

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
факультет фармацевтичних технологій та менеджменту
кафедра фармакогнозії та нутриціології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «**ФАРМАКОГНОСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ**
ПРЕДСТАВНИКІВ СЕКЦІЇ VETRIX РОДУ SALIX L.»

Виконала: здобувачка вищої освіти групи
Фм19(4,6з)мед-01б

спеціальності: 226 Фармація, промислова фармація
освітньої програми Фармація

Альона ОЛІЙНИК

Керівник: доцент закладу вищої освіти кафедри
фармакогнозії та нутриціології, д.фарм.н., доцент
Наталія БОРОДІНА

Рецензент: професор закладу вищої освіти
кафедри фармацевтичної хімії, д.фарм.н., професор
Сергій ВЛАСОВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена фітохімічному дослідженню представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. У сировині встановлено якісний склад і визначено кількісний вміст деяких груп БАР: органічних кислот, гідроксикоричних кислот, флавоноїдів, суми поліфенольних сполук. Досліджено мінеральний склад сировини. Встановлено основні числові показники. Кваліфікаційна робота містить 64 сторінки, 14 таблиць, 17 рисунків, список літератури з 32 найменувань.

Ключові слова: род *Salix* L. секція *Vetrix*, біологічно активні речовини, якісний аналіз, кількісний аналіз

ANNOTATION

The master's thesis is devoted to phytochemical research of species section *Vetrix* genus *Salix* L. shoots. The raw material has a qualitative composition and determined the quantitative content of some groups of BAS: organic acids, hydroxycinnamic acids, flavonoids, the amount of polyphenolic compounds. The mineral composition has been studied. The main numerical indicators are set. The qualification work contains 64 pages, 14 tables, 17 figures, a list of literature with 32 titles.

Key words: species section *Vetrix* genus *Salix* L., biologically active substances, qualitative analysis, quantitative analysis

Зміст

Вступ.	6
Розділ 1. Сучасний стан вивчення видів роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	9
1.1. Коротка ботанічна характеристика видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	9
1.2. Хімічний склад сировини видів роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb	22
1.3. Використання сировини видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	27
1.4. Нові сировинні джерела видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	36
Висновки до розділу 1	38
Розділ 2. Порівняльне фітохімічне дослідження видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	39
2.1. Виявлення основних груп біологічно активних речовин.	43
2.1.1. Виявлення основних груп БАР за допомогою якісних реакції.	43
2.1.2. Хроматографічне вивчення біологічно активних речовин видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	46
2.1.3. Хромато-мас-спектрометричне дослідження сировини видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	49
Висновки до розділу 2	53
Розділ 3. Визначення числових показників сировини видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	54
3.1. Визначення основних числових показників.	54

3.1.1.	Визначення вологості.	54
3.1.2.	Визначення золи загальної.	55
3.2.	Визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин у пагонах представників видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	55
3.2.1.	Кількісне визначення флавоноїдів.	55
3.2.2.	Визначення вмісту гідроксикоричних кислот.	57
3.2.3.	Кількісне визначення поліфенольних сполук.	58
3.2.4.	Кількісне визначення органічних кислот.	59
3.3.	Визначення вмісту макро-та мікроелементів видів секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L. родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	60
	Висновки до розділу 3	65
	Всновки	66
	Список використаних джерел.	68
	Додатки.	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР –	біологічно активні речовини;
БАД –	біологічно активні добавки;
ВЕРХ –	високоефективна рідинна хроматографія;
ГРХ –	газорідинна хроматографія;
ГХ-МС –	газова хроматографія – мас-спектрометрія;
ДГСТ –	Державний галузевий стандарт;
ДФУ –	Державна фармакопея України;
ЄФ –	Європейська фармакопея;
ЛЗ –	лікарський засіб;
ЛР –	лікарська рослина;
ЛРС –	лікарська рослинна сировина;
МКЯ –	методики контролю якості;
МОЗ –	Міністерство охорони здоров'я;
НД –	нормативна документація;
НФаУ –	Національний фармацевтичний університет;
ПХ –	паперова хроматографія;
ССЗ –	серцево судинні захворювання;
СФ –	спектрофотометрія;
ТШХ –	тонкошарова хроматографія;
УФ –	ультрафіолетовий;
ФС –	фармакопейна стаття;
ФСЗ –	фармакопейний стандартний зразок;
ХС –	холестерин;
ШКТ –	шлунково-кишковий тракт.

ВСТУП

Актуальність теми.

