text{rut})\text{Cl}_3$  була нижчою, ймовірно, через часткове відновлення до  $\text{Fe}(\text{rut})\text{Cl}_2$  у присутності біологічних відновників; однак, як зазначають дослідники - комплекс мідь-рутин ефективно пригнічував набряк легень [64].

Дослідження Martinková J. описують вміст рутину у різних стадіях цвітіння, а саме визначали вмісту рутину та загальних поліфенолів у листках шпинату та амаранту. Експеримент включав три види амаранту - (*A. caudatus*), (*A. cruentus*), (*A. hypochondriacus*) і два сорти шпинату - Matador і Triptiek Fl. Дослідник встановив, що середній вміст рутину був найменшим на початку вегетації 159,11 мг.г-1 і найвищим у фазі витягування стебла – 294,10 мг.г-1 ( $F=2233,89$ ,  $p=0,00$ ). Найбільший середній вміст рутину зафіксовано у *A. hypochondriacus* (234,54 мг.г-1), а найнижчий, навпаки, у *A. cruentus* – 154,92 мг.г-1 ( $F=608,84$ ,  $p=0,00$ ). Різниця у вмісті загальних поліфенолів у листках шпинату статистично достовірно вплинула на розвиток ( $F=165,84$ ,  $p=0,00$ ), коли найменший середній вміст був на початку вегетації шпинату, тобто 10,95 мг.г-1, а найвищий у 3-й вибірці (формування листової розетки) – 15,60 мг.г-1. Виявлено статистично достовірні відмінності між досліджуваними сортами шпинату ( $F=409,08$ ,  $p=0,00$ ) порівняно з сортом Матадор (12,38 мг.г-1). Середній вміст поліфенолів зафіксовано в амаранті у фазі 24 – 10,38 мг.г-1 та у фазі повної стиглості (15,40 мг.г-1) ( $F=393,60$ ,  $p=0,00$ ). Вміст загальних поліфенолів був найменшим у *A. caudatus* (13,43 мг.г-1), а найвищим – у *A. hypochondriacus* (15,24 мг.г-1) [65].

Методи визначення флавоноїдів:

Визначення флавоноїдів у лікарських рослинах можна проводити різними методами, включаючи спектрофотометричні, хроматографічні та електрохімічні.

*Спектрофотометричні методи:*

а. УФ-видима спектрофотометрія: флавоноїди поглинаються в УФ-видимому діапазоні, особливо на довжинах хвиль 210-350 нм. Концентрацію флавоноїдів у рослинному екстракті можна визначити шляхом вимірювання абсорбції зразка на характерній довжині хвилі за допомогою спектрофотометра [14].

б. HPLC-DAD (High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection) (високоєфективна рідинна хроматографія з діодною матрицею детектування): цей метод передбачає відділення флавоноїдів від інших компонентів рослинного екстракту за допомогою HPLC і виявлення сполуки на основі її УФ-

спектру поглинання. Він забезпечує високу специфічність і чутливість для визначення флавоноїдів [15].

*Хроматографічні методи:*

а. HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) (високоєфективна рідинна хроматографія): HPLC широко використовується для аналізу флавоноїдів. Він передбачає відділення флавоноїдів від інших сполук у рослинному екстракті за допомогою хроматографічної колонки та відповідної рухомої фази. Концентрацію флавоноїдів можна кількісно визначити, вимірявши їх площу або висоту піку [16].

б. TLC (Thin-Layer Chromatography) (тонкошарова хроматографія): TLC є простим і недорогим методом якісного аналізу флавоноїдів. Він передбачає їх поділ на тонкому шарі відповідної стаціонарної фази з наступною візуалізацією за допомогою відповідних реагентів або ультрафіолетового світла. Концентрацію флавоноїдів можна оцінити, порівнюючи інтенсивність плями з інтенсивністю стандартних розчинів [22].

*Електрохімічні методи:*

а. Вольтамперометрія: для визначення концентрації флавоноїдів можна використовувати електрохімічні методи, такі як циклічна вольтамперометрія або диференційно-імпульсна вольтамперометрія. Ці методи передбачають вимірювання струмового відгуку, створеного окисненням або відновленням на поверхні електрода. Поточна відповідь пропорційна концентрації флавоноїдів [21].

б. Амперометрія: цей метод передбачає подачу постійного потенціалу на електрод і подальшого вимірювання струму внаслідок окислення або відновлення. Сила струму прямо пропорційна концентрації флавоноїдів [21, 22].

### **1.3. Роль та вплив збирання, висушування, зберігання лікарської рослинної сировини на концентрацію флавоноїдів**

Період цвітіння у кожній рослині є індивідуальним і може варіюватися від кінцевих весняних (кінець травня) до початкових осінніх (вересень) місяців. Досліджувані рослини починають розквітати майже в один і той самий термін, але є різниця [1,2].

Звіробій продірявлений починає квітнути із червня, активна фаза цвітіння припадає на червень. Пижмо звичайне починає квітнути із кінця червня, активна фаза цвітіння припадає на червень-серпень. Цмин пісковий починає квітнути із початку серпня, активна фаза цвітіння припадає на середину серпня, початок вересня [1, 66, 74,79].

Накопичення флавоноїдів у звіробії продірявленому *Hypericum perforatum* L. може змінюватись залежно від періоду цвітіння.

Початок цвітіння: на ранніх стадіях цвітіння рослини звіробою в основному зосереджені на вегетативному розвитку квіткових бруньок. У цей період вміст флавоноїдів у рослині зазвичай низький.

Стадія повного цвітіння: період повного цвітіння, коли квіти звіробою відкриті та яскраві, вважається часом піку накопичення флавоноїдів. Концентрації флавоноїдів, включаючи гіперицин і гіперфорин, зазвичай найвищі на цій стадії. Тому в лікувальних цілях це, як правило, найкращий час для збору квітів звіробою.

Кінець цвітіння: після повного цвітіння квітки звіробою починають в'янути та опадати. Коли квіти старіють і пелюстки починають в'янути, концентрація флавоноїдів поступово зменшується. Зазвичай рекомендується уникати збору квітів, які вже почали в'янути, оскільки вміст флавоноїдів у них може бути знижений [37, 38].

Важливо відзначити, що хоча стадія повного цвітіння вважається оптимальною для накопичення флавоноїдів, конкретний час у період цвітіння все ще може змінюватись залежно від різних факторів, таких як клімат, географічне розташування та умови росту окремої рослини. Моніторинг візуальних ознак, таких як відкриті, повністю розвинені квіти з яскраво-жовтими пелюстками, має вирішальне значення для визначення ідеального часу для збирання квітів звіробою, щоб забезпечити вищий вміст флавоноїдів [68].

Пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.) - багаторічна трав'яниста рослина, яка містить різні флавоноїди, накопичення котрих може змінюватись в залежності від періоду цвітіння.



Початок цвітіння: на ранніх стадіях росту, перед цвітінням, рослина зосереджені на вегетативному зростанні та розвитку листя та стебла. На цій стадії накопичення флавоноїдів зазвичай низьке.

Стадія цвітіння: пижмо зазвичай цвіте в середині або наприкінці літа, зазвичай з липня по вересень у північній півкулі. Період цвітіння - це час, коли рослина витрачає ресурси на утворення квітів, і синтез флавоноїдів збільшується. Із розвитком рослини та розкриттям квіток концентрація флавоноїдів поступово зростає [40].

Стадія повного цвітіння: Пік накопичення флавоноїдів у пижма зазвичай досягається на стадії повного цвітіння. Квіти повністю розкриті і демонструють яскравий жовтий колір. У цей період найвищий вміст флавоноїдів, включаючи такі сполуки, як кверцетин, рутин і апігенін. Тому в медичних цілях для збору квіток пижма зазвичай віддають перевагу стадії повного цвітіння [73].

Кінець цвітіння: після повного розквіту квіти пижма починають в'янути, бурити та опадати. Коли відбувається старіння квітів і в'янення пелюсток - концентрація флавоноїдів поступово знижується. Зазвичай рекомендується уникати збору квітів, які вже почали в'янути, оскільки вміст флавоноїдів у них може бути знижений [70].

Важливо відзначити, що конкретні терміни в період цвітіння все ще можуть змінюватися залежно від таких факторів, як клімат, географічне розташування та конкретні умови зростання пижма. Моніторинг візуальних сигналів, таких як відкриті, повністю розвинені квіти з яскравими кольорами, має вирішальне значення для визначення ідеального часу для збирання квітів пижма, щоб забезпечити вищий вміст флавоноїдів [41].

Цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* L.), також відомий як безсмертник, є багаторічною квітковою рослиною, яка цінується за вміст флавоноїдів. Накопичення флавоноїдів у цмині може змінюватись залежно від періоду цвітіння [78].

Початок цвітіння: на ранніх стадіях росту цмин пісковий зосереджується на вегетативному зростанні та розвитку листя. Накопичення флавоноїдів на цій стадії, як правило, низьке, оскільки рослина розподіляє свої ресурси в основному для формування кореневої системи та листя. Зазвичай цвіте в кінці літа або на початку

осені, як правило, з серпня по вересень у північній півкулі. Період цвітіння - це період, коли рослина спрямовує свою енергію на утворення квітів, і синтез флавоноїдів збільшується [79].

Стадія повного цвітіння: Пік накопичення флавоноїдів у цмині пісковому зазвичай досягається на стадії повного цвітіння. Це коли квіти повністю розкриті та мають характерний жовтий колір. У цей період найвищий вміст флавоноїдів, включаючи такі сполуки, як кверцетин, лютеолін і апігенін. Таким чином, для медичних цілей або збирання рослини для отримання флавоноїдів, як правило, краща стадія повного цвітіння [80].

Кінець цвітіння: після повного розквіту квіти цмину піскового починають в'янути та засихати. По мірі старіння квіток концентрація флавоноїдів поступово зменшується. Зазвичай рекомендується збирати квіти до того, як вони почнуть сильно в'янути, щоб забезпечити вищий вміст флавоноїдів [48, 80, 81].

Важливо відзначити, що конкретні терміни в період цвітіння можуть змінюватися залежно від таких факторів, як клімат, географічне положення та конкретні умови зростання цмину. Моніторинг візуальних ознак, таких як повністю розвинені квіти з яскравими кольорами та мінімальними ознаками в'янення, має вирішальне значення для визначення ідеального часу для збирання квітів, щоб забезпечити вищий вміст флавоноїдів [46, 47, 82].

На накопичення флавоноїдів у рослинах впливають різноманітні фактори зовнішнього середовища. Вироблення флавоноїдів можна стимулювати або пригнічувати залежно від конкретних умов, у яких переживає рослина.

Інтенсивність світла: світло відіграє вирішальну роль у синтезі флавоноїдів. Як правило, більша інтенсивність світла сприяє виробленню флавоноїдів. УФ-випромінювання: відомо, що УФ-випромінювання, особливо УФ-В (280-315 нм), є потужним індуктором синтезу флавоноїдів. Вплив ультрафіолетового випромінювання викликає низку біохімічних реакцій у рослинах, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів. Флавоноїди діють як природні сонцезахисні засоби, захищаючи рослини від шкідливого ультрафіолетового випромінювання.

Тому рослини, що ростуть у високогірних районах або регіонах з високим рівнем УФ-В, часто мають більш високий вміст флавоноїдів [50, 51].

Температура: на накопичення флавоноїдів у рослинах також впливає температура. Різні види рослин можуть мати оптимальні діапазони температур для виробництва флавоноїдів. Як правило, помірні температури (близько 20-25°C) є сприятливими для синтезу флавоноїдів. Екстремальні температурні умови, такі як тепловий або холодний стрес (10°C і нижче, 40°C і вище), можуть впливати на накопичення флавоноїдів, що часто призводить до змін у типі та кількості вироблених флавоноїдів [52].

Наявність поживних речовин: адекватна доступність поживних речовин, особливо азоту та фосфору, є важливою для оптимального синтезу флавоноїдів. Недостатній рівень поживних речовин може обмежити виробництво флавоноїдів, що призводить до зниження концентрації. Однак надлишок поживних речовин, особливо азоту, може негативно вплинути на накопичення флавоноїдів у деяких видах рослин. Наявність води: наявність води та стрес від посухи можуть впливати на накопичення флавоноїдів у рослинах. У деяких випадках умови дефіциту води можуть посилити вироблення флавоноїдів як захисну реакцію проти окиснювального стресу. Однак тривала посуха або серйозна нестача води можуть призвести до зниження вмісту флавоноїдів [53].

Екологічні стреси: різноманітні екологічні стреси, такі як патогени, шкідники, забруднювальні речовини та важкі метали, можуть спровокувати вироблення флавоноїдів у рослинах. Флавоноїди діють як захисні сполуки у відповідь на ці стреси, допомагаючи рослинам боротися з окиснювальним пошкодженням і підвищувати їх стійкість [54].

Також на накопичення флавоноїдів у рослинах впливають різноманітні екологічні фактори, які пов'язані з їх природним середовищем та екологічними взаємодіями. Ці фактори можуть впливати на синтез, концентрацію та різноманітність флавоноїдів у рослинах.

Взаємодія рослин із запилювачами: флавоноїди відіграють певну роль у залученні до рослин запилювачів, таких як бджоли, метелики та птахи. Наявність

специфічних флавоноїдів може діяти як візуальні або нюхові ознаки, які полегшують запилення. Тиск селекції, який чинять запилювачі, може стимулювати продукцію та накопичення специфічних флавоноїдів у рослин для підвищення їх репродуктивних властивостей [55].

Травоїдні тварини та хижаки: флавоноїди можуть діяти як захисні сполуки проти травоїдних і хижаків. Деякі флавоноїди мають токсичні або відлякувальні властивості. Накопичення специфічних флавоноїдів у відповідь на екологічну взаємодію з травоїдними тваринами та хижаками відоме як індукований захист. Присутність деяких травоїдних або хижаків може викликати синтез і накопичення специфічних флавоноїдів як захисну реакцію.

Конкуренція та алелопатія: флавоноїди можуть відігравати важливу роль у взаємодії між рослинами, наприклад у конкуренції та алелопатії. Деякі види рослин виробляють флавоноїди, які пригнічують ріст або проростання сусідніх рослин, діючи як алелохімічні речовини. Ці алелопатичні флавоноїди можуть впливати на конкурентну взаємодію між видами рослин, впливаючи на їх поширення та чисельність [55, 56].

Грунтові мікроорганізми: флавоноїди можуть взаємодіяти з ґрунтовими мікроорганізмами, включаючи бактерії та гриби, впливаючи на їхню активність і розвиток. Флавоноїди можуть служити сигнальними молекулами, залучаючи корисні мікроорганізми, які утворюють симбіотичні стосунки з рослинами, такими як мікоризні гриби. Ці взаємодії можуть покращити засвоєння поживних речовин, зростання та загальний стан здоров'я рослин [57].

Важливо зазначити, що екологічні фактори, що впливають на накопичення флавоноїдів, можуть бути видоспецифічними та залежати від конкретного екологічного контексту. Профілі флавоноїдів також можуть відрізнятися серед популяцій одного виду в різних екологічних середовищах існування або регіонах. Розуміння екологічних факторів, які формують накопичення флавоноїдів, має вирішальне значення для вивчення адаптації рослин, екологічних взаємодій та екологічної ролі флавоноїдів у природних екосистемах.

Окрім цього на накопичення флавоноїдів у рослинах можуть впливати різні хімічні фактори, присутні в їхньому середовищі. Хімічні сполуки, як природні, так і синтетичні, можуть впливати на синтез, концентрацію та різноманітність флавоноїдів у рослинах [58].

Рослинні гормони: рослинні гормони, такі як ауксини, цитокініни, гібереліни та абсцизова кислота, відіграють вирішальну роль у регуляції росту та розвитку рослин, включаючи синтез флавоноїдів. Різні гормони можуть модулювати експресію генів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, що призводить до змін у виробленні флавоноїдів. Гормональні сигнальні шляхи взаємодіють із флавоноїдним шляхом, впливаючи на загальний вміст флавоноїдів у рослинах.

Важкі метали та металоїди: Вплив важких металів (наприклад, свинцю, кадмію, міді) та металоїдів (наприклад, миш'яку) може викликати вироблення флавоноїдів у рослинах як захисний механізм проти токсичності металів. Флавоноїди можуть хелатувати важкі метали, зменшуючи їхню токсичність і захищаючи рослинні клітини від пошкодження. Наявність важких металів у навколишньому середовищі може спровокувати накопичення флавоноїдів.

Хімічні стресори: Вплив різних хімічних стресорів, таких як забруднювачі, пестициди, гербіциди та фунгіциди, може вплинути на накопичення флавоноїдів у рослинах. Деякі з цих сполук можуть індукувати синтез специфічних флавоноїдів як захисну реакцію проти хімічного стресу. Однак вплив на накопичення флавоноїдів може змінюватися залежно від сполуки, концентрації та тривалості впливу [58, 59].

Важливо відзначити, що хімічні фактори, що впливають на накопичення флавоноїдів, можуть бути видоспецифічними і залежати від конкретного хімічного складу середовища. Профілі флавоноїдів також можуть відрізнятися серед популяцій одного виду, які піддаються впливу різних хімічних умов. Розуміння хімічних факторів, які впливають на накопичення флавоноїдів, має вирішальне значення для вивчення реакції рослин на хімічні стресори, хімічної сигналізації та екологічної ролі флавоноїдів у природних і сільськогосподарських системах [57].

*Сушіння* є поширеним методом, який використовується для збереження лікарських рослин за рахунок зменшення вмісту вологи. Правильне сушіння допомагає зберегти якість і ефективність рослинного матеріалу [15].

Сушіння на повітрі: цей традиційний метод передбачає витримку рослинного матеріалу на повітрі в добре провітрюваному приміщенні. Рослинний матеріал розкладають в один шар або зв'язують у пучки і розвішують у сухому затіненому місці з хорошою вентиляцією. Сушіння на повітрі є економічно ефективним методом, але може зайняти більше часу залежно від виду рослини та умов навколишнього середовища.

Сушка на сонці використовує сонячну енергію для сушіння лікарських рослин. Рослинний матеріал розкладають на чистих сухих поверхнях під прямими сонячними променями. Цей метод ефективний в регіонах з достатньою кількістю сонячного світла і низькою вологістю. Однак висушування на сонці може призвести до деградації чутливих до тепла сполук, і за цим слід стежити, щоб запобігти надмірному впливу або пошкодженню.

Сушіння в печі передбачає використання низьких температур і контрольованого потоку повітря в духовці або сушильній камері. Рослинний матеріал розкладають на лотках або стелажах і сушать за допомогою циркуляції гарячого повітря. Необхідно подбати про те, щоб температура була встановлена на рівні, який не погіршує біологічно активні сполуки рослини [59].

Сушіння в дегідраторі: дегідратори - це електричні прилади, спеціально розроблені для сушіння трав та інших рослинних матеріалів. Вони забезпечують необхідну температуру та потік повітря, що призводить до ефективного та рівномірного сушіння. Дегідратори доступні в різних розмірах і конфігураціях, включаючи лотки або полиці, які можна штабелювати [57, 59].

Ліофільна сушка: сублімаційна сушка є більш досконалим і дорогим методом, який передбачає заморожування рослинного матеріалу з подальшим видаленням вологи шляхом сублімації. Він зберігає цілісність активних компонентів рослини, мінімізуючи вплив тепла. Таке сушіння особливо підходить для ніжних або чутливих до тепла рослин, але для цього потрібне спеціальне обладнання [12].

Мікрохвильова сушка використовує мікрохвильову енергію для видалення вологи з рослинного матеріалу. Це швидкий метод сушіння, який вимагає ретельного контролю, щоб запобігти перегрівання та зберегти цілісність лікарських сполук. Мікрохвильова сушка зазвичай використовується для невеликих порцій рослинного матеріалу [14].

Незалежно від використовуваної технології сушіння існують загальні принципи, яких слід дотримуватися для успішного сушіння:

- Збирайте рослинний матеріал на відповідній стадії росту та в оптимальних умовах.
- Очистіть рослинний матеріал від бруду, сміття та комах.
- Забезпечте належну циркуляцію повітря та вентиляцію під час процесу сушіння.
- Захищайте рослинний матеріал від прямих сонячних променів, надмірної температури та вологості.
- Регулярно контролюйте процес сушіння, включаючи температуру та вологість.
- Зберігайте висушений рослинний матеріал у герметичних контейнерах, подалі від світла та вологи, щоб зберегти його якість та ефективність [1, 2, 12].

Важливо відзначити, що різні рослини можуть вимагати певних умов сушіння на основі їхніх характеристик і компонентів. Крім того, конкретні вказівки щодо сушіння можуть відрізнятися залежно від регіональної практики, традиційних знань і нормативних вимог [12].

Різні види технології сушіння можуть впливати на концентрацію флавоноїдів у лікарських рослинах. Вибір методу сушіння та конкретні умови можуть вплинути на збереження та концентрацію флавоноїдів.

Температура: флавоноїди чутливі до тепла і можуть розщеплюватися при високих температурах. При використанні технологій сушіння, які включають тепло, таких як сушіння в духовці або дегідратори, важливо використовувати низькі температури, щоб мінімізувати втрати флавоноїдів. Ретельний контроль температури має вирішальне значення для запобігання деградації цих термочутливих сполук [16].

Потік повітря та вентиляція: правильний потік повітря та вентиляція під час сушіння важливі для збереження концентрації флавоноїдів. Достатній потік повітря допомагає у видаленні вологи з рослинного матеріалу, запобігаючи розвитку цвілі або бактерій і зберігаючи цілісність флавоноїдів. Хороша вентиляція забезпечує рівномірний розподіл повітря та запобігає накопиченню вологи, яка може призвести до деградації або псування.

Вплив світла: флавоноїди також чутливі до світла, особливо УФ-випромінювання. Надмірний вплив світла, особливо під час сушіння на сонці, може призвести до деградації флавоноїдів. Для збереження концентрації флавоноїдів лікарські рослини рекомендується сушити в затінених або затемнених місцях, щоб мінімізувати освітлення.

Час висихання: тривалий час висихання може збільшити ймовірність розкладання флавоноїдів. Якщо процес сушіння триває надто довго, рослинний матеріал може бути підданий несприятливим умовам, таким як надмірне тепло або вологість, що може вплинути на концентрацію флавоноїдів у ЛРС. Важливо оптимізувати час сушіння, щоб мінімізувати потенційну деградацію, забезпечуючи при цьому повне висихання рослинного матеріалу. Середній час сушіння до 2 тижнів [16, 17].

Сублімаційна та вакуумна сушка є передовими технологіями сушіння, які можуть краще зберегти концентрацію флавоноїдів порівняно з іншими методами. Ці методи включають низькі температури та знижують ризик теплової деградації. Зокрема, сублімаційна сушка може ефективно зберігати флавоноїди завдяки м'якому процесу сушіння [18].

### *Зберігання*

Зберігання лікарських рослин передбачає різноманітні технології та методи збереження їх ефективності, аромату та якості.

Зберігання в контрольованому середовищі: деякі лікарські рослини вимагають спеціальних умов навколишнього середовища, щоб підтримувати свою ефективність. Зберігання в контрольованому середовищі передбачає зберігання рослин у контрольованій атмосфері, наприклад у холодильниках або холодильних камерах, із певними налаштуваннями температури, вологості та освітлення. Цей метод



допомагає зберегти хімічні складові рослин і запобігти деградації. Заморожування, один із методів, який використовується для тривалого зберігання лікарських рослин. Рослини ретельно очищають, подрібнюють і поміщають у герметичні контейнери або пакети для заморожування. Заморожування допомагає зберегти силу і аромат рослин протягом тривалого часу. Однак важливо звести до мінімуму коливання температури та запобігти конденсації вологи під час процесів заморожування та відтавання [18].

Вакуумне зберігання: вакуумна упаковка передбачає видалення повітря з контейнера для зберігання, щоб зменшити рівень кисню, таким чином уповільнюється рівень окислення лікарських рослин. Це допомагає зберегти колір, смак і лікувальні властивості рослин. Для цієї мети зазвичай використовуються вакуумні пакети або контейнери [19].

Екстракція та консервація трав: у деяких випадках лікарські рослини переробляють на екстракти, настоянки або ефірні олії для тривалого зберігання. Ці концентровані форми часто більш стабільні та мають довший термін зберігання. Щоб зберегти якість, їх можна зберігати в темних герметичних пляшках, подалі від тепла та сонячного світла. Належне пакування має важливе значення для зберігання лікарських рослин. Зазвичай це передбачає використання темних, непрозорих контейнерів зі скла або інших відповідних матеріалів для захисту рослин від впливу світла, яке може погіршити їхні лікарські сполуки. Крім того, слід використовувати етикетки для вказівки назви рослини, дати зберігання та будь-яких особливих вимог до зберігання [20].

Вплив описаних технологій зберігання на концентрацію флавоноїдів.

Зберігання в контрольованому середовищі, наприклад у холодильнику або холодильних камерах, може допомогти зберегти вміст флавоноїдів у лікарських рослинах. Флавоноїди чутливі до температури, світла та вологості, оптимальні показники температури - 15-19°C, вологість - 45%. Зберігання рослин у контрольованих умовах може мінімізувати їхню деградацію. Підтримуючи стабільні та відповідні умови навколишнього середовища, можна краще зберегти

концентрацію флавоноїдів порівняно зі зберіганням у неконтрольованому середовищі [15, 58].

Під час заморожування низькі температури пригнічують ферментативну активність і уповільнюють процеси розкладання. Правильне пакування та захист від вологи під час заморожування та відтавання мають вирішальне значення для запобігання втраті флавоноїдів. Однак тривале заморожування може призвести до деякої втрати вмісту флавоноїдів, тому важливо стежити за тривалістю та умовами зберігання [19, 59].

Вакуумна упаковка: загалом не відомо, що вакуумна упаковка істотно впливає на концентрацію флавоноїдів у лікарських рослинах. Оскільки цей тип зберігання головним чином зосереджений на зниженні рівня кисню та запобіганні окисленню, він допомагає підтримувати стабільність і збереження флавоноїдів. Однак важливо захищати рослини від впливу світла, оскільки флавоноїди чутливі до деградації, викликані УФ-випромінюванням [57].

Екстракція та консервація трав: коли лікарські рослини переробляються на екстракти, настоянки або ефірні олії, концентрація флавоноїдів може змінюватися залежно від використовуваних методів екстракції та консервації. Ретельні та відповідні до ГОСТів та фармакопеї методи екстракції отриманої ЛРС можуть допомогти зберегти вміст флавоноїдів. Такі фактори, як вибір розчинника, тривалість екстракції та умови зберігання (наприклад, температура, світло та вплив повітря) можуть впливати на концентрацію флавоноїдів у кінцевому продукті [20, 58].

#### **1.4. Властивості та вплив елементного складу ґрунту на концентрацію флавоноїдів у лікарській рослинній сировині**

Елементний склад ґрунту включає значну кількість елементів необхідних для росту і розвитку рослин. Вони можуть розмежовуватися на мікроелементи та макроелементи. Мікроелементи ґрунту потрібні рослинам у дуже малих кількостях для правильного росту та розвитку. Ці елементи відіграють вирішальну роль у різноманітних фізіологічних і біохімічних процесах у рослинах. Хоча точний склад мікроелементів у ґрунті може змінюватись залежно від таких факторів, як тип

грунту, місце розташування та геологічні характеристики, можна навести деякі загальні мікроелементи, що містяться в ґрунті: Fe є важливим мікроелементом для рослин, відіграючи ключову роль у синтезі хлорофілу та фотосинтезі. Він найчастіше присутній у ґрунтах у формі оксидів заліза та важливий для транспортування кисню в рослинах; Zn бере участь у різноманітних ферментативних реакціях у рослинах і необхідний для синтезу гормонів росту. Він відіграє важливу роль у виробництві хлорофілу, проростанні насіння та загальному рості рослин. Дефіцит цинку може призвести до затримки росту та зниження врожайності; Mn необхідний для фотосинтезу, оскільки він бере участь у ланцюзі транспортування електронів. Він також сприяє активації ферментів, метаболізму азоту та захисту від окиснювального стресу; Si важливий для кількох процесів рослин, включаючи фотосинтез, синтез лігніну та активацію ферментів. Він бере участь в утворенні хлорофілу і виконує роль каталізатора в різних біохімічних реакціях; B має вирішальне значення для формування клітинної стінки, утворення пилку та метаболізму вуглеводів. Він відіграє важливу роль у поглинанні та транслокації кальцію в рослинах. Дефіцит бору може призвести до зниження зав'язування плодів і поганого виробництва насіння; Mo є мікроелементом, необхідним для фіксації азоту в бобових і відіграє роль у активності ферментів, пов'язаних з метаболізмом азоту. Він необхідний для перетворення нітрату в амоній; Ni бере участь у різних ферментативних процесах, включаючи активність уреаз, яка важлива для метаболізму азоту. Він також відіграє важливу роль у засвоєнні заліза та активує певні ферменти, що беруть участь у рості рослин; Co в основному пов'язаний з азотфіксуючими бактеріями, оскільки він є компонентом вітаміну B12. Він допомагає у фіксації атмосферного азоту симбіотичними бактеріями в бульбочках коренів бобових [63, 90].

Дослідник Jasha Momo H. Anal проаналізував десять мікроелементів (Mg, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Cd) у семи традиційно використовуваних дикорослих лікарських рослинах *Cynoglossum furcatum Wallich*, *Elsholtzia blanda Bentham*, *Lycopodium cernuum Linnaeus*, *Potentilla fulgens Wallich ex Hooker*, *Swertia macrosperma C.B. Clarke*, *Thalictrum foliolosum DC* та *Valeriana jatamansi Jones*.

Зразки рослин висушували, зважували, після чого проводився аналіз рівня розподілу мінералів у діапазоні від мікроелементів до макроелементів за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії графітової печі. Дослідним було виявлено, що всі досліджувані лікарські трави містять десять проаналізованих елементів. Mg і Ca присутній у високих концентраціях як у коренях, так і в листі зразків рослин. Серед залишків перехідних металів - Fe мав найвищу концентрацію, а потім Mn, Cr, Cu, V, Zn і Mo. Аналіз показав, що токсичний елемент Cd був у нижчій та знаходиться в межах допустимого ліміту FAO/WHO, стандарти Каліфорнії та Фармакопеї США для харчових добавок [59].

Бор є важливим мікроелементом для росту та розвитку рослин. Він відіграє життєво важливу роль у різних фізіологічних процесах, включаючи синтез і метаболізм флавоноїдів.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Біосинтез флавоноїдів: бор бере участь в активації певних ферментів і кофакторів, необхідних для біосинтезу флавоноїдів. Він допомагає в перетворенні фенілаланіну, амінокислоти, у флавоноїди. Адекватна доступність бору може сприяти виробленню флавоноїдів у рослинах, що призводить до підвищення концентрації.

Підвищення антиоксидантної здатності: флавоноїди є потужними антиоксидантами, які допомагають захистити рослини від окиснювального стресу, викликаного активними формами кисню (АФК). Бор сприяє накопиченню флавоноїдів, тим самим посилюючи антиоксидантну здатність рослин і зменшуючи окисне пошкодження.

Захист від патогенів і стресу: флавоноїди відіграють вирішальну роль у захисних механізмах рослин від патогенів і факторів зовнішнього середовища. Бор бере участь у синтезі флавоноїдів, які беруть участь у протимікробній та протигрибковій діяльності. Він допомагає рослинам боротися з хворобами та підвищує їх стійкість до різних стресів, таких як УФ-випромінювання та посуха [30, 91].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність бору: хоча бор необхідний для росту рослин, надмірні рівні бору можуть бути токсичними для рослин і призвести до зниження виробництва

флавоноїдів. Високі концентрації бору можуть порушити шляхи біосинтезу флавоноїдів і спричинити метаболічний дисбаланс, що призведе до зменшення накопичення флавоноїдів або навіть до їх деградації. Симптоми токсичності бору включають хлороз листя, некроз і затримку росту. Взаємодія з іншими поживними речовинами: дисбаланс у доступності поживних речовин може вплинути на концентрацію флавоноїдів у рослинах. Надмірний рівень бору може перешкоджати засвоєнню та використанню інших необхідних поживних речовин, таких як кальцій і магній. Дисбаланс у співвідношенні поживних речовин може порушити шляхи синтезу флавоноїдів і вплинути на їх накопичення [91].

Купрум може впливати на концентрацію флавоноїдів у рослинах як позитивними, так і негативними ефектами.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Ферментативна активація: мідь відіграє вирішальну роль в активації ферментів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів. Вона діє як кофактор для таких ферментів, як фенілаланін-аміак-ліаза і флавоноїд-синтаза, які є ключовими ферментами в шляху біосинтезу флавоноїдів. Адекватний рівень міді може посилити активність цих ферментів, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів. Стимуляція синтезу флавоноїдів: відзначається, що мідь стимулює синтез флавоноїдів у деяких видах рослин. Вона може активізувати експресію генів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, що призводить до підвищення концентрації флавоноїдів. Флавоноїди відіграють різноманітну роль у рості та захисних механізмах рослин, і їх підвищене виробництво може сприяти покращенню здоров'я рослин і стійкості до стресу [30, 84].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність міді: хоча мідь необхідна в достатніх кількостях, надмірні рівні міді можуть бути токсичними для рослин і мати негативний вплив на концентрацію флавоноїдів. Високі концентрації міді можуть порушувати клітинні процеси, пригнічувати активність ферментів і призводити до окисного стресу. Ці побічні ефекти можуть перешкоджати біосинтезу флавоноїдів, потенційно знижуючи їх концентрацію в рослинах. Перешкоджає засвоєнню поживних речовин: високий

рівень міді може перешкоджати засвоєнню та доступності інших необхідних поживних речовин, таких як залізо і цинк, які також беруть участь у синтезі флавоноїдів. Мідь може конкурувати з цими поживними речовинами за поглинання та використання, що призводить до дисбалансу, який впливає на виробництво флавоноїдів. Дисбаланс у співвідношенні поживних речовин може порушити шлях біосинтезу флавоноїдів і вплинути на їх концентрацію [86].

Кобальт є мікроелементом, який може як позитивно, так і негативно впливати на концентрацію флавоноїдів у рослинах.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Фіксація азоту: кобальт є важливим компонентом вітаміну B12, який має вирішальне значення для фіксації азоту в бобових. Бобові рослини утворюють симбіотичний зв'язок з азотфіксуючими бактеріями в своїх кореневих системах. Адекватна доступність кобальту сприяє росту та активності цих бактерій, що призводить до посиленої фіксації азоту. Азот є важливим елементом для біосинтезу флавоноїдів, і покращена доступність азоту може стимулювати виробництво флавоноїдів у рослинах. Ферментативна активність: кобальт є кофактором для певних ферментів, які беруть участь у метаболізмі рослин, включаючи біосинтез флавоноїдів. Він допомагає активувати такі ферменти, як флавоноїдсинтаза, яка відповідає за виробництво флавоноїдів. Адекватні рівні кобальту можуть підтримувати ферментативні реакції, що беруть участь у синтезі флавоноїдів, потенційно збільшуючи їх концентрацію в рослинах [30, 92].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність кобальту: надмірні рівні кобальту можуть бути токсичними для рослин і мати негативний вплив на концентрацію флавоноїдів. Високі концентрації кобальту можуть призвести до симптомів токсичності металу, включаючи хлороз, затримку росту та зменшення біомаси. Токсичність кобальту може порушити різні метаболічні процеси в рослинах, потенційно перешкоджаючи біосинтезу флавоноїдів і призводячи до зниження концентрації флавоноїдів. Взаємодія з іншими поживними речовинами: дисбаланс у доступності поживних речовин може вплинути на концентрацію флавоноїдів у рослинах. Надмірний рівень кобальту

може перешкоджати поглинанню та використанню інших необхідних елементів, таких як залізо і манган, які також беруть участь у синтезі флавоноїдів. Дисбаланс у співвідношенні поживних речовин може порушити шляхи біосинтезу флавоноїдів і вплинути на їх накопичення [92].

Магній відіграє життєво важливу роль у рості та розвитку рослин.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Стимулює біосинтез флавоноїдів: магній діє як кофактор для ферментів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, таких як халконсинтаза, флавонолсинтаза та дигідрофлавонолредуктаза. Адекватний рівень магнію може посилити активність цих ферментів, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів. Підвищує антиоксидантну здатність: флавоноїди діють як потужні антиоксиданти в рослинах, допомагаючи очищати активні форми кисню (АФК) і захищати клітини рослин від окисного пошкодження. Магній сприяє синтезу та накопиченню флавоноїдів, тим самим підвищуючи антиоксидантну здатність рослин. Покращує стресостійкість: флавоноїди відіграють вирішальну роль у реакції рослин на різні абіотичні та біотичні стреси, такі як УФ-випромінювання, посуха та атаки патогенів. Додавання магнію може посилити синтез флавоноїдів, дозволяючи рослинам краще справлятися зі стресовими умовами та підвищувати їх загальну стійкість [30, 89].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Надмірний рівень магнію: хоча магній необхідний для синтезу флавоноїдів, надмірний рівень магнію може порушити баланс мінеральних поживних речовин у рослинах. Дисбаланс у доступності поживних речовин може призвести до зниження вироблення флавоноїдів, оскільки рослини можуть по-різному розподіляти ресурси у відповідь на поживний стрес. Взаємодія з іншими поживними речовинами: магній взаємодіє з кількома іншими елементами, включаючи кальцій, калій і фосфор. Дисбаланс у цих співвідношеннях поживних речовин може вплинути на біосинтез флавоноїдів. Наприклад, надлишок магнію може перешкоджати засвоєнню кальцію, що може мати подальший вплив на метаболізм флавоноїдів. Вплив на рН ґрунту: доступність магнію для рослин залежить від рН ґрунту. Кислі ґрунти з низьким рН можуть обмежувати поглинання магнію, потенційно призводячи до дефіциту магнію

в рослинах. Дефіцит магнію може негативно вплинути на біосинтез флавоноїдів і знизити їх концентрацію в тканинах рослин [89].

Манган є важливим мікроелементом для рослин і бере участь у різних фізіологічних процесах, включаючи фотосинтез, активацію ферментів і системи антиоксидантного захисту.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Покращений синтез флавоноїдів: манган відіграє вирішальну роль у регуляції ферментів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів. Він діє як кофактор для таких ферментів, як халконізомераза та дигідрофлавонолредуктаза, які є ключовими ферментами у шляху синтезу флавоноїдів. Достатній рівень мангану може стимулювати активність цих ферментів, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів у рослинах. Стимулює захисні реакції рослин: флавоноїди відіграють вирішальну роль у захисті рослин від різноманітних стресів, включаючи УФ-випромінювання, патогени та травоядних тварин. Манган може стимулювати вироблення флавоноїдів, тим самим посилюючи захисні реакції рослин і підвищуючи стійкість до стресових факторів. Покращена антиоксидантна активність: флавоноїди відомі своїми антиоксидантними властивостями, а манган сприяє системі антиоксидантного захисту рослин. Залежні від мангану ферменти, такі як супероксиддисмутаза, відіграють вирішальну роль у поглинанні активних форм кисню і захисті рослинних клітин від окисного пошкодження. Підвищуючи активність цих ферментів, манган може допомогти підтримувати надійну антиоксидантну систему, що призводить до підвищення концентрації флавоноїдів [30, 93].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність при високих рівнях: надмірні рівні можуть призвести до токсичності мангану, що може негативно вплинути на метаболізм флавоноїдів. Високі концентрації можуть порушити баланс інших важливих поживних речовин і перешкоджати ферментативної діяльності, яка бере участь у синтезі флавоноїдів. Це порушення може призвести до зниження виробництва флавоноїдів або зміни профілів флавоноїдів. Манган взаємодіє з іншими елементами, такими як залізо та



кальцій, що може впливати на метаболізм флавоноїдів. Дисбаланс у співвідношенні елементів, особливо високе співвідношення мангану до заліза, може перешкоджати біосинтезу флавоноїдів і знижувати їх концентрацію в тканинах рослин.

Змінена експресія генів: надлишок мангану може впливати на моделі експресії генів у рослинах, у тому числі тих, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів. Дослідження Nurzyńska-Wierdak Renata показали, що високий рівень мангану може посилювати або знижувати регуляцію генів, пов'язаних з метаболізмом флавоноїдів, що призводить до змін концентрації та складу флавоноїдів. Ці зміни можуть вплинути на біологічну активність і користь для здоров'я, пов'язану з певними флавоноїдами [86].

Вплив рН ґрунту: доступність мангану для рослин залежить від рН ґрунту. Кислі ґрунти з низьким рН можуть підвищити розчинність і поглинання мангану, потенційно призводячи до надмірного накопичення. Це може порушити метаболізм флавоноїдів і негативно вплинути на їх концентрацію в рослинах [93].

Молібден є мікроелементом, який відіграє вирішальну роль у фізіології рослин, і він може мати як позитивний, так і негативний вплив на концентрацію флавоноїдів у рослинах.

У працях Rashidi, M. R. та Nazemiyeh, H. описується гідроксилази молібдену. Альдегідоксидаза та ксантиноксидаза, що є металофлавопротеїнами, які каталізують як окислення, так і відновлення використовуються для виготовлення широкого спектру ліків та ксенобіотиків, що вказує на важливість цих ферментів у окисленні, детоксикації та активації. Обидва ферменти також беруть участь у деяких фізіологічних процесах, а також у метаболізмі деяких ендогенних сполук, що може вказувати на їх важливу роль в умовах *in vivo*. Супероксидний радикал і перекис водню, що утворюються під час реакцій, які каталізуються гідроксилазами молібдену, можуть мати значення при різних захворюваннях. Дослідник зазначає, що флавоноїди являють собою велику групу поліфенольних сполук, які здатні перешкоджати функції ксантиноксидази та альдегідоксидази. Оскільки флавоноїди споживаються у великій кількості в нашому повсякденному житті, їх здатність

впливати на гідроксилази молібдену може бути серйозною проблемою для безпеки споживачів [86].

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Необхідний для біосинтезу флавоноїдів: молібден є важливим компонентом ферментів, які беруть участь у різних стадіях біосинтезу флавоноїдів. Ці ферменти халконізомераза та флавонолсинтаза, потребують молібдену як кофактора для каталізу реакцій, які призводять до виробництва флавоноїдів. Адекватний рівень молібдену може посилити активність цих ферментів і сприяти синтезу флавоноїдів. Посилює фіксацію азоту: молібден є важливим компонентом ферменту нітрогенази, який відповідає за фіксацію азоту в деяких видах рослин. Фіксація азоту дозволяє рослинам перетворювати атмосферний азот у придатну для використання форму, сприяючи збільшенню доступності азоту. Відомо, що наявність азоту позитивно впливає на синтез флавоноїдів, що призводить до підвищення концентрації флавоноїдів [30, 86].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність у високих концентраціях: надмірні рівні молібдену можуть бути токсичними для рослин. Високі концентрації молібдену можуть порушити баланс інших мінеральних поживних речовин, зокрема сірки, яка важлива для біосинтезу флавоноїдів. Цей дисбаланс може призвести до зниження концентрації флавоноїдів і загального здоров'я рослини [84].

Взаємодія з іншими поживними речовинами: молібден взаємодіє з іншими поживними речовинами, такими як мідь і залізо, що може впливати на метаболізм флавоноїдів. Дисбаланс у цих співвідношеннях поживних речовин може перешкоджати біосинтезу флавоноїдів і знижувати їх концентрацію в тканинах рослин. Наприклад, надмірний рівень молібдену може призвести до дефіциту міді, необхідної для правильного синтезу флавоноїдів [30, 90].

Порушення профілю флавоноїдів: дослідження Rashidi M. R. показали, що надмірний рівень молібдену може змінити склад і профіль флавоноїдів у рослинах. Високі концентрації молібдену можуть впливати на експресію генів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, що призводить до змін у типах і пропорціях

вироблених флавоноїдів. Ці зміни можуть вплинути на біологічну активність і потенційні переваги для здоров'я, пов'язані з певними флавоноїдами [86].

Фактори навколишнього середовища: На наявність молібдену в ґрунтах можуть впливати рН і вміст органічної речовини. Кислі ґрунти з низьким рН і високим вмістом органічної речовини можуть зменшити доступність молібдену для рослин, що потенційно може призвести до дефіциту молібдену. Дефіцит молібдену може негативно впливати на біосинтез флавоноїдів і знижувати їх концентрацію в тканинах рослин [90].

Цинк (Zn) є важливим мікроелементом для рослин, і він може мати як позитивний, так і негативний вплив на концентрацію флавоноїдів у рослинах.

Сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Необхідний для біосинтезу флавоноїдів: цинк відіграє життєво важливу роль як кофактор для ферментів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, таких як халконізомераза, флаванон-3-гідроксилаза та антоціанідинсинтаза. Адекватний рівень цинку може посилити активність цих ферментів, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів. Підвищує антиоксидантну здатність та стимулює захисні реакції рослин: флавоноїди діють як потужні антиоксиданти в рослинах, допомагаючи очищати активні форми кисню (АФК) і захищати клітини рослин від окисного пошкодження. Цинк сприяє синтезу та накопиченню флавоноїдів, тим самим підвищуючи антиоксидантну здатність рослин. Флавоноїди відіграють вирішальну роль у захисті рослин від різноманітних стресів, включаючи УФ-випромінювання, патогени та травоядних тварин. Цинк може стимулювати вироблення флавоноїдів, тим самим посилюючи захисні реакції рослин і підвищуючи стійкість до стресових факторів [30, 87].