Зменшення лісових ресурсів на фоні загального зростання потреб фармацевтичної промисловості, сільського господарства та біоенергетики в якісній деревній сировині зумовлюють збільшення попиту на швидкозростаючі деревні рослини. Одним із перспективних видів у цій категорії є види секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Цілеспрямований пошук нових вітчизняних джерел сировини рослинного походження, які б розширили кількість офіційних видів та створення нових лікарських препаратів на їх основі є актуальним для фармації України. Особливо це стосується тих деревних рослин, які широко використовуються у народній медицині та мають достатню сировинну базу. Як раз до таких рослин відносяться види роду *Salix* L. родини Вербові *Salicaceae* Mirb., насамперед широко культивовані в Україні видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Дослідження, спрямовані на вивчення видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. є актуальною темою фармакогностичного дослідження.

Мета дослідження.

Мета нашої роботи порівняльне фармакогностичне дослідження пагонів 3 видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Завдання дослідження.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- провести збір наукових інформаційних джерел, щодо сучасного стану дослідження видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb., хімічного складу та біологічних властивостей рослин роду Тополя, використання сировини у фармації та фітотерапії;
- провести порівняльне фармакогностичне дослідження рослин роду тополя, 3 видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.;

- встановити основні числові показники та визначити кількісний вміст основних груп біологічно активних речовин видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Предмет дослідження.

Визначення якісного складу та кількісного вмісту біологічно активних речовин (полісахаридів, органічних, карбонових та гідроксикоричних кислот, амінокислот, аскорбінової кислоти, флавоноїдів, поліфенольних сполук, терпеноїдів, жирної олії), макро- і мікроелементів у сировині видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb., визначення макро- та мікроскопічних діагностичних ознак пагонів представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Об'єкт дослідження.

Комплексне порівняльне фармакогностичне дослідження пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Методи дослідження.

Морфолого-анатомічні – для встановлення морфологічних і анатомічних діагностичних ознак сировини видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.; фізичні – визначення втрати в масі при висушуванні, загальної золи, розчинності; фізико-хімічні – ПХ, ТШХ, абсорбційна спектрофотометрія в УФ- та видимій ділянках спектра, АЕС; ГХ-МС; хімічні – реакції ідентифікації БАР; гравіметричний, титриметричний методи аналізу; статистичні – обробка результатів експериментів згідно з вимогами ДФУ.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати досліджень будуть використані для розробки проектів МКЯ на сировину видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Наукова новизна.

Проведено комплексне порівняльне фітохімічне дослідження пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Проведено якісний аналіз досліджуваної сировини, в ній встановлено кількісний вміст основних груп БАР: гідроксикоричних кислот, флавоноїдів, поліфенолів, органічних,

ароматичних і жирних кислот, аскорбінової кислоти, терпеноїдів, жирної олії, водорозчинних полісахаридів.

Апробація результатів дослідження і публікації.

XI Міжнародна науково-практична конференція «The latest information and communication technologies in education», 27 листопада 2023 р., Флоренція, Італія. XI Міжнародна науково-практична конференція «Integration of science as a mechanism of effective development», 28 листопада - 01 грудня 2023 р., Гельсінкі, Фінляндія; IV Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «YOUTH PHARMACY SCIENCE». 6-7 грудня 2023 року, Національному фармацевтичному університеті

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.

Кваліфікаційна робота викладена на 64 сторінках машинописного тексту, складається із анотації, вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатку. Робота проілюстрована 14 таблицями та 17 рисунками. Список використаних джерел налічує 134 найменування, з них 28 кирилицею та 106 латиницею.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ВИДІВ СЕКЦІЇ *VETRIX*
РОДУ *SALIX* L. РОДИНИ *SALICACEAE* MIRB.

1.1 Коротка ботанічна характеристика видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Salicaceae Mirb. (родина вербових і тополиних) традиційно включає роди *Populus* L. (тополя) і *Salix* L. (верба), які поширені в північних регіонах з помірним кліматом. В наш час кількість видів рослин родини *Salicaceae* Mirb. було збільшено за рахунок видів тропічних членів *Flacourtiaceae*. Таким чином, родина *Salicaceae* Mirb. зараз включає близько 56 родів і 1220 видів [1, 3, 4, 16-18, 19-27, 34, 36, 58, 85, 121, 122, 123].

Представники *Salicaceae* Mirb. є швидкозростаючими деревами або кущами. Рід *Salix* L. (верба) включає 330–500 видів і понад 200 гібридів, які найбільш широко поширені в Північній півкулі з обмеженою кількістю видів у Південній півкулі. Види роду *Salix* L. також досить поширені в Африці, Північній Америці, Європі та Азії. Види роду *Salix* L. - швидкокорослі дерева, кущі або рослини, що стеляться; вони можуть витримувати широкий спектр різних погодних умов більше, ніж види *Populus* L., оскільки ростуть у помірних, субтропічних і тропічних регіонах. Всі вербові дводомні і мають одностатеві квітки. Серезки одностатеві, або тільки з чоловічими, або тільки з жіночими квітками; чоловічі і жіночі серезки з'являються на різних деревах або кущах. Верби в повному розумінні слова рослини дводомні.