Не сприятливі фактори для накопичення флавоноїдів:

Токсичність у високих концентраціях: надмірні рівні цинку можуть бути токсичними для рослин. Високі концентрації цинку можуть порушити метаболізм флавоноїдів і призвести до окисного стресу. Це може призвести до зниження концентрації флавоноїдів і загального здоров'я рослини. Взаємодія з іншими поживними речовинами: цинк взаємодіє з іншими поживними речовинами, такими

як залізо, марганець і мідь, що може впливати на метаболізм флавоноїдів. Дисбаланс у цих співвідношеннях поживних речовин може перешкоджати біосинтезу флавоноїдів і знижувати їх концентрацію в тканинах рослин. Наприклад, надмірний рівень цинку може призвести до дефіциту міді, необхідної для правильного синтезу флавоноїдів. Вплив на рН ґрунту: доступність цинку для рослин залежить від рН ґрунту. Кислі ґрунти з низьким рН можуть збільшити розчинність і поглинання цинку, потенційно призводячи до надмірного накопичення цинку. Це може порушити метаболізм флавоноїдів і негативно вплинути на їх концентрацію в рослинах [87].

### **Висновки до розділу 1**

Таким чином із вище викладеного слідує, що флавоноїди у складі багатьох лікарських препаратів, можуть використовуватися для лікування хвороб. На вміст флавоноїдів у лікарській рослинній сировині впливає значна кількість факторів навколишнього середовища. В літературі описано багато факторів впливу на вміст флавоноїдів у ЛРС. Серед них можуть бути і екологічні фактори, механічні фактори, кліматичні умови, склад ґрунту, тощо. Також описується вплив технології заготівлі рослинної сировини та місцевості збору. Окрім цього елементний склад ґрунту, в залежності від концентрацій тих чи інших хімічних елементів, також впливає на накопичення флавоноїдів у рослинах.

Оскільки лікувальний ефект препарату, що у своєму складі містить флавоноїди, залежить від якості рослини що їх накопичує, то найбільш важливим завданням є проаналізувати наскільки вплив вище перерахованих факторів змінить кількісні і якісні показники ЛРС, щоб у подальшому створити рекомендації що до збору та вирощування таких рослин у певних умовах.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Державна фармакопея України /Державне підприємство „Науковоекспертний фармакопейний центр”. – 1- вид. (доповнення 1). - Х.: РІРЕГ, 2004. - 520 с.
2. Державна фармакопея України /Державне підприємство „Науковоекспертний фармакопейний центр”. - 1-ше вид. (доповнення 2). - Х.: РІРЕГ, 2008. - 620 с.

3. Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.2. Київ: Аграрна освіта, 2010. 405 с.
4. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин: підруч. для студ. вищ. фармац. навч. закл. та фармац. ф-тів вищих мед. навч. закл. III—IV рівнів акред. (2-е вид ). Х.: Вид-во НФаУ, МТК-книга. 2004. 704 с.
5. Сучасна фітотерапія : навч. посіб. / С.В. Гарна, І.М. Владимірова, Н.Б. Бурд та ін. – Х.: «Друкарня Мадрид», 2016. – С. 580.
6. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Аграрна освіта, 2000. 415 с
7. Ю. А. Новза, Е. М. Попова. Флавоноїди: Хімія та біологічна активність. Проблеми екологічної технології 1, 2016, с. 1-10.
8. Кучменко О.Б. Біохімія вітамінів. К.: Університет «Україна», 2012. 528 с.
9. Лебедева Т. С., Ситник К. М. Пігменти рослинного світу. Київ: Наук. думка, 1986. 87 с.
10. Рушак, Ю. Р. Лікарські рослини околиць смт. Міжгір'я. 2023, с 68-69.
11. Луценко, Н. М., and О. О. Пітух. Перспективи використання лікарських рослин медичними працівниками середньої ланки. Щоквартальний медичний науково-практичний журнал Том XIII, №3(49), 2023, с. 109-116.
12. Солодовниченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. М. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: Посібник з фармакогнозії. - Харків: Вид-во НФаУ: Золоті сторінки, 2001. - 408 с.
13. Кобзар А. Фармакогнозія в медицині: навч. посібник. – К.: Медицина, 2007. – 544 с
14. Антонюк, Л. Я. Фармакогнозія: навч. посіб. для студентів спец. 5.1202001 "Фармація" I-II рівня акредитації / Л.Я.Антонюк, В.О.Антонюк. – Львів: Кварт, 2016. - 114 с.
15. Кисличенко В.С. Фармакогнозія. Лабораторний практикум: навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти/ В. С. Кисличенко, І. О. Журавель та ін. - Х.: НФаУ, 2017. - 223 с.

16. Денис А. І. Порівняльні дослідження асортименту лікарських засобів на основі рослинної сировини, представленого на фармацевтичних ринках України та Польщі / А. І. Денис, А. В. Іванова, Т. А. Грошовий // Фармацевтичний часопис. – 2016. – № 3. – С. 26–31. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2016.3.6818>.

17. Баула О. П. Сучасні підходи до контролю елементних домішок у лікарських засобах рослинного походження / О. П. Баула, Т. М. Деркач // Фармацевтичний журнал. – 2017. – № 3–4. – С. 43–53.

18. Баула О. П. Забезпечення якості лікарських засобів рослинного походження: стан та перспективи / О. П. Баула, Т. М. Деркач // Фармацевтичний часопис. – 2017. – № 2. – С. 79–86. DOI 10.11603/23120967.2017.2.7816

19. Гудзенко А. В. Розробка підходів до стандартизації квіток нагідок лікарських у багатокомпонентних лікарських сумішах // Фітотерапія. Часопис. – 2011. – № 1. – С. 80–83.

20. Вікторов А. П. Фітопрепарати: раціональний підхід до медичного застосування / А. П. Вікторов // Фітотерапія. Часопис. – 2011. – № 3. – С. 3 – 12.

21. Калько К. О. Хронофармакологічне дослідження активності гепатопротекторних засобів: дис. канд. фармацевт. наук: 14.03.05 / Калько К. О.; НФаУ. – Харків, 2017. – 195 с.

22. Доклінічні дослідження лікарських засобів: метод. рек.; за ред. чл-кор. АМН України О. В. Стефанова. – Київ : Авіцена, 2001. – 528 с.

23. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012. Лікарські засоби. Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження; 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.apteka.ua/article/259698>.

24. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016 Лікарські засоби. Належна виробнича практика – К. : МОЗ України. – 2016. – 335 с.

25. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-5.1:2011 Лікарські засоби. Належна практика зберігання – К. : МОЗ України. – 2011. – 19 с.

26. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-5.0:2014 Лікарські засоби. Належна практика дистрибуції – К. : МОЗ України. – 2014. – 41 с.

27. Пархоменко Ю. М. Вітаміни в здоров'ї людини / Ю. М. Пархоменко, Г. В. Донченко. — К.: Академперіодика, 2006. — 182 с.
28. Кунах В.А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. — К. Логос, 2005. — 730с.
29. Фітохімічне дослідження складу поліфенольних сполук трави *Cirsium arvense* (L.) Scop. Флори України / Я. В. Попова, О. В. Мазулін, Г. В. Мазулін, Т. В. Опрощанська // Фармацевтичний журнал. — 2016. — № 2. — С. 83 — 87.
30. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
31. Волошин О. І., Васюк В. Л., Волошина Л. О. Звіробій звичайний (*Hypericum perforatum*): нові погляди на застосування препаратів із нього в сучасних умовах (огляд літератури) // Фітотерапія. Часопис. — 2005. — № 4. — С. 21–26.
32. Коновалова О.Ю. Цілюще зілля (Звіробій у терапії і профілактиці захворювань) / О.Ю. Коновалова, А.П. Лебеда // Львів: Медкнига. — 2008. — 640 с.
33. Коновалова О. Ю. Ботаніко-фармакогностичне дослідження видів звіробою при інтродукції в Україні: монографія. — К.: Блудчий, 2011. — 240 с.
34. Хімічне вивчення ліпофільних фракцій деяких видів роду *Hypericum L.* / В.П. Гапоненко, І.Г. Левашова, А.Г. Сербін // Укр. журн. клінічної та лабораторної медицини. — 2009. — Т. 4, № 4. — С. 47–49.
35. Аналіз ринку антидепресивних препаратів на основі звіробою звичайного, які зареєстровані в Україні / О.Ю. Коновалова, Т.К. Шураєва, Т.В. Джан, Т.А. Грошовий, Н.П. Дарзулі // Фітотерапія. Часопис. — 2010. — № 2. — С. 52–57.
36. *Hypericum perforatum L.* у сучасних фармацевтичних препаратах ринку України / В.П. Новіков, Н.Є. Стадницька, І.В. Дякон та ін. // ISSN 2522-9680. — Фітотерапія. Часопис. — 2018. — № 2. — С. 43 – 46.
37. Вміст біологічно активних речовин та елементний склад трави звіробою різних виробників / Т.М. Деркач, В.В. Страшний, О.О. Старікова, С.М. Лисенко // ISSN 2312 - 0967. — Фармацевтичний часопис. 2018. — № 4. — С. 5 – 13.
38. Бобкова І.А. Фармакогнозія : підручник для студ. вищих навч. мед. (фармац.) закл. I-III рівнів акредитації / І. А. Бобкова та ін. - К.: Медицина, 2006. - 439 с.

39. Золотайкіна М. Ю. Фармакогностичне вивчення сировини Пижма звичайного і розробка лікарських рослинних засобів на їх основі: дис. канд. фармац. наук: 15.00.02 / НФаУ. Х., 2017. 224 с.

40. Світельський, М. М., та інші. Аналіз інтродукції пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* L.) в умовах Полісся України. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки, 2018, 1. - с. 21-27.

41. Калько, К. О., та ін. Скринінгові дослідження жовчогінної активності рідкого екстракту трави пижма звичайного (*Tanacetum vulgare*) за умов субхронічного гепатиту в щурів. Фармакологія та лікарська токсикологія, 2018, 1. с. 39–44.

42. Порівняльний аналіз компонентного складу ефірної олії у квітках та листках пижмо звичайного / Т. М. Гонтова, М. Ю. Золотайкіна // Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика. - 2015. - Вип. 24(5). - С. 67-72. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpnsnmapo\\_2015\\_24%285%29\\_\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpnsnmapo_2015_24%285%29__14)

43. Лікарські рослини і ЛРС, які містять фенольні сполуки, алкалоїди і різні групи БАР: навчально-методичний посібник з фармакогнозії для студентів 3 курсу фармацевтичного факультету / С. Д. Тржецинський, В. С. Доля, О. М. Денисенко [та ін.]. - Запоріжжя : ЗДМУ, 2014. - 136 с.

44. Смалюх, О. Г., Процик, Л. В., Кравчук, Ж. М. Фітохімічні дослідження рослинної сировини для розробки складу та специфікації лікарського засобу Холелесан у капсулах. Агроекологічний журнал, (2), 2016. с. 138-143.

45. Попова, Н. В. Елементний склад цмину та фламіну / Н. В. Попова, Л. О. Бобрицька, М. А. Аракелян // Вісник фармації. - 2013. - № 3. - С. 49-51. режі доступу <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/3576>

46. Гудзенко, А. В., Курапова, Т. М., Анзіна, К. М. Стандартизація цмину піскового в рослинних сумішах. Збірник наукових праць ПВНЗ «Київський Медичний Університет» «Сучасні аспекти медицини та фармації - освіта та практика». м.Київ, 2022., с. 244-246.



47. Гудзенко, А. В. Розроблення підходів до стандартизації цмину піскового (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench.) в рослинних сумішах. Фармацевтичний журнал, (6), 2014. с. 77.

48. Смалюх О. Г. Стандартизація цмину піскового квітів за складом і вмістом флавоноїдів / О. Г. Смалюх, М. І. Нестер, С. В. Сур // Актуал. питання фармац. та мед. науки та. - 2013. - N 3. - С. 95-98.

49. Токарчук, О., Струк, О., Грицик, А. Лікарські рослини-природні гепатопротектори. Збірник тез доповідей V міжнародної науково-технічної конференції „Стан і перспективи харчової науки та промисловості“, Тернопіль. 2019. с. 47-47.

50. Quideau, S. (2006), *Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Applications*. Edited by Øyvind M. Andersen and Kenneth R. Markham. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 45: 6786–6787. doi: 10.1002/anie.200685399

51. Zushang, Su. *Anthocyanins and Flavonoids of Vaccinium L.* / Su Zushang // *Pharmaceutical Crops*. - 2012. - Vol. 3. - P. 7-37.

52. Kawasaki, M. *Flavonoids in the leaves of twenty eight polygonaceous plants* / M. Kawasaki, I. Kanomata, K. Yoshitama // *Bot. Mag. Tokyo*. – 1986. – Vol.99. – P. 63–74.

53. *An integrated database of flavonoids* / T. Kinoshita, et al. // *Biofactors*. – 2006. – Vol. 26 (3). – P. 179 – 188.

54. *Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups* / Z. Y. Chen [et al.] // *Chem.Phys. Lipids*. – 1996. – Vol. 79, № 2. – P. 157-163.

55. *Antioxidant properties of flavonoids: reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoids radicals* /S. V. Jovanovic [et al.] // *Flavonoids in health and disease* / S. A. van Acker [et al.]; eds. C. A. RiceEvans, L. Packer. – New York, 1998. – P. 137-161.

56. Harborne, J.B. *Advances in flavonoids research since 1992* /J.B. Harborne, C.A. Williams // *Phytochemistry*. - 2000, 55. - P. 481 – 504.

57. *The flavonoids*/ ed. by J. B. Harbon, T. J. Mabry. – London: Chapman and Hall. 1975. – 1204 p.

58. Hypochlorite scavenging activity of flavonoids / O. Firuzi [et al.] // *J. Pharm. Pharmacol.* – 2004. – Vol. 56, № 6. – P. 801-807.
59. Anal J. M. H., Chase P. Trace elements analysis in some medicinal plants using graphite furnace-atomic absorption spectroscopy. *Environ. Eng. Res.* 2016. P. 24.
60. Cheng I.F., Breen K. On the ability of four flavonoids, baicalein, luteolin, naringenin, and quercetin, to suppress the Fenton reaction of the iron-ATP complex // *BioMetals.* – 2000. – Vol. 13. – P. 77-83.
61. Brantner, A. Antibacterial activity of plant extracts used externally in traditional medicine. / A. Brantner, E. Grein // *Journal of Ethnopharmacology.* - 1994. – p. 35 – 40.
62. Vauzour D, Rodriguez-Mateos A, Corona G, Oruna-Concha MJ, Spencer JP. Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients.* 2010, 2(11):1106-31. doi: 10.3390/nu2111106. Epub 2010 Nov
63. Pandey KB, Rizvi SI. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev.* 2009, 2(5):270-8. doi: 10.4161/oxim.2.5.9498.
64. Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoid rutin by complexation with transition metals / I. B. Afanas'eva [et al.] // *Biochem. Pharmacol.* – 2001. – Vol. 61, № 6. – P. 677-684.
65. Martinková, J. Determination of the content of rutin and total polyphenols of spinach and amaranth/ J. Martinková, F. Hnilička, H. Hniličková, M. Orsák // *Scientia agriculturae Bohemica.* – 2009. – № 40. – P. 6–11.
66. Jürgenliemk, G. Phenolic compounds from *Hypericum perforatum* / G. Jürgenliemk, J. Nahrstedt // *Planta Med.* – 2002. – № 68. – P. 88–91.
67. Raduöienė, J. Morphological and Chemical Evaluation on *Hypericum perforatum* and *H. maculatum* in Lithuania / J. Raduöienė, E. Bagdonaitė, S. Kazlauskas // *Proc. XXVI IHC ñ Future for Medicinal and Aromatic Plants* Eds. L.E. Craker et al. *Acta Hort.* – 629 SHS. – 2004. – P. 55–62.
68. Tian J., Zhang F., Cheng J., Guo S., Liu P., Wang H. Antidepressant-like activity of adhyperforin, a novel constituent of *Hypericum perforatum* L // *Scientific Reports.* – 2014. – № 4. – 5632. – P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep05632>

69. Comparative analysis of the total degree of flavonoids and polyphenols in different products of *Hypericum perforatum* / N. Cibotaru, A. Benea, I. Soroca // Inter. sci. Symposium «Conservation of plant diversity». Chisinau, Republic of Moldova, 2017. – P. 72.
70. Nurzyńska-Wierdak, Renata; Sałata, Andrzej; Kniaziewicz, Magdalena. Tansy (*Tanacetum vulgare* L.) — A wild-growing aromatic medicinal plant with a variable essential oil composition. *Agronomy*, 2022, 12.2. - p 277.
71. Harborne, Jeffrey B.; Williams, Christine A. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 2000, 55.6. - pp. 481-504.
72. Williams, Christine A., et al. The flavonoids of *Tanacetum parthenium* and *T. vulgare* and their anti-inflammatory properties. *Phytochemistry*, 1999, 51.3. - pp. 417-423.
73. Herbina, N. A., et al. The study of the qualitative and quantitative content of the amount of flavonoids and hydroxycinnamic acids in a dense extract of common tansy flowers. *News of Pharmacy*, 2021, 2 (102). - pp. 8-13.
74. Rohloff, Jens; Mordal, Ruth; Dragland, Steinar. Chemotypical variation of tansy (*Tanacetum vulgare* L.) from 40 different locations in Norway. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52.6. - pp. 1742-1748.
75. Stevovic, Svetlana; Mikovilovic, Vesna Surcinski; Dragosavac, D. C. Environmental adaptability of tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*, 2009, 8.22. - pp. 6290-6294.
76. AK, Gunes, et al. *Tanacetum vulgare* L.(Tansy) as an effective bioresource with promising pharmacological effects from natural arsenal. *Food and Chemical Toxicology*, 2021, 153: 112268.
77. Kowalonek, Jolanta, et al. Physicochemical and Antibacterial Properties of Alginate Films Containing Tansy (*Tanacetum vulgare* L.) Essential Oil. *Polymers*, 2023, 15.2. - 260 p.
78. In vitro antioxidant properties of *Helichrysum arenarium*/ E. Czinner, et al. // Moench. *Journal of Ethnopharmacology*. – 2000. – 73. P. 437–443.
79. Stankov, Stanko, et al. Phytochemical composition of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench essential oil (aerial parts) from Turkey. *Ukrainian Food Journal*, 2020, 9(3).

80. Czinner, E., Kéry, A., Hagymási, K., Blázovics, A., Lugasi, A., Szoke, E., & Lemberkovics, E. Biologically active compounds of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*, 24, 1999. pp. 309-313.
81. Facino, R. M., Carini, M., Franzoi, L., Pirola, O., & Bosisio, E. Phytochemical characterization and radical scavenger activity of flavonoids from *Helichrysum italicum* G. Don (Compositae). *Pharmacological research*, 22(6), 1990. pp. 709-721.
82. Dănilă-Guidea, S. M., Eremia, M. C., Dinu, L. D., & Miu, D. M. *Helichrysum arenarium*: from cultivation to application. *Applied Sciences*, 12(20), 2022. 10241 p.
83. Mao, Z., Gan, C., Zhu, J., Ma, N., Wu, L., Wang, L., & Wang, X. Anti-atherosclerotic activities of flavonoids from the flowers of *Helichrysum arenarium* L. MOENCH through the pathway of anti-inflammation. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 27(12), 2017. pp. 2812-2817.
84. Mira, L., Tereza Fernandez, M., Santos, M., Rocha, R., Helena Florêncio, M., & Jennings, K. R. Interactions of flavonoids with iron and copper ions: a mechanism for their antioxidant activity. *Free radical research*, 36(11), 2002. pp. 1199-1208.
85. Badiaa, O., Yssaad, H. A. R., & Topcuoglu, B. (2020). Effect of heavy metals (copper and zinc) on proline, polyphenols and flavonoids content of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Plant Archives* (09725210), 20(2).
86. Rashidi, M. R., & Nazemiyeh, H. Inhibitory effects of flavonoids on molybdenum hydroxylases activity. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 6(2), 2010. pp. 133-152.
87. Wei, Y., & Guo, M. Zinc-binding sites on selected flavonoids. *Biological trace element research*, 161, 2014. pp. 223-230.
88. Ikeda, N. E. A., Novak, E. M., Maria, D. A., Velosa, A. S., & Pereira, R. M. S. Synthesis, characterization and biological evaluation of Rutin–zinc (II) flavonoid-metal complex. *Chemico-biological interactions*, 239, 2015. pp. 184-191.
89. Borissova, P., Valcheva, S., & Belcheva, A. Antiinflammatory effect of flavonoids in the natural juice from *Aronia melanocarpa*, rutin and rutin-magnesium complex on an experimental model of inflammation induced by histamine and serotonin. *Acta physiologica et pharmacologica Bulgarica*, 20(1), 1994. pp. 25-30.

90. Eghbaliferiz, S., & Iranshahi, M. Prooxidant activity of polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids: updated review of mechanisms and catalyzing metals. *Phytotherapy Research*, 30(9), 2016. pp. 1379-1391.
91. Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Chatzissavvidis, C., Therios, I. Boron and maturity effects on biochemical parameters and antioxidant activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(4), 2018. pp. 237-247.
92. Effect of Cobalt and Nickel on Plant Growth, Yield and Flavonoids Content of *Hibiscus sabdariffa* L. Aziz, Eman E., Nadia Gad and Nadia, M. Badran *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(2). 2007. pp. 73-78.
93. Chen, H., Yang, J., Deng, X., Lei, Y., Xie, S., Guo, S., Xu, T. Foliar-sprayed manganese sulfate improves flavonoid content in grape berry skin of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) growing on alkaline soil and wine chromatic characteristics. *Food chemistry* 314, 2020. 126182.

## РОЗДІЛ 2.

### МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Матеріали та умови проведення дослідження

Дисертаційне дослідження виконувалось протягом 4 років (2020-2024 рр.). Лікарську сировину збирали на території Ніжинського та Прилуцького районів Чернігівської області, зокрема на території агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Аналіз вмісту флавоноїдів проводився у навчально-науковій лабораторій з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, аналіз елементного складу ґрунту проводився у лабораторії дослідження ґрунтів PLT-lab.

Дослідження передбачало збирання рослинної сировини на початку цвітіння рослин, піку цвітіння та в кінці цвітіння. Також враховувалися місця збирання, а саме ділянки з різним ступенем антропогенного навантаження. Крім того досліджувалася рослинна сировина, що висушувалася за різних умов впливу сонячного світла (під прямими сонячними променями та в затінку). Також досліджувалась залежність вмісту флавоноїдів від елементного складу ґрунту у лікарській рослинній сировині.

Характеристика ґрунту: для Прилуцького та Ніжинського районів Чернігівської області характерні малогумусні та опідзолені чорноземи. Інколи трапляються торф'яні й дерново-слабопідзолисті супіщані ґрунти і лучні содові солончаки в комплексі з чорноземно-лучними солончакуватими ґрунтами і плямами карбонатних солонців [3].

За гранулометричним складом – легкосуглинкові ґрунти. Вміст гумусу в них коливається від 2,68 до 3,69% і дорівнює в середньому 3,13%. Реакція ґрунтового розчину - нейтральна або близька до нейтральної, рН - 5,8-6,2. Середньозважений вміст рухомих форм фосфору коливається по районах від 122 до 144 мг/кг ґрунту, обмінного калію - 91-100 мг/кг ґрунту, мають підвищений вміст обмінного кальцію та магнію, відповідно 10,6 і 2,2 мг-екв/100г ґрунту [1, 2].

Умови збору лікарської сировини - лікарська рослинна сировина збиралася у літній період за однакових кліматичних умов. Прилуцький район, де збиралася частина матеріалу, знаходиться у лісостеповій зоні, а частина Ніжинського району, зокрема ті ділянки де збирався матеріал, знаходиться у зоні полісся. Середня літня температура становить +19, +20°C. Усього за рік випадає в середньому 570 мм опадів із найбільшою часткою саме влітку (червень-серпень). Вегетативна тривалість (дні с температурою вище 15°C) становить в середньому 107 днів. Сумарний радіаційний сонячний фон - 99 ккал/см<sup>2</sup> [3].

Характеристика досліджуваної лікарської рослинної сировини

Для дослідження були взяті наступні види рослин: звіробій продірявлений (*Hypericum perforatum* L.), пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.), цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* L.).

Звіробій продірявлений (*Hypericum perforatum* L.)

*Зовнішня характеристика.* Верхня частина - стебла із листками, квітками, бутонами та недозрілими плодами. Стебла циліндричні та порожні, довжиною 30 см, має два поздовжні ребра. Листки сидячі, продовгуваті, або продовгувато-овальні, має цільні краї, оголені, ширина - до 1,4 см, довжина - до 3,5 см. Квітки численні, діаметр - 1-1,5 см, зібрані у вигляді щитоподібної мітли. Чашолистки ланцентні, гострі, чашечка зрістнолиста, глибока. Вінчик роздільно пелюстковий, в 2-3 рази довший за чашечку, 5 пелюсток. Тичинки багато чисельні, зрощені у основи нитками у 3 пучки. Плід - тригніздова багатосім'янна коробочка. Колір стебла - від зеленувато-жовтого до сірувато-зеленого, колір листків - від сірувато-зеленого до темно-зеленого, колір пелюсток - жовтий, може бути із чорними крапками, колір плода - зеленувато-коричневий. Запах слабкий. На смак - гіркий, в'яжучий.



Рис. 2.1.1 Ботанічна ілюстрація з книги О. В. Томе *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 1885 [15].

Рослинна сировина у подрібненому вигляді. Шматочки стебел, листків (сірувато-зеленого кольору), квіток (жовтого кольору) різної форми і недозрілих плодів, що проходять через сито 7 мм.

#### Числові показники

У цільній рослинній сировині. Сума флавоноїдів у перерахунку на рутин не менше 1,5%; вологість не більше 13 %; золи загальної не більше 8%; золи нерозчинної не більше 1%; стебел не більше 50%; органічних домішок не більше 1%; мінеральних домішок не більше 1%.

У подрібненій рослинній сировині. Сума флавоноїдів у перерахунку на рутин не менше 1,5%; вологість не більше 13 %; золи загальної не більше 8%; золи нерозчинної не більше 1%; часточок, що не проходять через сито діаметром 7 мм не



більше 10%; часточок, що проходять через сито діаметром 0.310 мм не більше 10%; органічних домішок не більше 1%; мінеральних домішок не більше 1% [2,9].

Пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.)

*Зовнішня характеристика.* Частина складного щитоподібного суцвіття і окремі квіткові кошики. Кошики напівкруглої форми із вдавненою серединою, діаметром 6-8 мм, складаються із малих трубчастих квіточок (крайніх - маточних, середніх - двостатевих). Квітколоже голе, не порожнє, трохи випукле, оточене обгорткою у вигляді черепиці із ланцетних (із півчастими краями) листків. Квітконоси голі, із борознами, рідше - слабо опушені. Колір квіток - жовтий, листків - темно-зелений, квітконосів - світло-зелений. Запах - своєрідний. Смак - гіркий, пряний.



Рис.2.1.2 Ботанічна ілюстрація з книги О. В. Томе *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 1885 [15].

*Рослинна сировина у подрібненому вигляді.* Цільні квіткові кошики, окремі трубчасті квітки, квітколожа і шматочки квітконосів, що проходять через сито із отворами діаметром 7 мм. Колір - зеленува-жовтий. Запах - своєрідний. Смак - гіркий, пряний.

#### Числові показники

*У цільній рослинній сировині.* Сума флавоноїдів і фенолкарбонових кислот у перерахунку на лютеолін не менше 2,5%; вологість не більше 13 %; золи загальної не більше 9%; квіткових кошиків і їх частинок не менше 60%; у тому числі бурих та почорнілих кошиків не більше 8%; органічних домішок не більше 1%; мінеральних домішок не більше 0,5%.

*У подрібненій рослинній сировині.* Сума флавоноїдів і фенолкарбонових кислот у перерахунку на лютеолін не менше 2,5%; вологість не більше 13 %; золи загальної не більше 9%; квіткових кошиків і їх частинок не менше 60%; у тому числі бурих та почорнілих кошиків не більше 8%; часточок, що не проходять через сито із отворами діаметром 7 мм не більше 2%, що проходять через сито із отворами діаметром 0,25 не більше 5%; органічних домішок не більше 1%; мінеральних домішок не більше 0,5% [2,10].

#### Цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* (L.))

*Зовнішня характеристика.* Кошики округлої форми, поодинокі або декілька разом на коротких шерстисто-повстяних квітконосах довжиною до 1 см, діаметр - 7мм. Кошики складаються із багато-чисельних квіток, розташованих на голому квітколожі, оточені багато-чисельними, не щільно притиснутими листками. Усі квітки трубчасті, п'ятизубчасті, двополі, із чубчиком. Листочки обгортки увігнуті, сухі, плівчасті, блискучі. Колір обгортки - жовтий, колір квіток - жовтий, або помаранчевий. Запах - слабкий, ароматний. Смак - терпкий, гіркий.



Рис. 2.1.3 Ботанічна ілюстрація з книги О. В. Томе *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 1885 [15].

#### Числові показники

У *цільній рослинній сировині*. Сума флавоноїдів у перерахунку на ізосаліпурпозид не менше 6%; вологість не більше 12 %; золи загальної не більше 8%; суцвіть із залишками стебел довжиною вище 1 см не менше 5%; залишок кошиків не більше 5%; органічних домішок не більше 0,5%; мінеральних домішок не більше 0,5%.

У *подрібненій рослинній сировині*. Сума флавоноїдів у перерахунку на ізосаліпурозид не менше 6%; вологість не більше 12 %; золи загальної не більше 8%; суцвіть із залишками стебел довжиною вище 1 см не менше 5%; залишок кошиків не більше 5%; дрібних часточок, що проходять через сито з отворами діаметром 2 мм не більше 5%; органічних домішок не більше 0,5%; мінеральних домішок не більше 0,5% [2, 11].

## 2.2. Методики проведення дослідження

Для звіробою оптимальний період збору - червень-липень. Для пижма - середина липня. Для цмину - серпень, перші дні вересня [1].

Рослинна сировина збиралася у 2 етапи.

1 етап - дослідження залежності накопичення флавоноїдів у рослинній сировині на початку цвітіння рослин, піку цвітіння та в кінці цвітіння; дослідження залежності накопичення флавоноїдів у рослинній сировині на ділянках із різним ступенем антропогенного навантаження; дослідження залежності накопичення флавоноїдів у рослинній сировині за різних умов впливу сонячного світла.

2 етап - дослідження залежності накопичення флавоноїдів у рослинній сировині від елементного складу ґрунту.

Заготівля та збір рослинного матеріалу відбувався відповідно до стандарту державної фармакопеї України.

На першому етапі дослідження рослинний матеріал збирався в районі Ніжинського регіонального ландшафтного парку у різних ділянках із різним антропогенним навантаженням. Біля з'їзду у сторону села Кошилівка, Ніжинського району, Чернігівської області у зонах із різним ступенем антропогенного навантаження (узбіччя дороги, за 3-5 метрів від магістральної дороги). На території агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. За межами міста Прилуки у різних ділянках із різним антропогенним навантаженням (у районі старих колій, за 1000 метрів біля заводу "Пластмас") Прилуцького району, Чернігівської області.

Заготівля звіробою (*Hypericum perforatum* L.)

Ідентифікація та відбір: дану ЛРС збирали на сонячних полях, за 1000 метрів від дороги. Для заготівлі відбирали здорові рослини звіробою. Шукали рослини з інтенсивним ростом, яскравими жовтими квітами та мінімальними ознаками хвороб або пошкоджень. Уникали збирання рослин біля узбіччя доріг або місць, які могли мати забруднювальні речовини або хімікати, окрім спеціальних зразків із зон антропогенного навантаження.

Терміни: Було підбрано оптимальний час для збирання звіробою, коли квіти повністю розпустилися, але до того, як вони почнуть в'янути. Зазвичай це період піку цвітіння, який може відрізнятися залежно від місця розташування, але часто відбувається в червні або липні. Додатково, збирали зразки, коли рослина тільки починає квітнути та зразки, коли квітки тільки починають в'янути.

Обладнання для збирання та збір: за допомогою садових ножиць зрізалися верхні частини рослини, яка містить квіти та листя, залишаючи нижню частину рослини, щоб дати можливість відростати, після чого переміщали до тканинного мішка для збору рослинного матеріалу, кожен зразок, на момент збору, зберігався окремо одне від одного.

Транспортування: увесь рослинний матеріал перевозився окремо одне від одного у спеціальних тканинних мішках, забезпечивши належну циркуляцію повітря, щоб запобігти накопиченню вологи та подальшому розвитку цвілі. Повністю виключалися ефекти подрібнення або пошкодження рослинного матеріалу.

Сушка: після збору звіробій переносили у добре провітрюване затінене приміщення для подальшого сушіння. Рослинний матеріал розкладався на сухій паперовій скатертині. Відстежувалося, щоб на рослини не потрапляли прямі сонячні промені, оскільки це може пошкодити їх активні компоненти. Висушування відбувалося впродовж двох тижнів. Рослинний матеріал досить сухий, коли листя і квітки легко осипаються. Додатково деякі зразки висушувалися на сонці.

Зберігання: після висихання відкидалися будь-які здерев'янілі чи непотрібні частини. Зберігання звіробою відбувалося у скляних тарах, подалі від світла, тепла та вологи. Температура зберігання - 20°C. Вологість - 44%. Приміщення із гарною вентиляцією та повною відсутністю шкідників.



Рис. 2.2.1 Висушена рослинна сировина

Заготівля пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* L.)

Ідентифікація та відбір: Пижмо має папоротеподібне листя з сильним ароматним запахом і скупчення жовтих гудзикових квітів. Зазвичай досягає 60-90 см у висоту. Матеріал збирався на суходольних луках біля села Кошилівка, на галявинах біля широколистоного соснового лісу, на ділянці систематики рослин агробіостанції НДУ. Для збору відбиралися здорові рослини, вільні від хвороб, шкідників або пошкоджень. Обиралися рослини з яскравим зеленим листям і рясними квітами. Виключалося збирання пижма, що росте в місцях, які могли бути забруднені шкідливими речовинами або хімікатами, окрім спеціальних зразків із зон антропогенного навантаження.

Терміни: обирався оптимальний час для збору пижма, який припадав на літні місяці, коли рослина розквітає, а саме середина літа (липень). Додатково, збирали зразки, коли рослина тільки починає квітнути та зразки, коли квітки тільки починають в'янути.

Збір рослинної сировини: за допомогою садових ножиць обережно зрізалися верхні частини, які містять квіти, залишаючи нижню частину рослини, щоб дати змогу відрости та забезпечити стійкість рослини. Після чого ЛРС пакувалася у тканинний мішок для збору рослинного матеріалу.

Транспортування, зберігання та висушування відбувалося відповідно до стандарту державної фармакопеї України [10]. Додатково деякі зразки висушувалися на сонці.

Заготівля цмина піщого (*Helichrysum arenarium* L.)

Ідентифікація та відбір: обиралися невеликі кущики 30-60 см у висоту, з вузькими сріблясто-сірими листям і маленькими жовтими квітками. *Helichrysum arenarium* зазвичай зустрічається на сухих піщаних ділянках, кам'янистих схилах або луках. Для збирання відбиралися здорові рослини *Helichrysum arenarium*, вільні від хвороб, шкідників або пошкоджень. Обиралися рослини з яскравим листям і рясними квітами. Виключалося збирання сировини, що росте в місцях, які могли бути забруднені шкідливими речовинами, окрім спеціальних зразків із зон антропогенного навантаження.

Терміни: обирався відповідний час для збору *Helichrysum arenarium*, а саме - період активного цвітіння, який зазвичай відбувається влітку з червня по серпень, інколи початок вересня. Додатково, збирали зразки, коли рослина тільки починає квітнути та зразки, коли квітки тільки починають в'янути.

Збір рослинної сировини: за допомогою садових ножиць зрізалися верхні частини *Helichrysum arenarium*, які містять розкриті квіти, залишаючи нижню частину, щоб дозволити рослині відростати та підтримувати популяцію. Після чого ЛРС пакувалася у тканинний мішок для збору рослинного матеріалу.

Транспортування, зберігання та висушування *Helichrysum arenarium* відбувалося відповідно до стандарту державної фармакопеї України [10]. Додатково деякі зразки висушувалися на сонці.

На другому етапі дослідження рослинна сировина та ґрунт збиралися: на луках біля села Мала Кошилівка та з'їзду до села Березанка Ніжинського району; в нижній частині піщаного кар'єру, біля Ніжинського регіонального ландшафтного парку; на

агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя; за межами міста Прилуки, на квітучій галявині за 1500 метрів від кінця вулиці Героїв Авіаторів; за межами міста Ічня, Прилуцького району.

### **Методика збору та зберігання ґрунту**

Відбір проб ґрунту відбувався у той же час, коли збиралася досліджувана ЛРС.

Для аналізу збиралися зразки рослинної сировини після чого бралися проби ґрунтів з місця, де проростала дана рослина, з якої бралися ці зразки. Слід зазначити, що всі зразки бралися у природних умовах. Кожна досліджувана територія представляла собою ділянку площиною 20 м<sup>2</sup>. Об'єм ґрунтів відповідав необхідним вимогам, а саме 200 г, у кожній точці відбору проб підбиралася відповідна глибина, а саме 15-20 см. тобто саме там, де сформована основна частина кореневої системи рослин. Для відбору зразків ґрунту використовували лопату, збирали таким чином, щоб уникнути поверхневого забруднення рослинними залишками. Збиралися зразки в чисті пластикові контейнери, після чого ретельно перемішували, щоб забезпечити однорідність. Зразки висушувалися на повітрі при кімнатній температурі, а потім переміщалися у чисті, марковані та запечатані пакети для проб. Зберігалися зразки при температурі 20°C, вологості 40% та без потрапляння світла, щоб запобігти деградації або зміні вмісту мікроелементів [3]. Після цього було зроблено аналіз мікроелементів Бор, Кобальт, Купрум, Магній, Манган, Молібден та Цинк за методикою атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою [7].

### **Методика дослідження вмісту флавоноїдів у ЛРС**

Для проведення екстракції використовувалася водяна баня (температура 80-90°C). Як екстрагент використовувався 50% етиловий спирт [4]. Спектрофотометрію проводили на спектрофотометрі Ломо СФ-2Б, при довжині хвилі 415нм. У якості стандартного зразку - був використаний державний стандартний зразок рутину, із додаванням 2% розчину хлористого алюмінію. Для приготування 2% розчину хлористого алюмінію - (2.00±0.01) г хлористого алюмінію розчиняють у 50 мл 96% етилового спирту у колбі ємністю 100 мл, доводять об'єм розчину до мітки етиловим спиртом той же концентрації і перемішують. Для приготування державного стандартного зразка рутину - (0.05±0.002) г рутину розчиняють у 85 мл



96% етилового спирту у колбі ємністю 100 мл, доводять об'єм до мітки спиртом той же концентрації та перемішують. [9].

#### *Проведення якісної реакції на флавоноїди*

1 мл екстракту, отриманого згідно до методики переносять у пробірку, додають 2 мл 2% розчина хлористого алюмінію та 7 мл 96% етилового спирту. Розчин повинен пофарбуватися у зеленувато-жовтий колір.

#### *Кількісне визначення суми флавоноїдів*

Аналітичну пробу сировини подрібнюють до частинок, що можуть проходити через сито діаметром 1 мм.

1 г сировини зважують на електронних вагах с похибкою в 0.002 г, переносять до колби ємністю 150 мл і додають 30 мл 50% етилового спирту. Колбу нагрівають на водяній бані протягом 30 хв., періодично струшуючи частинки сировини зі стінок. Теплий екстракт фільтрують у мірну колбу 100 мл, так щоб часточки сировини не потрапляли на фільтр. Додають в колбу для екстрагування 30 мл 50% етилового спирту і проводять екстракцію ще 2 рази, фільтруючи екстракт у туж мірну колбу 100 мл. Після охолодження доводять об'єм до мітки в 100 мл 50% етиловим спиртом і перемішують (розчин А). В мірну колбу 25 мл переносять піпеткою 1 мл розчину А додають 2 мл 2% розчина хлористого алюмінію і доводять об'єм до мітки 96% спиртом. Через 40 хв. виміряють оптичну щільність розчина на спектрофотометрі при довжині хвилі 415 нм у кюветі товщиною 10мм. В якості розчину порівняння використовують розчин який складається із 1 мл розчину А і 1 краплі оцтової кислоти, доведеної у пробірці 25 мл до мітки 96% етиловим спиртом. Паралельно в тих же умовах виміряють оптичну щільність розчину державного зразка рутину. Для цього у мірну колбу ємністю 25 мл переносять піпеткою 1 мл розчину державного зразка рутину, додають 2 мл 2% хлористого алюмінію і доводять об'єм до мітки 96% етиловим спиртом. Через 40 хв. вимірюють оптичну щільність на спектрофотометрі.

Масову долю суми флавоноїдів (X) у відсотках, у перерахунку на рутин і абсолютно суху речовину, визначають за формулою.

$$X = (D \cdot m_0 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100) / (D_0 \cdot m \cdot 100 \cdot (100 - W))$$

Де  $D$  - оптична щільність досліджуваного розчину,

$D_0$  - оптична щільність розчину рутину,

$m$  - маса сировини у г.,

$m_0$  - маса рутину у г.,

$W$  - втрата у масі при висушування у % [6, 12, 13].

### **Методика дослідження мікроелементів ґрунту**

Дослідження вмісту мікроелементів ґрунту проводилося за методикою атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (Бор, Кобальт, Купрум, Магній, Манган, Молібден та Цинк). За даним методом досліджують пробу, яку вносять в атомізатор (що одночасно є джерелом випромінювання), де вона випаровується, сполуки дисоціюють і вільні атоми та іони переходять у збуджений стан. Через  $10^{-7}$  с. збуджений електрон переходить до основного стану, випромінюючи світло, яке за допомогою спектрального приладу розкладається на спектр і реєструється. Використання методу з аналітичною метою потребує підтримування порівняно постійної температури у джерелі збудження, тому що інтенсивність випромінювання світла  $I_m$  при електронному переході з рівня  $m$  на основний залежить від абсолютної температури  $T$  згідно зі співвідношенням:

$$I_m = BN_0 \exp(-E_m/kT)$$

де  $B$  - константа;

$N_0$  - кількість незбуджених атомів;

$E_m$  - енергія збудженого рівня;

$k$  - стала Больцмана.

Для збудження використовують полум'я горючих газів у суміші з окиснювачами, електричну дугу постійного і змінного струму, імпульсний розряд, іскру [3, 7].

### **2.3. Статистична обробка даних отриманих результатів**

Для статистичної обробки даних та створення таблиць, а також для проведення розрахунків використано стандартну програму Microsoft Excel. Для кількісних показників розраховували середнє арифметичне ( $\bar{X}$ ), стандартну помилку середнього ( $Sd$ ), середнє квадратичне відхилення ( $\sigma d$ ), для якісних ознак - відносні (в %) частоти.

Статистична оцінка даних проводилася за t критерієм Стьюдента (рівень значущості  $p = 0,05$ ).

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 2

1. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняно-літньої вегетації сільськогосподарських культур в Україні. Агроном. 2009. № 3. сс. 12 – 13.
2. Середа П. І. Максютіна М. П., Давтян Л. Л. Фармакогнозія: лікарська рослинна сировина та її фітозасоби. Вінниця: Нова Книга, 2006. с. 28 - 38.
3. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
4. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський, М.Г. Михайлов – Вінниця : Нова Книга, 2006. – 368 С.
5. Семенишин Є.М. Механізм і кінетика екстрагування / Є. М. Семенишин, Й. Й. Ятчишин, В.І. Троцький, Ю.В. Ковальська // Хімічна промисловість України. – Київ, 2013. – Вип. 43(2). – С. 116 – 120. - Режимдоступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np\\_2013\\_43%282%29\\_\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2013_43%282%29__30)
6. Саламаха В. В. Розробка методів виділення рутину і кверцетину із квіток софори японської / Саламаха В. В., Протункевич О. О., Присяжнюк К. О. // Праці Одеського політехнічного університету. 2012. – № 1(38). – С.286–290.
7. Thakur, Surya N. "Atomic emission spectroscopy." Laser-induced breakdown spectroscopy. Elsevier, 2020. pp. 23-40.
8. The new methodological approaches to the standardization of the some medicinal plants containing the flavonoids and phenylpropanoids / V.A. Kurkin, et al. // XXIV International Conference on Polyphenols communications «Polyphenols communication 2008». - Salamanca, 2008. - pp. 185 - 186.
9. Державна Фармакопея України - 1-е вид. - Доповнення 3. - Х: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2009. - 280 с.

10. Державна Фармакопея України / Державне підприємство “Науковоекспертний фармакопейний центр. - 1 вид., - Доповнення 2. - Х. : Державне підприємство “Науково-експертний фармакопейний центр, - 2008. - 620 с.

11. Державна Фармакопея України / Міністерство Охорони Здоров'я України. - 1 вид., - Х. : РІРЕГ, - 2001. - 556 с.

12. М. Ю. Золотайкіна, Т. М. Гонтова, Е. Е. Котова, А. Г. Котов, С. М. Губарь. Розробка методики ідентифікації фенольних сполук у пижма квітках. Journal «ScienceRise» №4/4(21) 2016. - сс. 38 - 41.

13. Ідентифікація та кількісне визначення флавоноїдів комплексного густого екстракту трави звіробою та квіток нагідок / Т.А. Шостак, Т.Г. Калинюк, Л.В. Вронська // ISSN 2312-0967. – Фармацевтичний журнал. – 2017. – № 3 – 4. – С. 71–79.

14. Попова, Н. В., Ткаченко, М. Ф., Липовецький, П. В. Визначення вмісту флавоноїдів в цмині піщовому. Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин : матеріали I Міжнародної науково-практичної internet-конференції (м. Харків, 20-21 березня 2014 р.) /редкол. : Т. М. Гонтова, Я. С. Кічимасова, Т. В. Опрошанська. – Х. : Видво НФаУ, 2014. с. 250 - 251.

15. Thomé, O. W. Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 1885. Gera, Germany. 700 p.

### РОЗДІЛ 3.

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ВІД ЧАСУ ЦВІТІННЯ, АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВПЛИВУ СОНЯЧНОГО СВІТЛА

В даному розділі подано матеріали, які віддзеркалюють залежність вмісту флавоноїдів у досліджуваних рослинах від часу цвітіння (початок, пік та кінець цвітіння), місця де росте рослина з урахуванням антропогенного впливу. Також подано результати досліджень, які розкривають закономірність впливу сонячного світла.

### 3.1. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від часу цвітіння рослин (початку цвітіння, піку цвітіння та кінця цвітіння)

Отримані результати, які представлені в таблиці 3.1.1. вказують на залежність вмісту флавоноїдів у досліджуваних рослинах від часу цвітіння.

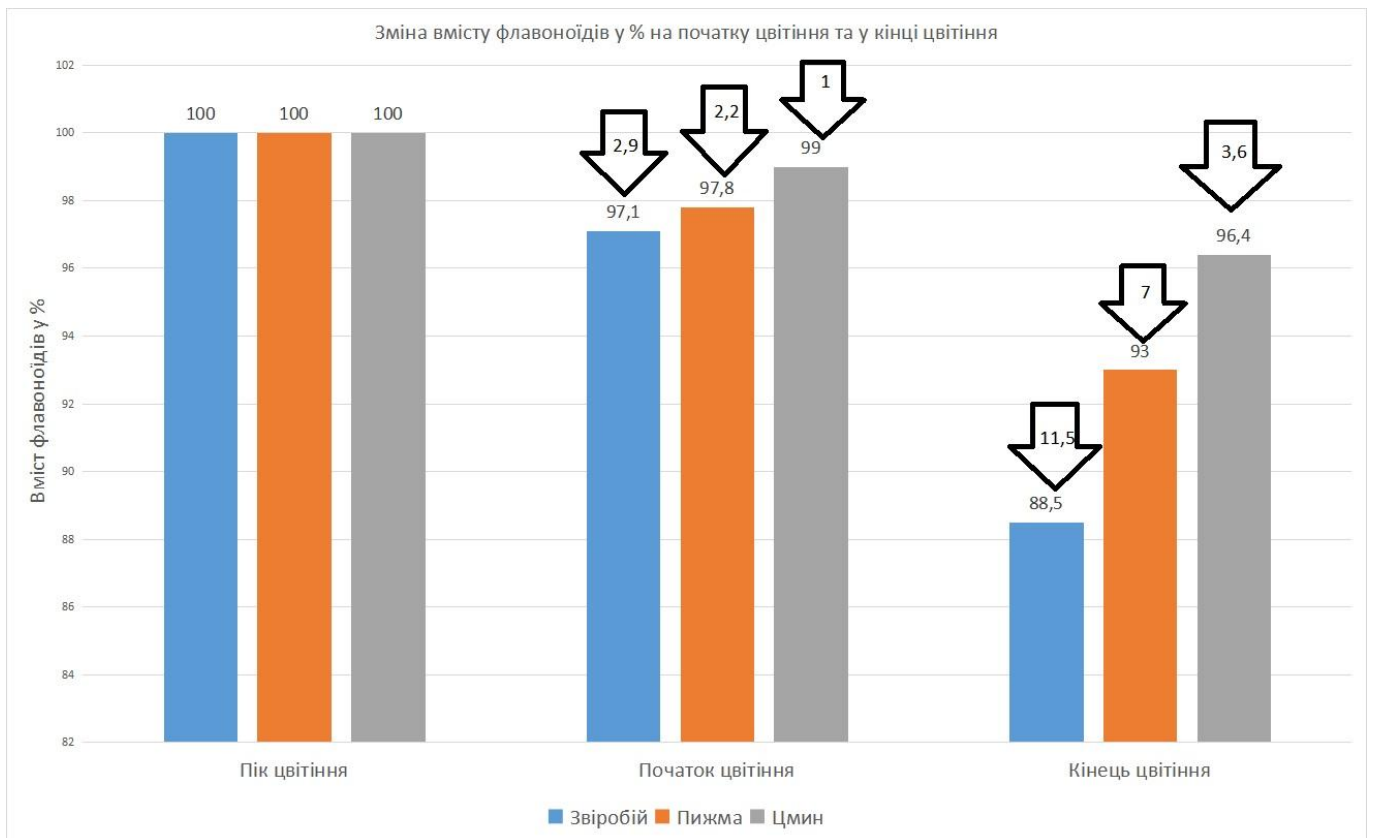
Час активного цвітіння для пижма та звіробою припадає на липень, а цмину на серпень, саме тоді вміст флавоноїдів у цих рослинах досягає пікових величини [2, 3]. Початком цвітіння, у нашому дослідженні є момент, коли квітки рослини тільки починають розкриватися, а деякі ще не розкриті взагалі. Пік цвітіння - усі квітки повністю розкриті. Кінець цвітіння - момент, коли рослина тільки починає в'янути, набуває бурих відтінків, а більша частина квіток вже закрита, або починає закриватися.

Таблиця 3.1.1

### Вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробою продірявленого, пижма звичайного, цмину піскового (M±m)

Вміст флавоноїдів (%)	Звіробій	Пижмо	Цмин
Пік цвітіння	7,790±0.428	7,279±0.398	9,343±0.513
Початок цвітіння	7,561±0.415*	7,123±0.391*	9,249±0.508*
Кінець цвітіння	6,896±0.379*	6,768±0.372*	9,006±0.495*

Примітка: \* $p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з піком цвітіння



*Рис. 3.1.1 Зміна вмісту флавоноїдів у % на початку цвітіння та у кінці цвітіння*

Із рис. 3.1.1 видно, що найбільше зменшення накопичення флавоноїдів має рослинна сировина звіробою продірявленого а саме 11,5% у порівнянні з піком цвітіння. На початку цвітіння вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробою продірявленого був меншим всього на 2,9%. Слід зазначити, що у рослинній сировині пижма звичайного проміжне значення у кінці цвітіння, а саме зменшення на 7%. На початку цвітіння у рослинній сировині пижма звичайного дуже значних відмінностей у порівнянні із піком цвітіння не спостерігається. Меншою мірою від часу цвітіння залежить рослинна сировина цмину піскового, показники якого змінилися не значно, а саме, вміст флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового на початку цвітіння становила на 1% менше ніж у піку цвітіння, а у кінці цвітіння на 3,6% у порівнянні з піком цвітіння.

У пижма дуже насичене суцвіття, саме воно, в більшій мірі, використовується як рослинна сировина для екстракції. Кінець цвітіння зумовлює активне в'янення цього суцвіття, що зменшує вміст речовин у квітках. На початку цвітіння кошики повністю ще не розкрилися, або розкрилися частково, у цей період вони вже мають

достатню кількість біологічно активних речовин, але продовжують їх накопичувати протягом усього цвітіння [4].

У звіробоя, як і у пижма також пишне суцвіття. На початку цвітіння, коли бутони ще не розкрилися, вони вже мають певну кількість біологічно активних речовин, але їх пік припадає на фазу активного цвітіння. Коли настає початковий період в'янення, квітки починають висихати, приймають бурий відтінок, деякі квітки можуть залишити жовтий колір, але більша частина квіток, хоч і не повністю, але втрачає біологічно активні речовини, а саме флавоноїди [5].

Цмин збирається зазвичай на початку цвітіння, до розкриття кошиків. Саме в цей період відбувається пікове накопичення біологічно активних речовин, зокрема флавоноїдів [8]. Оскільки вміст флавоноїдів у зразках на початку цвітіння та піку майже співпадають можна сказати, що цмин доцільно збирати і на початку і в періоди активного цвітіння. Навіть під час кінця цвітіння вміст флавоноїдів незначно зменшується, що дає підставу вважати, що цмин має достатній вміст біологічно активних речовин та флавоноїдів упродовж усього цвітіння.

Таким чином вміст флавоноїдів має залежність від часу цвітіння, яка максимально проявляється у звіробоя продірявленого, мінімально проявляється у цмина піскового, середня залежність виявлена у пижмі звичайній. Виходячи із цього можна сказати, що залежність вмісту флавоноїдів у цмина піскового від часу цвітіння мінімальна.

### **3.2. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від місця збирання, а саме ділянок із різним ступенем антропогенного навантаження**

Результати нашого дослідження дають нам підставу вважати, що антропогене навантаження має прямий вплив на вміст флавоноїдів у досліджуваних рослинах, а саме значне зменшення вмісту флавоноїдів не залежно від періоду цвітіння (табл. 3.2.1.) в порівнянні з ділянками, що мали мінімальний антропогенний вплив.

Пижмо і звіробій збирались, згідно до норм, на квіткових, сонячних галявинах подалі від магістральних доріг та промислових центрів [8]. Так само збирався і цмин, але, оскільки рослина проростає зокрема на піщанистих ґрунтах, її збирали біля старого кар'єру за 1000 метрів від дороги. Такі місця проростання є найкращими для досліджуваних рослин [9].

Ділянки із мінімальним рівнем антропогенного навантаження це галявини та поляни біля лісів, за віддаленості від населених пунктів та доріг (4-5 км). Ділянки із низьким антропогенним впливом - місця біля доріг, магістральних доріг. Ділянки із високим рівнем антропогенного навантаження - місця неподалік (1,4 км) промислових центрів, або активних фабрик.

Таблиця 3.2.1

**Вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного, цмину піщового (M±m)**

Вміст флавоноїдів (%)	Звіробій	Пижмо	Цмин
Мінімальний рівень антропогенного впливу	7,811±0,428	7,312±0,399	9,405±0,513
Високий рівень антропогенного впливу	7,151±0,393*	5,747±0,316*	8,964±0,493*
Низький рівень антропогенного впливу	7,488±0,359*	6,456±0,329*	9,105±0,437*

Примітка: \* $p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з мінімальним рівнем антропогенного впливу

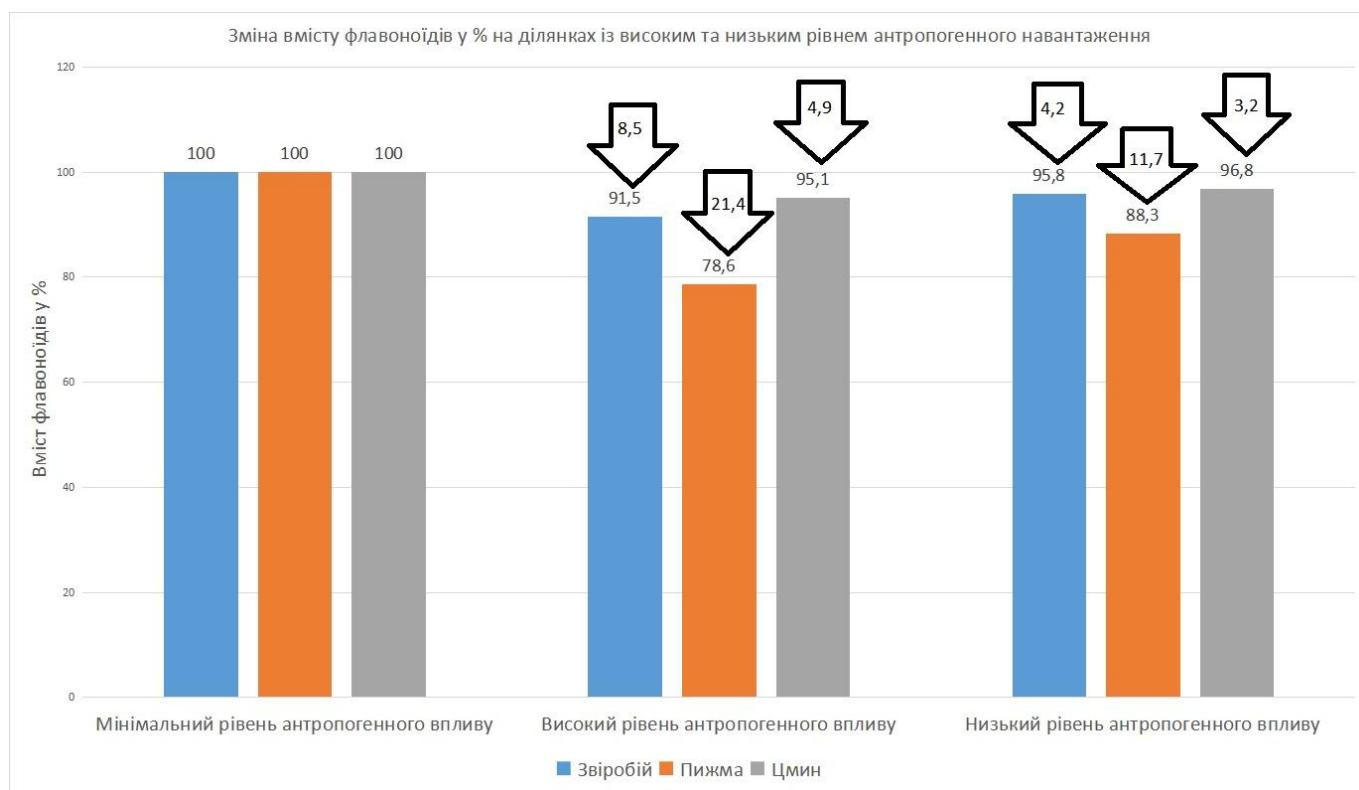


Рис. 3.2.1 Зміна вмісту флавоноїдів у % на ділянках із високим та низьким рівнем антропогенного навантаження



Із рис. 3.2.1 видно, що антропогенний вплив та пилове забруднення призвели до негативних змін у вмісту флавоноїдів досліджуваної ЛРС. Найбільше 21,4% зменшення вмісту флавоноїдів по відношенню до ділянок із мінімальним рівнем антропогенного навантаження, відбулося у пижма, що збиралося біля колій вугільного складу у Прилуках, що вважалось ділянкою із високим рівнем антропогенного навантаження. Найбільше зменшення вмісту флавоноїдів у ділянках із низьким рівнем антропогенного навантаження по відношенню до ділянок з мінімальним рівнем антропогенного впливу також відзначається у пижма і складає 11,7%, що збиралося біля дороги. Меншим є звіробій 8,4%, що збирався на околицях заводу Пластмас (Прилуки), і найменшим 4,9% - цмин, що збирався за 30-70 метрів від магістральної дороги у порівнянні з ділянками із мінімальним рівнем антропогенного навантаження.

У випадку із пижмою, на деяку кількість квіток рослини потрапляв вугільний пил. Вугілля часто містить домішки важких металів, таких як ртуть, свинець і миш'як. У вигляді пилу, вони можуть осідати на поверхні рослин або поглинатися корінням рослин. Накопичення важких металів у рослинах може порушувати різні фізіологічні процеси, погіршувати їх ріст і розвиток [10]. Оскільки був прямий контакт із забруднювальним фактором відсоткове зменшення є найбільшим.

Звіробій збирався не на території самого підприємства (Пластмас), а за його межами, 1000-1400 метрів від основних хімічних цехів. Є вірогідність, що деяка кількість хімічних сполук могла потрапити у ґрунти через підземні води. Хімічні речовини, які використовуються у виробництві пластику, такі як пластифікатори, стабілізатори та антипірени, можуть просочуватися в ґрунт у разі неправильної утилізації пластикових відходів. Забруднений такими хімікатами ґрунт може вплинути на ріст і розвиток рослин, змінюючи доступність поживних речовин, перешкоджаючи розвитку коренів і погіршуючи загальну родючість ґрунту. Окрім цього, деякі хімічні продукти, що використовуються у виробництві пластику, наприклад леткі органічні сполуки (ЛОС) і викиди виробництва, можуть забруднювати повітря. Вони, у вигляді летких сполук, можуть осідати на поверхні рослин, закупорюючи пори на листках, що призводить до погіршення газообміну

рослин. Це втручання може перешкоджати фотосинтезу і подальшому росту рослини, що призводить до зниження вмісту біологічно активних речовин [11].

Цмин збирався біля магістральних доріг на піщаній місцевості. Пил з домішками вихлопних газів з дороги частково потрапляв на квітки. Вихлопні гази автомобіля викидають в атмосферу такі забруднювачі, як оксиди азоту, чадний газ, діоксид сірки і тверді частинки. У вигляді пилу вони можуть осідати на рослинах та пригнічувати фотосинтез, через пошкодження хлорофілу, викликати хлороз (пожовтіння листя) або некроз (відмирання тканин) [12]. На деяких зразках відзначалося незначне, нехарактерне пожовтіння листка. Втім показники вмісту флавоноїдів у цьому місці збору хоч і мали зменшення, але воно було найменшим серед усіх досліджуваних зон антропогенного навантаження.

Таким чином вміст флавоноїдів має залежність від антропогенного навантаження, яка максимально проявляється у пижма звичайного, мінімально проявляється у цмина піщового, середня залежність виявлена у звіробоя продірявленого. Виходячи із цього можна сказати, що залежність вмісту флавоноїдів у цмина піщового від зон із різним рівнем антропогенного впливу є мінімальною. А залежність вмісту флавоноїдів у пижма звичайного є дуже значною, як із високим так із низьким рівнем антропогенного впливу.

### **3.3. Залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від висушування за різних умов впливу сонячного світла (під прямими сонячними променями та в затінку)**

Залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від висушування, а саме під прямими сонячними променями має найбільше значення.

Висушування у затінку проводилося згідно до вимог державної фармакопеї України із дотриманням норм вологості, температури, характеристики приміщення [6, 8]. У таких самих умовах, але під дією прямих сонячних променів висушувалися інші зразки рослинної сировини.

**Вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного, цмину піскового ( $M \pm m$ )**

Вміст флавоноїдів (%)	Звіробій	Пижмо	Цмин
Висушування в затінку	7,810±0,428	7,335±0,399	9,443±0,513
Висушування під прямими сонячними променями	6,385±0,351*	5,363±0,294*	8,333±0,458*

Примітка: \* $p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з висушуванням в затінку

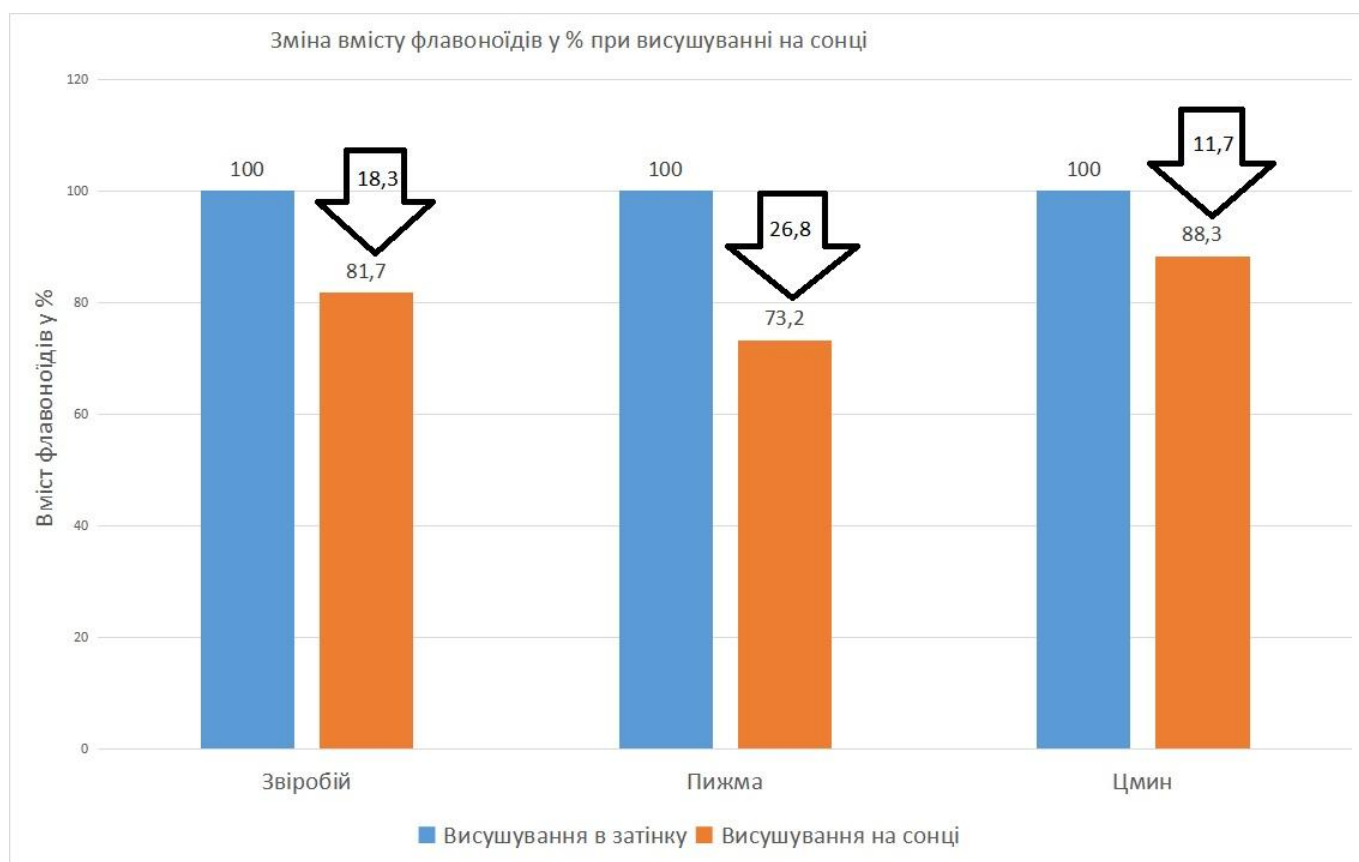


Рис. 3.3.1 Зміна вмісту флавоноїдів у % при висушуванні на сонці

Із рис. 3.3.1 видно, що найбільше зменшення відбулося у квітках пижма - 26,8%, середнє - у звіробоя - 18,3%, а найменше у цмині - 11,7%, по відношенню до висушування у затінку.

Оскільки пряме сонячне світло може спричинити значне підвищення температури - прискориться процес висихання, спричиняючи нерівномірне висихання рослин. Окрім цього тривалий вплив УФ-випромінювання може призвести до сонячних опіків або фотопошкодження рослин. Це може призвести до

зміни кольору, відбілювання або побуріння листя, квітів чи інших частин рослини [11].

Кожен досліджуваний зразок рослинної сировини втратив свій характерний колір, набувши коричневих та бурих відтінків.

Також пряме сонячне світло збільшило швидкість випаровування, що призвело до швидкої втрати вологи рослинами. Надмірна втрата вологи може призвести до швидкого висихання рослин, що призведе до ламкості, крихкості і пошкодження рослинного матеріалу [12].

Зразки, після висушування на сонці мали дуже крихку, неможливу до транспортування, або зберігання основу.

У досліджуваній рослинній сировині спостерігається найбільше зменшення вмісту флавоноїдів через можливість сонячних променів викликати реакції окислення в тканинах рослин, що у свою чергу призводить до втрати основних поживних речовин, вітамінів і фітохімічних речовин, тим самим зменшуючи вміст флавоноїдів у даній ЛРС.

Таким чином вміст флавоноїдів має залежність від висушування за різних умов впливу сонячного світла, яка максимально проявляється у пижма звичайного, мінімально проявляється у цмина піскового, середня залежність виявлена у звіробоя продірявленого. Виходячи із цього можна сказати, що залежність вмісту флавоноїдів у всіх досліджуваних рослинах є дуже значною, особливо під час висушування під прямими сонячними впливом.

### **Висновки до розділу 3**

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів звіробою продірявленого, пижма звичайного та цмину піскового від ділянок із різним ступенем антропогенного навантаження. Показано, що найбільш вагоме зменшення вмісту флавоноїдів відзначається на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження. Найбільше 21,4% зменшення у пижма, що збиралося біля колій вугільного складу у Прилуках. Меншим є звіробій 8,5%, що збирався на околицях заводу Пластмас (Прилуки). Найменшим - цмин пісковий - 4,9%, що збирався біля доріг, в порівнянні з ділянками із мінімальним рівнем антропогенного впливу. Продемонстровано

залежність вмісту флавоноїдів у досліджуваних видах рослин від часу цвітіння (початку цвітіння рослин, піку цвітіння та кінця цвітіння). Було показано, що найменший вміст флавоноїдів у ЛРС припадав на кінець цвітіння, а найбільша на пік цвітіння рослин. У той час, як на початку цвітіння у кожного із цих досліджуваних рослин вміст флавоноїдів складав у середньому на 2-3% менше у порівнянні із піком цвітіння, то кінець цвітіння показує зменшення на 3,6% у цмині, 7% у пижма та 11,5% у звіробої у порівнянні із піком цвітіння. Продемонстровано залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від висушування за різних умов впливу сонячного світла (під прямими сонячними променями та в затінку). Було показано, що ЛРС яка висушувалася на сонці має найменший вміст флавоноїдів серед усіх категорій. Саме цей фактор значною мірою вплинув на вміст флавоноїдів, а саме: найбільше зменшення відбулося у квітках пижма - 26,8%, середнє значення мав звіробої - 18,3%, а найменше цмин - 11,7% у порівнянні із висушуванням в затінку.

### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 3

1. Подпратов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К.: Аграрна освіта, 2014. 393 с.
2. Сучасна фітотерапія : навч. посіб. / С.В. Гарна, І.М. Владимірова, Н.Б. Бурд та ін. – Х.: «Друкарня Мадрид», 2016. – С. 580.
3. Лікарські рослини. Енциклопедичний довідник (За ред. А. М. Гродзінського). – К.: УРЕ, 1991. – 544 с.
4. Практикум з ідентифікації лікарської рослинної сировини: навч. посіб. / [В. М. Ковальов, С. М. Марчишин, О. П. Хворост та ін.] ; за ред. В. М. Ковальова, С. М. Марчишин. – Тернопіль: ТДМУ, 2014. – 250 с.
5. В.С. Кисличенко, І.О. Журавель, С.М. Марчишин та інші./за ред. В.С. Кисличенко. Фармакогнозія: базовий підручн. для студ. вищ. фармац. навч. закл.(фармац. ф-тів) IV рівня акредитації. - Харків: НФаУ: Золоті сторінки, 2015. - 736 с.
6. Мамчур Ф. І. Довідник з фітотерапії. 2-ге видання. Київ: Здоров'я, 1986. 277 с.

7. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Вплив факторів часу, місця збирання та технології заготівлі на концентрацію флавоноїдів у лікарській рослинній сировині. Фітотерапія. Часопис. 2022. вип. 1. С. 68-71. DOI: 10.33617/2522-9680-2022-1-68
8. Державна фармакопея України /Державне підприємство „Науковоекспертний фармакопейний центр”. - 1-ше вид. (доповнення 2). - Х.: РІПЕГ, 2008. - 620 с.
9. Jian Wang. MALDI-TOF MS Anaysis Flavonol Glicosides / Jian Wang, Peter Sporns // J. Agric. Chem. - 2000 (48). - p. 1657-1662.
10. Bakhshayeshi, M.A. The effects of light, storage temperature, pH and variety on stability of anthocyanin pigments in four Malus varieties/ M.A.Bakhshayeshi et al. II Pakistan Journal of biological sciences. - 2006.- Vol. 9 (3).- P. 428 - 433.
11. Dorossiev, K. Determination of flavonoids in *Hypericum perforatum* // Pharmazie. – 1985. – №40. – pp. 585–586.
12. Шадчина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. К.: Український фітосоціологічний центр, 2006. 384 с.
13. Гуляєв Б. І., Моргун В.В. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття. К.: Український фітосоціологічний центр; 2001. Т.1. С.60-74.

## РОЗДІЛ 4.

### ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФЛАВОНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ВІД ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ

Для дослідження були обрані наступні елементи: бор, купрум, кобальт, магній, манган, молібден та цинк. Дані елементи слабо досліджені у відношенні впливу на вміст флавоноїдів у лікарських рослинах, оскільки мають меншу об'ємну частку у елементному складі ґрунту. Втім їх вплив на вміст флавоноїдів підтверджується багатьма вченими та їх науковими працями із залученням різних флавоноїдовмісних рослин [6-20].

В роботах вчених з Угорщини Thurzo, S. та Zoltán Szabó досліджується вплив бору на вміст загальних фенолів та флавоноїдів у черешні. Вони встановили, що бор може змінювати вміст фенолів та флавоноїдів [7].

Є дані про те що кобальт та нікель впливають на вміст флавоноїдів у *Hibiscus sabdariffa* L. (побутова назва Розелла), дослідження проведено Eman E. Aziz та Nagam Badran) [9].

Так в наукових роботах Vota, C., Deliu, C. встановлена залежність впливу купруму на продукцію флавоноїдів у наперсника вовнистого [10].

Науковці із Єгипту Mona H. Hegazy та Hussein A. H. Said-Al Ahl встановили залежність вмісту флавоноїдів у рослин глухокропивових від вмісту цинку в ґрунті де вони ростуть [12].

Китайськими вченими встановлено, що вміст флавоноїдів в шкірці виноградних ягід (*Vitis vinifera* L.) залежала від кількості мангану та його внесени в ґрунт [16].

Такі Індонезійські науковці як Eko Hanudin та Hardhina Wismarini дослідили вплив магнію на загальний вміст флавоноїдів у рослині *Phyllanthus* L. Встановили що залучення добрив із вмістом  $MgSO_4$  покращило накопичення рослиною флавоноїдів [17].

Африканські дослідники S Bambara та PA Ndakidemi у своїй праці аналізували вплив вапна та молібдену на ріст та розвиток *Phaseolus vulgaris* L. (квасолі звичайної) у африканських кліматичних умовах. Дослідили та підтвердили вплив молібдену на обмінні процеси фенольних сполук у квасолі звичайної [18].

#### 4.1. Залежність вмісту флавоноїдів у звіробії продірявленому (*Hypericum perforatum* L.) від елементного складу ґрунту

В таблицях та графіках було використано середні показники вмісту флавоноїдів серед вибірки досліджуваних зразків рослин, таким чином було визначено: ділянка 1 де було зібрано рослинну сировину, що мала найменший вміст флавоноїдів -  $7,407 \pm 0,407\%$ , ділянка 2 де було зібрано рослинну сировину, що мала проміжний вміст флавоноїдів -  $7,790 \pm 0,428\%$  і ділянка 3 де було зібрано рослинну сировину, що мала найбільший вміст флавоноїдів -  $11,621 \pm 0,639\%$  табл. 4.1.1, відповідно до середніх значень вмісту елементного складу ґрунту табл. 4.1.2.

Порівняльний аналіз вмісту флавоноїдів та залежність вмісту від елементного складу ґрунту з урахуванням кількісних характеристик досліджуваних елементів віддзеркалено в таблицях та графіках.

Таблиця 4.1.1

##### Вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого із трьох досліджуваних ділянок ( $M \pm m$ )

Зразки рослин	Вміст флавоноїдів %
Ділянка 1	$7,407 \pm 0,407$
Ділянка 2	$7,790 \pm 0,428^*$
Ділянка 3	$11,621 \pm 0,639^*$

Примітка:  $*p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 1 із найменшим вмістом флавоноїдів

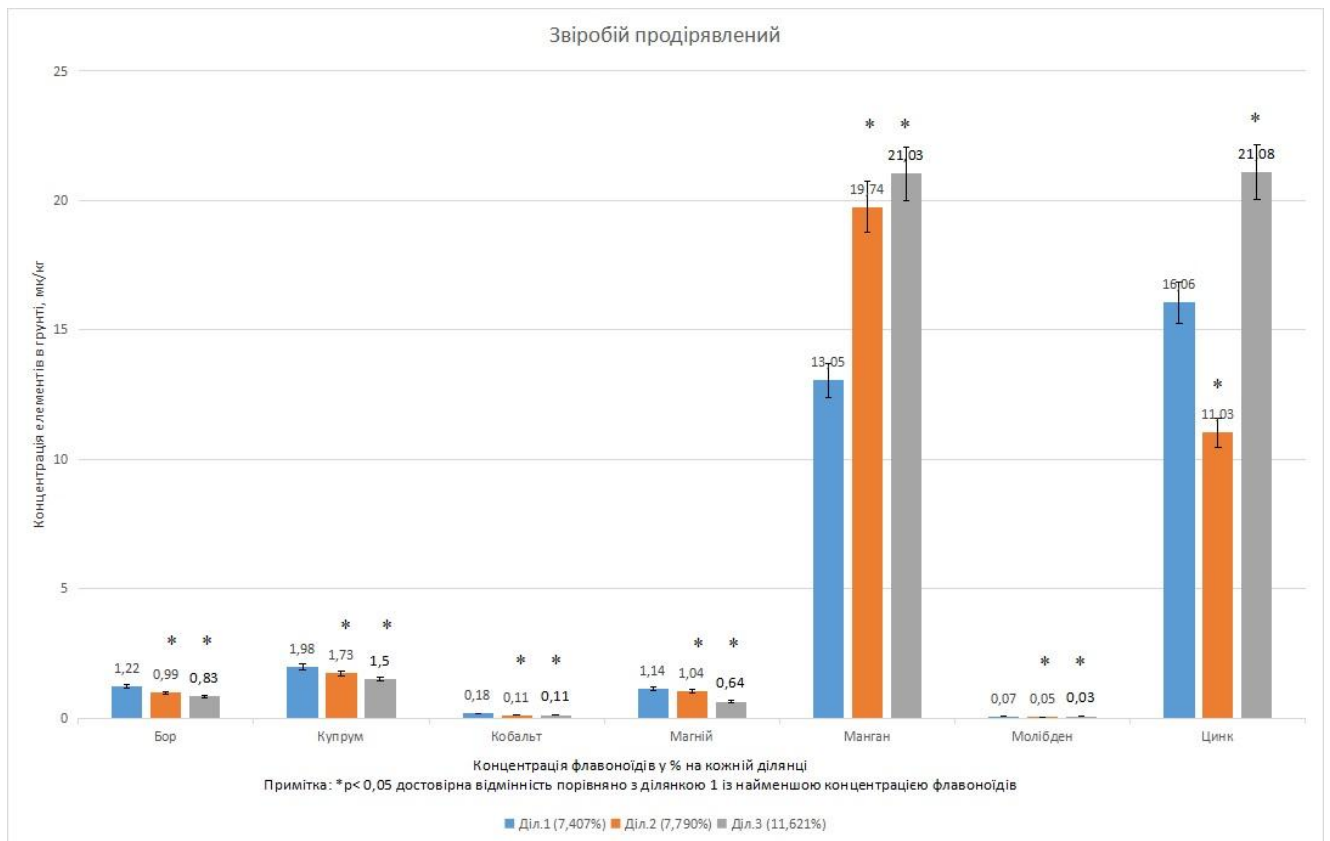
Таблиця 4.1.2

##### Вміст елементів у зразках ґрунту із трьох досліджуваних ділянок ( $M \pm m$ )

Досліджуваний елемент	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3
Бор, мг/кг	$1,22 \pm 0,058$	$0,99 \pm 0,047^*$	$0,83 \pm 0,039^*$
Кобальт, мг/кг	$0,18 \pm 0,008$	$0,11 \pm 0,005^*$	$0,11 \pm 0,005^*$
Купрум, мг/кг	$1,98 \pm 0,095$	$1,73 \pm 0,083^*$	$1,5 \pm 0,072^*$
Магній, мг/кг	$1,14 \pm 0,054$	$1,04 \pm 0,049^*$	$0,64 \pm 0,030^*$
Манган, мг/кг	$13,05 \pm 0,626$	$19,74 \pm 1,085^*$	$21,03 \pm 1,156^*$
Молібден, мг/кг	$0,07 \pm 0,003$	$0,05 \pm 0,002^*$	$0,03 \pm 0,001^*$
Цинк, мг/кг	$16,06 \pm 0,883$	$11,03 \pm 0,540^*$	$21,08 \pm 1,159^*$

Примітка:  $*p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 1 із найменшим вмістом флавоноїдів





*Рис. 4.1.1 Залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого від елементного складу ґрунту*

Аналіз показників вмісту флавоноїдів від елементного складу ґрунту проводився у комплексі із кожним із досліджуваних елементів.

Як видно із рис. 4.1.1 у досліджуваних зразках рослин відбувається підвищення загального вмісту флавоноїдів, у той час як вміст бору, купруму, кобальту, магнію та молібдену у досліджуваних зразках ґрунту з ділянок де росли рослини - зменшився. Меншою мірою це виражено у кобальта де з ділянок 2 та 3 зразки мали однаковий вміст у 0,11 мкг/кг. Вмісту мангану з ділянок, де збиралася рослинна сировина, навпаки, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, а тому встановити достовірну залежність неможливо. Є припущення що цинк не впливає на вміст флавоноїдів у звіробії продірявленому. Отримані результати дають підставу більш фундаментально дослідити залежність вмісту флавоноїдів у даній рослині від цинку у майбутніх дослідженнях.

Що до можливих причин, чому ці елементи могли так вплинути на вміст флавоноїдів, то на нашу думку, високий рівень бору може негативно впливати на активність ферментів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, таких як PAL (фенілаланін-аміак-ліаза), що призводить до зниження вмісту флавоноїдів [7]. Бор бере участь в активації ферментів фенілпропаноїдного шляху, який є попередником біосинтезу флавоноїдів. Однак надмірно високі рівні бору можуть призвести до інгібування ферментів, зокрема таких як фенілаланін-аміак-ліаза (PAL) [7, 8]. PAL необхідний для перетворення фенілаланіну в коричню кислоту, що є критичним кроком у біосинтезі флавоноїдів. Інгібування PAL або інших ферментів у цьому шляху може призвести до зниження виробництва флавоноїдів. Стосовно кобальту, ми припускаємо це може бути пов'язано в першу чергу з тим, що цей мікроелемент, в даних концентраціях може бути токсичним та впливати на продуктивні властивості рослин. Високий вміст кобальту може призвести до симптомів токсичності металу, включаючи хлороз, затримку росту та зменшення біомаси. Токсичність кобальту може порушити різні метаболічні процеси в рослинах, потенційно перешкоджаючи біосинтезу флавоноїдів і призводячи до зниження вмісту флавоноїдів [1, 8].

Слід зазначити, що у деяких флавоноїдовмісних рослинах купрум сприяє накопиченню флавоноїдів, але дані концентрації спричиняють токсичний ефект. Мідь, при високих концентраціях може конкурувати за поглинання та використання із такими хімічними елементами, як залізо і цинк, які також беруть участь у синтезі флавоноїдів. Ця конкуренція у співвідношенні елементів може порушити шлях біосинтезу флавоноїдів і вплинути на їх вміст [4].

Молібден у великих концентраціях є токсичним для багатьох рослин [1, 18]. Високі концентрації молібдену можуть порушити баланс інших хімічних елементів, зокрема сірки, яка важлива для біосинтезу флавоноїдів. Цей дисбаланс може призвести до зниження вмісту флавоноїдів і загального стану рослини. Якщо пояснювати дію мангану, на нашу думку манган покращує метаболічні процеси у рослин, а дані концентрації є достатніми, щоб не спричиняти токсичного ефекту, окрім цього манган діє як кофактор для таких ферментів, як халконізомераза та

дигідрофлавонолредуктаза, які є ключовими ферментами у шляху синтезу флавоноїдів. Достатній рівень мангану може стимулювати активність цих ферментів, що призводить до збільшення виробництва флавоноїдів у рослинах [19].

Магній впливає на ріст і врожайність рослин, але, як і в випадку із купрумом, магній у даних концентраціях не стимулює, а навпаки - інгібує процес накопичення флавоноїдів рослиною. Надлишок магнію може сприяти осмотичному стресу в рослинних клітинах. Осмотичний стрес порушує клітинний гомеостаз і негативно впливає на різні метаболічні процеси, потенційно впливаючи на виробництво флавоноїдів [18].

#### **4.2. Залежність вмісту флавоноїдів у пижмі звичайній (*Tanacetum vulgare L.*) від елементного складу ґрунту**

В таблицях та графіках було використано середні показники вмісту флавоноїдів серед вибірки досліджуваних зразків рослин, таким чином було визначено: ділянка 4 де було зібрано рослинну сировину, що мала найменший вміст флавоноїдів -  $5,619 \pm 0,280\%$ , ділянка 5 де було зібрано рослинну сировину, що мала проміжний вміст флавоноїдів -  $6,257 \pm 0,344\%$  і ділянка 6 де було зібрано рослинну сировину, що мала найбільший вміст флавоноїдів -  $6,896 \pm 0,379\%$  табл. 4.2.1, відповідно до вмісту елементного складу ґрунту табл. 4.2.2.

Під час дослідження залежності вмісту флавоноїдів у пижмі звичайній від елементного складу ґрунту було відзначено, що загальна тенденція впливу досліджуваних елементів залишається майже ідентичною до звіробою. Ми маємо інгібування продукції флавоноїдів такими мікроелементами як бор, купрум, кобальт, магній молібден. Активацію продукції флавоноїдів манганом.

Таблиця 4.2.1

#### **Вміст флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного із трьох досліджуваних ділянок ( $M \pm m$ )**

Зразки ґрунту	Вміст флавоноїдів %
4 ділянка	$5,619 \pm 0,280$
5 ділянка	$6,257 \pm 0,344^*$
6 ділянка	$6,896 \pm 0,379^*$

Примітка:  $*p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 4 із найменшим вмістом флавоноїдів

Таблиця 4.2.2

**Вміст елементів у зразках ґрунту із трьох досліджуваних ділянок (M±m)**

Досліджуваний елемент	4 ділянка	5 ділянка	6 ділянка
Бор, мг/кг	1,04±0,050	0,24±0,011*	0,19±0,010*
Кобальт, мг/кг	0,27±0,013	0,18±0,010*	0,05±0,002*
Купрум, мг/кг	2,77±0,135	1,05±0,051*	0,92±0,045*
Магній, мг/кг	1,5±0,073	0,14±0,006*	0,11±0,010*
Манган, мг/кг	20,81±1,112	27,18±1,331*	31,33±1,597*
Молібден, мг/кг	0,12±0,005	0,08±0,004*	0,02±0,001*
Цинк (Zn), мг/кг	19,22±0,981	31,1±1,586*	21,06±1,074*

Примітка: \* $p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 4 із найменшим вмістом флавоноїдів

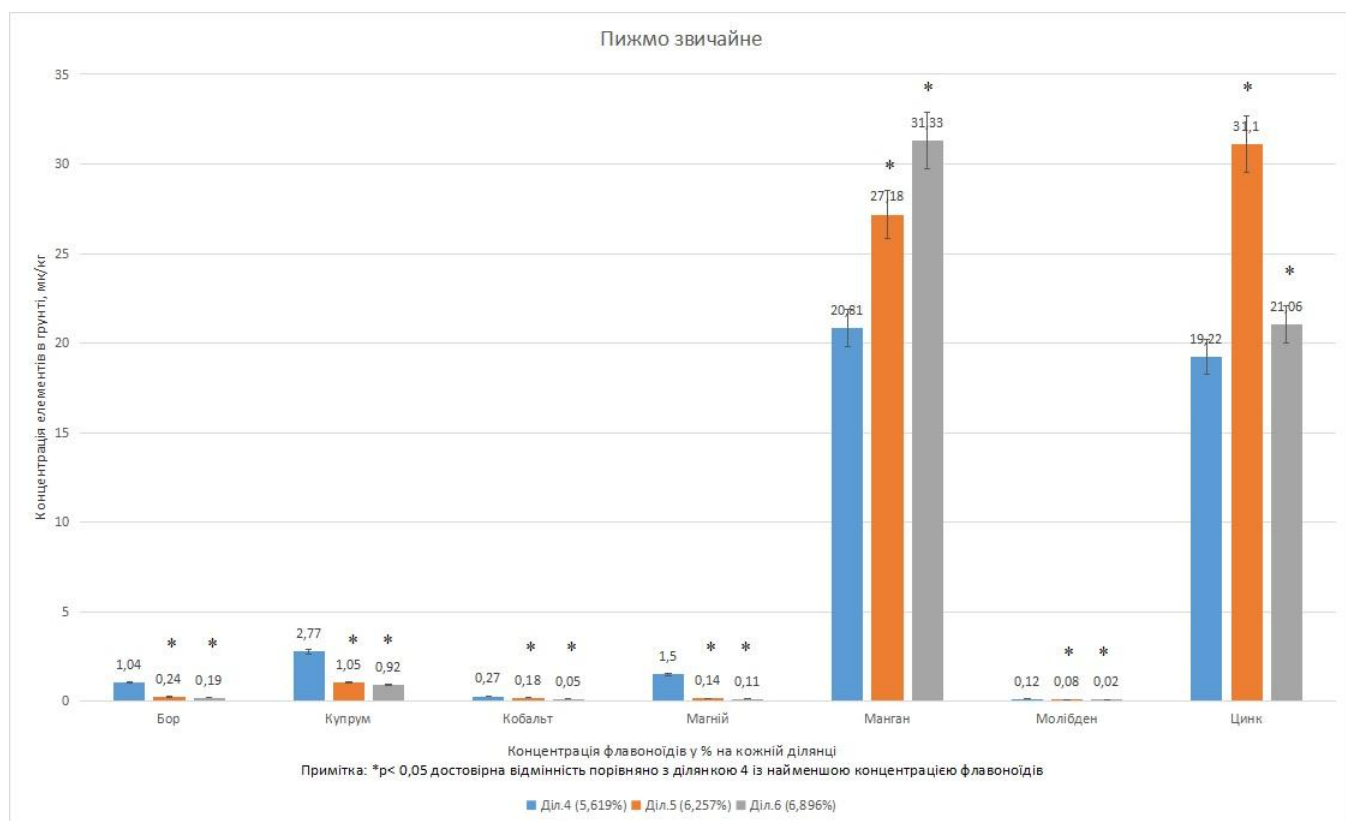


Рис. 4.2.1 Залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного від елементного складу ґрунту

Аналіз показників вмісту флавоноїдів від елементного складу ґрунту проводився у комплексі із кожним із досліджуваних елементів.

Як видно із рис. 4.2.1 ми маємо схожу тенденцію залежності із звіробоем продірявленим, у досліджуваних зразках рослин пижма звичайного відбувається підвищення загального вмісту флавоноїдів, у той час як вміст бору, купруму, кобальту, магнію та молібдену з ділянок де росли рослини - зменшилася. Суттєвою

відмінністю є кобальт, у той час як у звіробі продріявленому різниці між 2 та 3 ділянками не відзначалося, то у ділянках 5 та 6, де збиралося пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у пижма звичайного більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану у ділянках, де збиралася рослинна сировина, як і у випадку із звіробом продріявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, але відрізняється від показників звіробом. Втім встановити достовірну залежність все ще неможливо. Є припущення що цинк не впливає на вміст флавоноїдів у пижма, але необхідно більш фундаментально дослідити залежність вмісту флавоноїдів у даній рослині від цинку у майбутніх дослідженнях.

Опираючись на наукові дослідження вчених ми спробували пояснити, чому можуть відбуватися такі зміни і як саме дані елементи можуть впливати на вміст флавоноїдів у пижмі звичайній. Що до бору, на нашу думку, високі концентрації бору викликають окислювальний стрес у рослин. Флавоноїди, будучи вторинними метаболітами з антиоксидантними властивостями, часто виробляються у відповідь на окислювальний стрес. Однак, якщо рослина не в змозі ефективно подолати окислювальний стрес це потенційно призводить до зниження виробництва флавоноїдів[9].

Стосовно кобальту, ми вважаємо це може бути пов'язано в першу чергу з тим, що дані концентрації кобальту є токсичними для пижма, це спричинює зміни клітинної структури, зменшуючи цілісність клітинних стінок і мембран. Це може призвести до підвищення проникності та ослаблення клітинних стінок. Флавоноїди синтезуються в різних відділах клітини, і пошкодження цих структур може погіршити синтез і накопичення флавоноїдів. Високий вміст кобальту може пригнічувати ріст і розвиток коренів та листків. Верхівки коренів можуть мати ознаки некрозу, що впливає на здатність рослини забирати воду та поживні речовини з ґрунту. Некротичні ураження на листі, що є результатом загибелі клітин перешкоджає поглинанню елементів та фотосинтезу рослини [1,10].

Як і у випадку із бором мідь спричинює токсичний ефект і перешкоджає активності ферментів, які беруть участь у метаболізмі рослин, включно з тими, що беруть участь у шляху біосинтезу флавоноїдів. Інгібування ключових ферментів, таких як PAL (фенілаланін-аміак-ліаза), може призвести до зниження вмісту флавоноїдів [11]. Слід зазначити, що у деяких флавоноїдовмісних рослинах купрум сприяє накопиченню флавоноїдів, але, для пижма такі концентрації викликають токсичність.

Як і у випадку із звиробом даний вміст молібдену є токсичним для пижма. Опираючись на дослідження Rashidi M. R., які показали, що надмірний рівень молібдену може змінити склад і профіль флавоноїдів у рослинах, ми припустили, що високі концентрації молібдену можуть впливати на експресію генів, які беруть участь у біосинтезі флавоноїдів, що призводить до змін у типах і пропорціях вироблених флавоноїдів. Ці зміни впливають на концентрацію флавоноїдів у рослинах[20].

Манган навпаки, у комплексі із іншими досліджуваними елементами активує продукцію флавоноїдів у всіх досліджуваних зразках, на нашу думку це можна пояснити тим, що манган покращує метаболічні процеси у рослин, а дані концентрації є сприятливими, щоб не спричиняти токсичного ефекту. Флавоноїди відіграють вирішальну роль у захисті рослин від різноманітних стресів, включаючи УФ-випромінювання, патогени та травоядних тварин. Манган сприяє виробленню флавоноїдів у відповідь на стресові фактори. Манган необхідний для загального росту і розвитку рослин. Здорові та добре розвинені рослини, як правило, продукують більшу кількість вторинних метаболітів, включаючи флавоноїди [14]. Манган сприяє різноманітним фізіологічним процесам, таким як фотосинтез, транспорт речовин, мінеральне живлення, які створюють сприятливе середовище для синтезу флавоноїдів. Що до магнію, ефект інгібування, на нашу думку пов'язаний із тим, що відбувається конкурентна взаємодія іонів та катіонів: високий рівень магнію може конкурувати з поглинанням таких катіонів, як кальцій і калій. Зміни в доступності цих катіонів впливають на синтез флавоноїдів [1,18].

### 4.3. Залежність вмісту флавоноїдів у цмині піщовому (*Helichrysum arenarium* L.) від елементного складу ґрунту

В таблицях та графіках було використано середні показники вмісту флавоноїдів серед вибірки досліджуваних зразків рослин, таким чином було визначено: ділянка 7 де було зібрано рослинну сировину, що мала найменший вміст флавоноїдів -  $4,924 \pm 0,270\%$ , ділянка 8 де було зібрано рослинну сировину, що мала проміжний вміст флавоноїдів -  $5,303 \pm 0,291\%$  і ділянка 9 де було зібрано рослинну сировину, що мала найбільший вміст флавоноїдів -  $5,808 \pm 0,319\%$  табл. 4.3.1, відповідно до вмісту елементного складу ґрунту табл. 4.3.2.

Дослідження показали, що вміст флавоноїдів у цмині піщовому має прямі залежності від кожного досліджуваного елемента ґрунту. Так, бор, купрум, кобальт, магній, молібден та цинк викликають інгібування вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піщового. Манган, як і в випадку із звіробоем та пижмою, навпаки викликає активацію продукції флавоноїдів у досліджуваній ЛРС.

Таблиця 4.3.1

#### Вміст флавоноїдів у рослинній сировині цмину піщового із трьох досліджуваних ділянок ( $M \pm m$ )

Зразки ґрунту	Вміст флавоноїдів %
ділянка 7	$4,924 \pm 0,270$
ділянка 8	$5,303 \pm 0,291^*$
ділянка 9	$5,808 \pm 0,319^*$

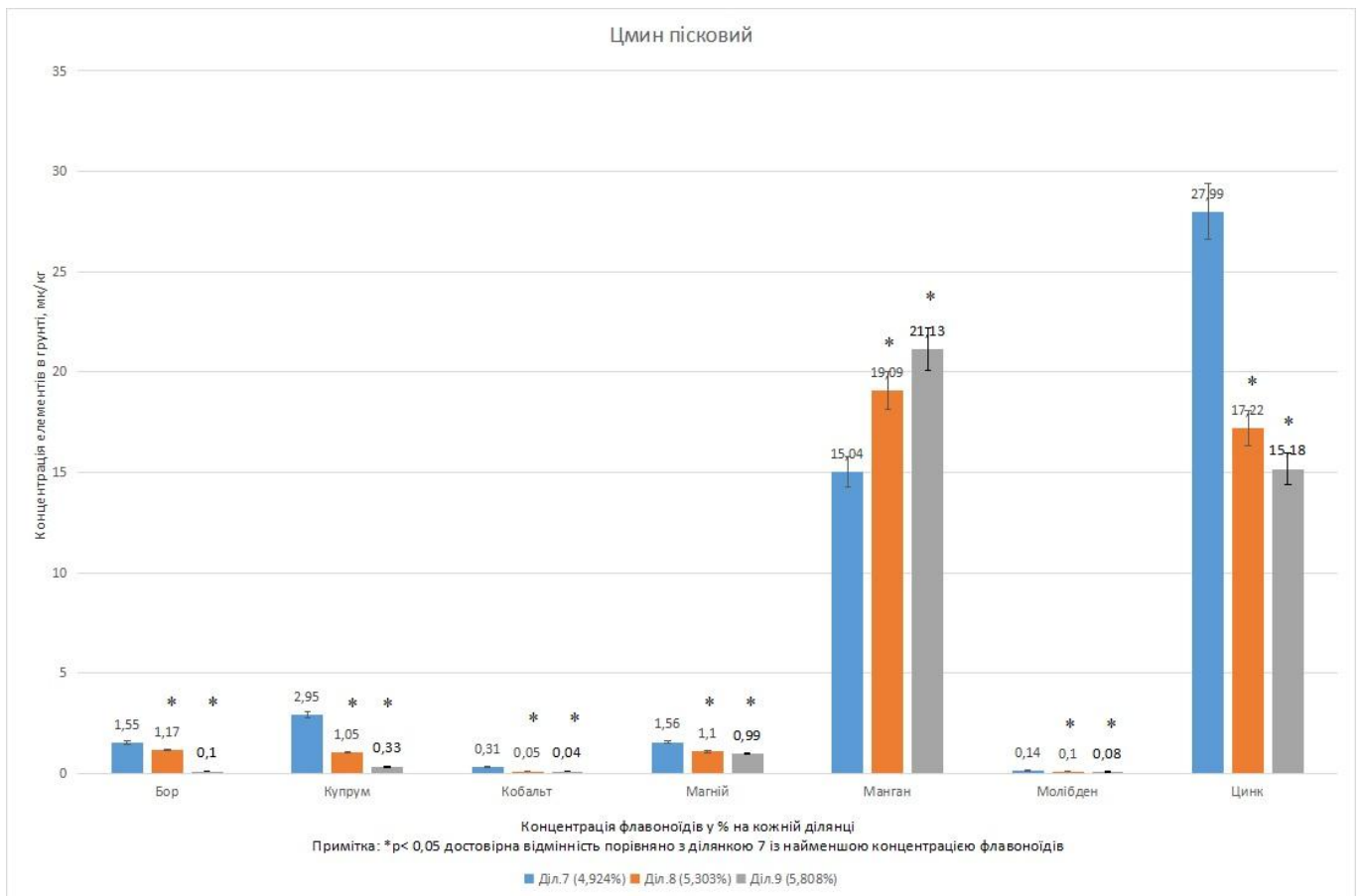
Примітка:  $*p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 7 із найменшим вмістом флавоноїдів

Таблиця 4.3.2

#### Вміст елементів у зразках ґрунту із трьох досліджуваних ділянок ( $M \pm m$ )

Досліджуваний елемент	7 ділянка	8 ділянка	9 ділянка
Бор, мг/кг	$1,55 \pm 0,075$	$1,17 \pm 0,057^*$	$0,10 \pm 0,004^*$
Кобальт, мг/кг	$0,31 \pm 0,015$	$0,05 \pm 0,002^*$	$0,04 \pm 0,002^*$
Купрум, мг/кг	$2,95 \pm 0,144$	$1,05 \pm 0,051^*$	$0,33 \pm 0,016^*$
Магній, мг/кг	$1,56 \pm 0,076$	$1,10 \pm 0,053^*$	$0,99 \pm 0,048^*$
Манган, мг/кг	$15,04 \pm 0,736$	$19,09 \pm 0,973^*$	$21,13 \pm 1,077^*$
Молібден, мг/кг	$0,14 \pm 0,006$	$0,10 \pm 0,004^*$	$0,08 \pm 0,003^*$
Цинк, мг/кг	$27,99 \pm 1,427$	$17,22 \pm 0,843^*$	$15,18 \pm 0,743^*$

Примітка:  $*p < 0,05$  достовірна відмінність порівняно з ділянкою 7 із найменшим вмістом флавоноїдів



*Рис. 4.3.1 Залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового від елементного складу ґрунту*

Аналіз показників вмісту флавоноїдів від елементного складу ґрунту проводився у комплексі із кожним із досліджуваних елементів.

Як видно із рис. 4.3.1 ми маємо схожу тенденцію залежності із звиробом продірявленим та пижмою звичайною. Відбувається підвищення загального вмісту флавоноїдів, у той час як вміст бору, купруму, кобальту, магнію та молібдену з ділянок де росли рослини - зменшилася. Втім є відмінності. В першу чергу цинк. Залежність вмісту флавоноїдів у цмина піскового від цинку, у комплексі із іншими елементами, є вираженою та достовірною у той час як у звиробя та пижма ми мали незрозумілий ефект. Цинк інгібує продукцію флавоноїдів відповідно до збільшення його вмісту у досліджуваних зразках ґрунту. Вміст кобальту, як і у випадку із звиробом продірявленим має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Це дає підстави вважати, що вміст флавоноїдів у цмина піскового і звиробя продірявленого меншою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із



звіробоем продірявленим та пижмою звичайною, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового.

Стосовно впливу досліджуваних елементів, опираючись на літературні джерела та напрацювання вчених ми припускаємо, що бор у даних концентраціях може порушити біосинтез флавоноїдів, а його втручання в засвоєння таких хімічних елементів, як кальцій і магній порушує загальний баланс усіх хімічних речовин у рослині, потенційно викликаючи ефект інгібування вмісту флавоноїдів [7]. Кобальт спричинює токсичний ефект, а у надмірних кількостях він перешкоджає поглинанню та транспортуванню основних елементів, таких як залізо, манган і магній. Це втручання призводить до дефіциту даних елементів, що опосередковано впливає на синтез флавоноїдів, оскільки для біосинтезу цих сполук потрібні різні мінеральні кофактори [10]. У випадку із купрумом, ми припустили, що високий рівень міді може перешкоджати засвоєнню заліза та цинку. Синтез флавоноїдів в багатьох випадках потребує цих елементів як кофакторів. А порушення в засвоєнні заліза та цинку призводить до дисбалансу хімічних елементів, який впливає, як на загальний вміст флавоноїдів, так і на загальний стан рослини [11]. Окрім цього токсичність міді пригнічує ріст і розвиток рослин. Затримка росту призводить до зменшення загальної біомаси рослин, що впливає на виробництво та накопичення усіх поживних речовин та вторинних метаболітів, включаючи флавоноїди [1, 12].

На нашу думку, надмірний рівень магнію може перешкоджати засвоєнню кальцію та калію. А оскільки біосинтез флавоноїдів залежить від збалансованого поглинання різних елементів, порушення в цьому балансі призводять до фізіологічних порушень рослини, зокрема поглинання та засвоєння мінерального складу, що призводить до зниження виробництва флавоноїдів [18]. Слід зазначити ефект дифузії: високий рівень магнію може стимулювати ріст рослин, що призводить до збільшення біомаси. Якщо *Helichrysum arenarium* виділяє більше ресурсів для росту, може виникнути ефект розрідження, коли вміст вторинних метаболітів, таких як флавоноїди, зменшується пропорційно до збільшення розміру рослини [1, 18].

Манган бере участь в активації антиоксидантних ферментів, таких як супероксиддисмутаза (SOD). Ці ферменти допомагають захистити клітини рослин від окиснювального стресу. Саме у відповідь на цей стрес, разом із супероксиддисмутазою виділяється значна кількість флавоноїдів, як антиоксидантних ферментів. Окрім цього манган необхідний для функціонування комплексу фотосистеми II у фотосинтезі. Ефективний фотосинтез забезпечує рослину більшою кількістю вуглецю та енергетичних ресурсів, які використовуються для виробництва вторинних метаболітів, включаючи флавоноїди [1, 14].

Ефект інгібування молібдену, на нашу думку, пояснюється тим, що високий рівень молібдену може перешкоджати засвоєнню таких хімічних елементів, як залізо та мідь, а оскільки залізо є одним із значних елементів для біосинтезу флавоноїдів, порушення в поглинанні заліза призводить до зниження продукції флавоноїдів. Хоч і опосередковано, молібден впливає на ферментативну властивість, оскільки є кофактором для ферменту нітратредуктази, який бере участь у засвоєнні азоту рослинами. Надмірний рівень молібдену може призвести до гіперактивації нітратредуктази та потенційно порушити інші ферментативні шляхи. Біосинтез флавоноїдів не пов'язаний безпосередньо з метаболізмом азоту, але зміни в загальній активності ферментів можуть опосередковано впливати на виробництво флавоноїдів [2, 19].

Із рис. 4.3.1 видно, що цинк у комплексі із іншими елементами, інгібує продукцію флавоноїдів у цмині пісковому. Ми припускаємо, що це пов'язано із тим, що надмірний рівень цинку може перешкоджати засвоєнню та транспортуванню заліза та мангану, що є кофакторами для біосинтезу флавоноїдів. Порушення в засвоєнні хімічних елементів призводить до дисбалансу, який впливає на виробництво флавоноїдів [13]. Також високий рівень цинку може призвести до утворення активних форм кисню (АФК) у клітинах рослин, що призводить до окиснювального стресу. І, якщо рослина не справляється із окиснювальним стресом, це призводить до пошкодження клітинних компонентів, порушуючи метаболічні процеси, потенційно призводячи до зниження виробництва флавоноїдів. Втім, якщо

рослина справляється із окиснювальним стресом, це, навпаки, може підвищити вміст флавоноїдів, оскільки флавоноїди часто виробляються як антиоксиданти для протидії окисному стресу, тому порушення цього балансу можуть вплинути на їх рівень як негативному так і позитивному аспекті. [1, 13].

#### **Висновки до розділу 4**

Проведено аналіз отриманих результатів, щодо залежності вмісту флавоноїдів у таких рослинах як звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий від вмісту досліджуваних елементів в ґрунті із досліджуваних ділянок де проводився збір.

Виявлено залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Показано, що бор, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів. Меншою мірою вміст флавоноїдів залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, а тому встановити достовірну залежність неможливо. Є припущення що цинк не впливає на вміст флавоноїдів у звіробії продірявленому.

Дослідження рослинної сировини пижма звичайного виявило залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Показано, що бор, купрум, кобальт та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів у пижмі звичайній, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як у звіробії продірявленому різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6 де збиралося пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05 мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у пижма звичайного більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробоем продірявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного. Слід

відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, але відрізняється від показників звіробою. Втім встановити достовірну залежність все ще неможливо. Можливо, що дані концентрації цинку не мають впливу на вміст флавоноїдів у лікарських рослин.

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмина піскового від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Встановлено, що бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Залежність вмісту флавоноїдів у цмина піскового у комплексі із іншими елементами є вираженою та достовірною у той час як у звіробою та пижма ми мали незрозумілий ефект. Цинк інгібує продукцію флавоноїдів відповідно до збільшення його вмісту у досліджуваних зразках ґрунту. Вміст кобальту, як і у випадку із звіробоєм продірявленим має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Це дає підстави вважати, що вміст флавоноїдів у цмина піскового і звіробою продірявленого меншою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробоєм продірявленим та пижмою звичайною, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 4

1. Практикум з ґрунтознавства: Навчальний посібник / За редакцією Д. Г. Тихоненка, В. В. Дегтярьова. Вільниця: Нова книга, 2008. 448 с.
2. Біологічний азот : монографія / за ред. В. П. Патики. Київ: Світ, 2003. 424 с.
3. Державна Фармакопея України / Державне підприємство “Науковоекспертний фармакопейний центр. - 1 вид., - Доповнення 2. - X. : Державне підприємство “Науково-експертний фармакопейний центр, - 2008. - 620 с.
4. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз впливу деяких мікроелементів ґрунту на концентрацію флавоноїду рутину у звіробої звичайному (*Hypericum perforatum* Linneus, 1753). Екологічні науки. 2023. вип. 4(49). С. 226-231. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.30>.

5. Степанов Є. В., Пасічник С. В. Аналіз впливу деяких мікроелементів ґрунту на концентрацію флавоноїду рутину в пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* Linneus, 1753). Фітотерапія. Часопис. 2023. вип. 2. С. 65-78. DOI: 10.32782/2522-9680-2023-2-71 ; 10.32782/2522-9680-2023-2-67
6. В. М. Мінарченко, В. Г. Каплуненко, Н. П. Ковальська Мінеральний склад кореневищ перстача прямостоячого (*Potentilla erecta* L.), Фармацевтичний журнал № 1. 2017. с. 76-81.
7. Li, C., Pfeffer, H., Dannel, F., Römheld, V., Bangerth, F., Effects of boron starvation on boron compartmentation, and possibly hormone-mediated elongation growth and apical dominance of pea (*Pisum sativum*) plants. *Physiol. Plant.* (111), 2001. pp. 212–219.
8. THURZO, S., et al. Effect of boron and calcium sprays on photosynthetic pigments, total phenols and flavonoid content of sweet cherry (*Prunus avium* L.). In: VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (868). 2008. pp. 457-462.
9. Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Chatzissavvidis, C., Therios, I. Boron and maturity effects on biochemical parameters and antioxidant activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(4), 2018. pp. 237-247.
10. Effect of Cobalt and Nickel on Plant Growth, Yield and Flavonoids Content of *Hibiscus sabdariffa* L. Aziz, Eman E., Nadia Gad and Nadia, M. Badran *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(2). 2007. pp. 73-78.
11. Bota, C., Deliu, C. The effect of copper sulphate on the production of flavonoids in *Digitalis lanata* cell cultures. *Farmacia*, 59(1), 2011. pp. 113-118.
12. Říha, M., Karlíčková, J., Filipský, T., Macáková, K., Rocha, L., Bovicelli, P., Mladěnka, P. In vitro evaluation of copper-chelating properties of flavonoids. *RSC advances*, 4(62), 2014. pp. 32628-32638.
13. Hegazy, M., Alzuaibr, F., Mahmoud, A., Mohamed, H., & Ahl, S. A. The effects of zinc application and cutting on growth, herb, essential oil and flavonoids in three medicinal Lamiaceae plants. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(3), 2016. pp. 1-12.

14. Chen, H., Yang, J., Deng, X., Lei, Y., Xie, S., Guo, S., Xu, T. Foliar-sprayed manganese sulfate improves flavonoid content in grape berry skin of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) growing on alkaline soil and wine chromatic characteristics. *Food chemistry* 314, 2020. 126182.
15. Zengin M., Ozcan M. M., Cetin Ü., Gezgin S. Mineral contents of some aromatic plants, their growth soils and infusions, *J. Science of Food and Agriculture*. 2008. V. 88. pp. 581–589.
16. Hassan A. Effects of mineral nutrients on physiological and biochemical processes related to secondary metabolites production in medicinal herbs. *Medicinal and aromatic plant science and biotechnology* 6 (Special Issue 1), 2012. pp. 105 - 110.
17. Zhang, D., Cheng, Y., Zhang, J., Wang, X., Wang, N., Chen, Y., Yao, X. Synergistic effect of trace elements and flavonoids from *Epimedium koreanum* Nakai on primary osteoblasts. *Chinese Science Bulletin*, 53(3), 2008. pp. 347-356.
18. Hanudin, E., Wismarini, H., Hertiani, T., & Sunarminto, B. H. Effect of shading, nitrogen and magnesium fertilizer on phyllanthin and total flavonoid yield of *Phyllanthus niruri* in Indonesia soil. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(30), 2012. pp. 4586-4592.
19. Bambara, S., & Ndakidemi, P. A. The potential roles of lime and molybdenum on the growth, nitrogen fixation and assimilation of metabolites in nodulated legume: A special reference to *Phaseolus vulgaris* L. *African Journal of Biotechnology*, 9(17), 2010. pp. 2482-2489.
20. Rashidi, M. R., & Nazemiyeh, H. Inhibitory effects of flavonoids on molybdenum hydroxylases activity. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 6(2), 2010. pp. 133-152.

## РОЗДІЛ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ

Флавоноїди, як компоненти лікарських препаратів можуть широко використовуватися не тільки у фармації, а також у народній медицині у вигляді настоїв, наварів та різних розчинів. Саме їх широкий фітотерапевтичний вплив зумовлює використання флавоноїдів у медицині.

Флавоноїди мають такі особливості впливу на організм людини: спричинюють протизапальну активність; допомагають фактору згортання крові, що у свою чергу може запобігати виникненню ішемії, а у подальшому інфарктів та інсультів; судинностимулююча дія флавоноїдів гарно зарекомендувала себе у лікуванні варикозу, геморою, мікроангіопатії. Окрім цього, флавоноїди мають антиоксидантні властивості, знижують швидкість окислення і відновлюють пошкоджені клітини організму [1].

Наші досліджувані види рослини, а саме звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий мають у собі достатній вміст флавоноїдів для використання їх у медичних цілях, окрім цього вони внесені до державної фармакопеї України, що підтверджує їх лікувальний ефект [4].

Якість лікарських препаратів залежить від вмісту флавоноїдів у ЛРС яку використовують для створення лікарських засобів. На вміст флавоноїдів у рослинах впливає величезна кількість факторів (час цвітіння, антропогенний вплив, заготівля, сушіння, збирання, елементний склад ґрунту, тощо). Відомо, що найбільший вплив на вміст флавоноїдів має саме процес заготівлі ЛРС та елементний склад ґрунту [3-5].

Вплив навколишнього середовища на біорізноманіття завжди був важливим елементом досліджень усіх науковців по всьому світу. А вплив факторів, які у першу чергу змінюють продукцію біологічно активних речовин у рослинах, що використовуються у медицині, взагалі є першочерговим у пріоритетності, адже від цього може залежати здоров'я людського організму.

Нами в дослідженні було виявлено залежність вмісту флавоноїдів від часу збору (на початку цвітіння рослин, у піку цвітіння та кінці цвітіння), найбільший вміст

флавоноїдів припадає на пік цвітіння у кожній із досліджуваних рослин (звіробій продірявлений, пижмо звичайне, цмин пісковий), а на при кінці цвітіння вміст флавоноїдів у лікарській сировині зменшується (у звіробоя на - 11,5%, у цмині на - 3,6%, у пижма на - 7% в порівнянні з піком цвітіння відповідно).

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного навантаження. Було встановлено, що у рослинній сировині, яка збиралася на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження, спостерігалось значне зменшення вмісту флавоноїдів (у звіробоя на - 8,5%, у цмині на - 4,9%, у пижма на - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом).

Було встановлено, що рослинна сировина, яка висушувалася на сонці мала найбільші, серед усіх показників, зміни (зменшення) вмісту флавоноїдів (у звіробоя - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижма - 26,8% у порівнянні із висушуванням у затінку).

Встановлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмина піскового від елементного складу ґрунту, а саме виявлено достовірну залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Так ми встановили, що бор, купрум, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого. Меншою мірою вміст флавоноїдів залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту у звіробої. У рослинній сировині пижма звичайного бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як у звіробої продірявленому різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6 де збиралося пижмо є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробоєм



продірявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного. У рослинній сировині цмина піскового бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Вміст кобальту, як і у випадку із звіробоєм продірявленим має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Вміст мангану як і у випадку із звіробоєм продірявленим та пижмою звичайною, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів.

Наші дослідження мають практичне значення. У ході дослідження ми встановили, що найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння рослини, що і зумовлює важливість збирання саме у такий період. Наші дослідження встановили, що на початку цвітіння рослини, коли бутони ще тільки починають розкриватися, вміст флавоноїдів становив всього на 2-3% менше, що дає підстави до збирання звіробою продірявленого, пижма звичайного та цмину піскового на початку їх цвітіння.

При дослідженні залежності вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від антропогенного впливу виявилися значні зміни, а саме зменшення (у звіробою - 8,5%, у цмині - 4,9%, у пижма - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом). В умовах антропогенного впливу на біогеоциноз, де ростуть лікарські рослини, збирання лікарської сировини є не доцільним у зв'язку зі значним зменшенням вмісту флавоноїдів.

Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від впливу сонячного світла при різних умовах висушування, ми виявили значні зміни, а саме зменшення, під час висушування на сонці (у звіробою - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижмі - 26,8% по відношенню до висушування у затінку). Аналіз наших результатів виявив, що висушування під прямими сонячними променями негативно впливає на вміст флавоноїдів, особливо у пижма, де зменшення вмісту флавоноїдів порівняно із затінком, складає найбільші 26,8%. Висушування під прямими сонячними променями даних видів має пагубний характер і не рекомендується.

Дослідивши та проаналізувавши залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого, пижма звичайного та цмина піскового від елементного складу ґрунту ми встановили пряму залежність від таких елементів як бор, кобальт, купрум, магній, манган, молібден та цинк. Так, у рослинній сировині звіробоя продірявленого бор, купрум, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів. У рослинній сировині пижма звичайного бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів. У рослинній сировині цмина піскового бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів. Манган, у комплексі із іншими елементами, активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту у кожній досліджуваній ЛРС. Ми підтвердили, що вміст флавоноїдів у досліджуваних рослинах залежить від досліджуваних елементів, тому є можливість використовувати такі елементи як манган для вирощування флавоноїдвмісних рослин на промислових угіддях, інші (бор, купрум, кобальт, молібден, магній, цинк) залучати при вирощуванні флавоноїдвмісних рослин не рекомендується.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені у навчальний процес при викладанні навчальних курсів “Фізіологія та біохімія рослин”, “Біоорганічна хімія” на кафедрі біології у національному університеті “Києво-Могилянська академія”; при викладанні навчальних курсів “Агрохімія” та “Фізіологія рослин з основами біохімії” для підготовки здобувачів у ВП НУБІП Ніжинському агротехнічному інституті; при викладанні навчальних курсів «Сільське господарство», «Фізіологія рослин», «Загальна екологія» «Біоорганічна хімія» на кафедрі біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, що підтверджується відповідними довідками про впровадження.

Результати дисертаційного дослідження створюють теоретичний базис для формування рекомендацій стосовно заготівлі та збирання рослин, що містять флавоноїди.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Ковальов В.М., Павлій О.І., Ісакова Т.І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин / За ред. проф. В.М. Ковальова. – Харків: Прапор, вид-во НФАУ, 2000.-704 с.
2. Лікарські рослини / Лихочвор В.В., Борисюк В.С., Дубковецький С.В. та ін. – Львів:Українські технології, 2003. – 265с.
3. Практикум з фітотерапії / Л. М. Курилко, Т. І. Рябека. — К. : Здоров'я, 2000. — 112 с.
4. Фітотерапія // Універсальний словник-енциклопедія. — 4-те вид. — К. : Тека, 2006.
5. Ґрунтознавство з основами геології : навч. посіб. / О. Ф. Гнатенко, М. В. Капштик, Л. Р. Петренко, С. В. Вітвицький. – К. : Оранта, 2005. – 647 с.

## РОЗДІЛ 6.

### ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Нами в дослідженні було виявлено залежність вмісту флавоноїдів від часу збору (на початку цвітіння рослин, у піку цвітіння та кінці цвітіння), найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння у кожній із досліджуваних рослин (звіробій продірявлений, пижмо звичайне, цмин пісковий), а на при кінці цвітіння вміст флавоноїдів у лікарській сировині зменшується (у звіробоя на - 11,5%, у цмині на - 3,6%, у пижма на - 7% в порівнянні з піком цвітіння відповідно).

Оскільки найбільший вміст флавоноїдів припадає на пік цвітіння рослини це зумовлює важливість збирання саме у такий період. Втім, наші дослідження встановили, що на початку цвітіння рослини, коли бутони ще тільки починають розкриватися, вміст флавоноїдів становив всього на 2-3% менше.

Тому, ми рекомендуємо збирати звіробій продірявлений, пижмо звичайне та цмин пісковий не тільки на піку їх цвітіння, як рекомендовано, а й на початку цвітіння даних рослин.

Ми виявили залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного навантаження. Було встановлено, що у рослинній сировині, яка збиралася на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження, спостерігалось значне зменшення вмісту флавоноїдів (у звіробоя на - 8,5%, у цмині на - 4,9%, у пижма на - 21,4% у порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом).

В умовах антропогенного впливу на біогеоциноз, де ростуть лікарські рослини, збирання лікарської сировини є не доцільним у зв'язку зі значним зменшенням вмісту флавоноїдів. Слід зазначити, що окрім зменшення вмісту флавоноїдів, рослинна сировина, що збиралася на ділянках із низьким, або високим антропогенним впливом може містити шкідливі домішки хімічних сполук промислового, або аграрного виробництва, які можуть не відобразитися на загальному вмісту флавоноїдів у рослинах, але можуть мати токсичний вплив на організм людини.

Ми рекомендуємо збирати рослинну сировину у ділянках із мінімальним рівнем антропогенного навантаження, а саме: зелені галявини, луки, зони біля лісів та заповідників. Такі ділянки повинні бути віддалені від магістральних доріг (4-5 км), від населених пунктів (6-7 км), подалі від аграрних ділянок (6-7 км).

Було встановлено, що рослинна сировина, яка висушувалася на сонці мала найбільші, серед усіх показників, зміни (зменшення) вмісту флавоноїдів (у звіробоя - 18,3%, у цмині - 11,7%, у пижма - 26,8% у порівнянні із висушуванням у затінку).

Аналіз наших результатів виявив, що висушування під прямими сонячними променями негативно впливає на вміст флавоноїдів, особливо у пижма звичайного, де зменшення вмісту флавоноїдів порівняно із затінком, складає найбільші 26,8%. Висушування під прямими сонячними променями даних видів має пагубний характер і не рекомендується.

Найбільшу увагу потрібно звертати саме на дотримання умов висушування лікарської сировини, оскільки порушення цих норм, як це доведено нашим дослідженням, призводить до помітного зменшення вмісту флавоноїдів, що знижує фітотерапевтичну цінність ЛРС.

Висушування рослинної сировини повинно проводитися без потрапляння прямого сонячного світла у добре провітрюваному приміщенні із дотриманням вологості повітря 44 - 48%.

Виявлено залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Показано, що бор, магній, купрум, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів. Меншою мірою вміст флавоноїдів залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, а тому встановити достовірну залежність неможливо. Є припущення що цинк не впливає на вміст флавоноїдів у звіробіі продірявленому. Дослідження рослинної сировини пижма звичайного виявило залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану,

молібдену та цинку. Показано, що бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як у звіробі продріявленому різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6 де збиралося пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05 мк/кг. Це означає що вміст флавоноїдів у пижма більшою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробом продріявленим, у комплексі із іншими елементами підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині пижма звичайного. Слід відзначити, що цинк має непостійну тенденцію, але відрізняється від показників звіробом. Втім встановити достовірну залежність все ще неможливо. Можливо, що дані концентрації цинку не мають впливу на концентрацію флавоноїдів у лікарських рослин. Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмина піскового від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Встановлено, що бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Залежність вмісту флавоноїдів у цмина піскового у комплексі із іншими елементами є вираженою та достовірною у той час як у звіробом та пижма ми мали незрозумілий ефект. Цинк інгібує продукцію флавоноїдів відповідно до збільшення його вмісту у досліджуваних зразках ґрунту. Вміст кобальту, як і у випадку із звіробом продріявленим має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг. Це дає підстави вважати, що вміст флавоноїдів у цмина піскового і звіробом продріявленого меншою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами. Вміст мангану як і у випадку із звіробом продріявленим та пижмом звичайним, у комплексі із іншими елементами, підвищується відповідно до підвищення вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового.

Враховуючи наші дослідження залежності вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від елементного складу ґрунту, ми рекомендуємо використовувати манган

для вирощування флавоноїдвмісних рослин на промислових угіддях. Втім такі елементи як бор, купрум, кобальт, магній та молібден залучати при вирощуванні флавоноїдвмісних рослин не рекомендується, оскільки у кожній досліджуваній ЛРС вони інгібують продукцію флавоноїдів. Вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого та цмина піскового, меншою мірою залежить від вмісту кобальту у комплексі із іншими досліджуваними елементами, але залучати його для вирощування цих флавоноїдвмісних рослин не рекомендується. Оскільки цинк інгібує продукцію флавоноїдів у цмині пісковому, використовувати його для вирощування даного виду флавоноїдвмісних рослин не рекомендується.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні були представлені нові дані стосовно залежності вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від часу цвітіння (початку цвітіння рослин, піку цвітіння, кінця цвітіння); від різного впливу антропогенного навантаження; від висушування за різних умов впливу сонячного світла; від елементного складу ґрунту (бору, кобальту, магнію, купруму, мангану, молібдену, цинку) у таких видах лікарських рослин як звіробій продірявлений, пижмо звичайне, цмин пісковий. Результати дисертаційного дослідження створюють теоретичний базис для формування рекомендацій стосовно збору та заготівлі лікарської рослинної сировини, щоб покращити їх лікувальні властивості і не допустити зменшення їх фітотерапевтичного ефекту.

1. Продемонстровано залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині від різного рівня антропогенного впливу. Показано, що найбільш вагоме зменшення вмісту флавоноїдів відзначається на ділянках із високим рівнем антропогенного навантаження. Найбільше 21,4% зменшення у пижма, що збиралася біля колій вугільного складу у Прилуках. Проміжним є звіробій 8,5%, що збирався на околицях заводу Пластмас (Прилуки). Найменшим - цмин пісковий - 4,9%, що збирався біля доріг, в порівнянні з ділянками із мінімальним антропогенним впливом.

2. Продемонстровано залежність вмісту флавоноїдів у досліджуваних видах рослин від часу цвітіння (початку цвітіння рослин, піку цвітіння та кінця цвітіння). Було показано, що найменший вміст флавоноїдів у ЛРС припадав на кінець цвітіння, а найбільший на пік цвітіння рослин. У той час, як на початку цвітіння кожного із цих досліджуваних рослин вміст флавоноїдів був менший у середньому на 2-3%, то кінець цвітіння показує зменшення вмісту флавоноїдів на 3,6% у цмині, 7% у пижма та 11,5% у звіробі у порівнянні із піком цвітіння.

3. Продемонстровано залежність вмісту флавоноїдів у лікарській рослинній сировині від висушування за різних умов впливу сонячного світла (під прямими сонячними променями та в затінку). Було показано, що ЛРС яка висушувалася на сонці має найменший вміст флавоноїдів серед усіх категорій. Саме цей фактор значною мірою вплинув на вміст флавоноїдів, а саме: найбільше зменшення



відбулося у квітках пижма - 26,8%, середнє значення мав звіробії - 18,3%, а найменше цмин - 11,7% у порівнянні із висушуванням в затінку.

4. Виявлено залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя продірявленого від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану та молібдену. Показано, що бор, купрум, магній, молібден та кобальт у комплексі із іншими елементами інгібують продукцію флавоноїдів. Меншою мірою вміст флавоноїдів у рослинній сировині звіробоя залежить від кобальту, так між 2 та 3 ділянками збору (0,11 мк/кг відповідно) немає значних відмінностей. Манган у комплексі із іншими елементами активує продукцію флавоноїдів і не спричинює токсичного ефекту. Дослідження рослинної сировини пижма звичайного виявило залежність вмісту флавоноїдів від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану та молібдену. Показано, що бор, купрум, кобальт, магній та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами інгібують продукцію флавоноїдів, в той час як манган активує продукцію флавоноїдів. Суттєвою відмінністю є кобальт, у той час як із ділянок де проростав звіробії продірявлений різниці між 2 та 3 ділянками збору не відзначалося, то у ділянках 5 та 6, де проростало пижмо звичайне є зменшення вмісту кобальту із 0,18 мк/кг до 0,05 мк/кг. Виявлена залежність вмісту флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового від бору, кобальту, купруму, магнію, мангану, молібдену та цинку. Встановлено, що бор, купрум, магній, кобальт, цинк та молібден, у комплексі із іншими досліджуваними елементами, інгібують продукцію флавоноїдів у рослинній сировині цмину піскового, в той час, як манган активує продукцію флавоноїдів. Вміст кобальту має незначні відмінності між 8 та 9 ділянками збору, а саме 0,05 мк/кг та 0,04 мк/кг.

## ДОДАТКИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

Україна, 04070, м. Київ, вул. Г.Сковороди, 2  
тел.: +38 (044) 425-60-59, факс.: +38 (044) 463-67-83  
www.ukma.edu.ua



1615

19.03.2024 № 13/283

Акт про впровадження в навчальний процес кафедри біології та кафедри хімії Національного університету «Києво-Могилянська Академія» результатів дисертаційного дослідження Степанова Євгенія Вікторовича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Вміст флавоноїдів у лікарській рослинній сировині залежно від елементного складу ґрунтів та технології заготівлі» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних дисциплін «Фізіологія та біохімія рослин» «Біоорганічна хімія» на кафедрі біології та дисциплін «Органічна хімія» «Методи виділення та дослідження органічних сполук» на кафедрі хімії в період 2023-2024 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє поглибити розуміння студентами основних методів екстракції біологічно активних речовин (флавоноїдів), залежності синтезу флавоноїдів, зокрема рутину, від вмісту мінеральних елементів ґрунту.

Віце-президент  
з науково-педагогічної роботи  
(навчальна робота) проф., д.н.

Василь ОЖОГАН

Завідувач кафедри хімії  
проф., д.н.

Анатолій БУРБАН

Завідувач кафедри біології  
проф., д.н.

Максим АНТОНЮК

000635



УКРАЇНА

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ ПІДРОЗДІЛ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
«НІЖИНСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

16600, Чернігівська обл., м. Ніжин, вул. Шевченка, 10, тел. (04631) 2-52-70, факс (04631) 2-32-61, E-mail: natuniv@ukr.net,  
Код ЄДРПОУ 34492238

11.05.2024 № 01-11/182  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**Акт про впровадження освітній процес кафедри агрономії  
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» результатів  
дисертаційного дослідження Степанова Євгенія Вікторовича**

Результати наукового дослідження в рамках виконаної дисертаційної роботи за темою «Вміст флавоноїдів у лікарській рослинній сировині в залежності від елементарного складу ґрунтів та технології заготівлі» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 - Біологія були використані під час викладання дисциплін «Агрохімія» та «Фізіологія рослин з основами біохімії» на кафедрі агрономії в період 2023-2024 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє удосконалити вивчення студентами основних методів аналізу елементарного складу ґрунтів та впливу мікроелементів ґрунту на перебіг процесів метаболізму у рослинній клітині.

Т.в.о. директора

Завідувач кафедри агрономії доц. к.б.н.



Ірина ДЕМЧУК

Андрій СЕМЕНІХІН



Міністерство освіти і науки України  
**НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ**

вул. Графська, 2, м. Ніжин, Чернігівська обл., 16602  
тел.: (04631) 7-19-67, факс: (04631) 2-53-09  
e-mail: [ndu@ndu.edu.ua](mailto:ndu@ndu.edu.ua), код ЄДРПОУ 02125668

26.03.2024 № 01-14/265

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Акт про впровадження в навчальний процес кафедри біології  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя результатів  
дисертаційного дослідження Степанова Євгенія Вікторовича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Вміст флавоноїдів у лікарській сировині в залежності від елементного складу ґрунтів та технології заготівлі» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Біологічні основи сільського господарства і ґрунтознавства», «Фізіологія рослин», «Загальна екологія», «Біологічна хімія» у Ніжинському державному університеті імені Миколи Гоголя в період 2022-2023 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє удосконалити вивчення студентами основних методів аналізу елементарного складу ґрунтів та впливу мікроелементів та деяких макроелементів на синтез флавоноїдів в лікарських рослинах.

Ректор університету

Олександр САМОЙЛЕНКО