У доступної наукової літератури повідомлялося про загальні морфологічні ознаки роду *Salix* L. Верби - дерева або кущі заввишки 6-10 м із спірально розташованим, іноді сріблястим, довгастим листям. Останні зазвичай волосисті знизу і часто чорніє під час висихання. Листя прості, черешкові з різною формою пластинки (довгастої, лінійної, яйцеподібної, обернено яйцеподібної або круглої), прилистки з лінійними або округлими прилистками та з цільним, пилчастим або зубчастим краєм. Їх розташування

здебільшого чергується або рідко протилежно. Квітки сережки, дводомні, з нектарниками (залозками) замість оцвітини і мають приквітки, бліді або чорні, опушені або голі, постійні у чоловічих квіток і опадаючі у жіночих. Квіти розпускаються навесні, як правило, перед листям. Чоловічі сережки мають здебільшого дві тичинки, більш помітні жовті, лише деякі види мають 3-12 тичинок. Тоді як жіночі сережки зеленуваті, мають одну маточку зав'язь сидяча або на довгій (довшій за нектарник) чи короткій ніжці (коротшій за нектарник); стовпчик один, коротший або довший від зав'язі, приймочок дві, звичайно дволопатевого або двороздільних. Нектар квітучої верби є першим джерелом їжі для бджіл навесні. Насіння дрібне, з обмеженою тривалістю життя, з тонким волохатим покриттям, що дозволяє йому поширюватися вітром, і воно проростає після кількох днів перебування на вологих поверхнях. Останнім часом таксономія неотропічних *Salicaceae* Mirb. (раніше *Flacourtiaceae*) є складною, оскільки вони демонструють дуже різну морфологію та демонструють численні спільні характеристики з декількома іншими родинами. Неотропічні види *Salicaceae* Mirb. і традиційні види *Salicaceae* Mirb. демонструють подібні ознаки, такі як наявність салікоїдних зубців листя, колатеральної та аркоподібної судинної системи на середній жилці, велика кількість кристалів, брахіпарацитних продихів, вторинного росту черешка та склеренхіми, що супроводжує пучки [1,3, 4, 16-18].

За фізико-географічним районуванням територія України поділяється на зону мішаних лісів (Українське Полісся), Лісостепову зону, Степову зону (з підзонами: Північна степова підзона і Південна степова підзона), Українські Карпати і Закарпаття та Кримські гори з двома областями (Кримська гірська область і область Південного берега Криму). У свою чергу Лісостеп поділяється на шість кліматичних районів: Західний, Подільський, Придністровський, Правобережний, Лівобережний і Східний. Територія України, в основному, розміщена в помірно теплому поясі. Клімат її в цілому континентальний, лише на Південному березі Криму – субтропічний, середземноморського типу. М'який клімат з малосніжною зимою і дощовим

літом в Закарпатті. Загалом закономірність клімату України характеризується зростанням його континентальності з заходу на схід. Розподіл температур, вологості та опадів близькі до широтної зональності. Головними лімітуючими факторами культури верб є температура, кількість опадів і відносна вологість повітря. В цілому клімат України є сприятливим для росту та розвитку більшої кількості видів роду *Salix* L., які поширені на рівнинній частині України. Гірські арктомонтанні верби, в силу вимогливості до вологості ґрунту і повітря, мають обмежений острівний ареал у високогір'ях Карпат, а деякі види – *Salix myrtilloides* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix starkeana* Willd., *Salix lapponum* L. – і на Поліссі [1,3, 4, 16-18].

Аборигенні види мають потужну кореневу систему переважно мичкувату яка сягає глибини 2,5-3 м., бічні корені розгалужені та виконують утримуючу функцію, коренева система верб добре розвивається і на багатих чорноземах і на піщаних грантах, на розвиток кореневої системи верб впливає рівень засоленості ґрунтів та ступінь задерніння, разом з тим ґрунтові умови не є лімітуючими для розвитку переважної більшості верб, навпаки виступають стимулюючим фактором розвитку кореневої системи. Життєві форми представників верб можуть змінюватись у деяких видів залежно від умов існування це характерно для перехідних деревно-кущових видів. Висота представників роду варіює в межах від 1 до 35 м. [38], деякі види роду за сприятливих умов існування формують стовбури до 30-35 м. та діаметрами до 2,5-3м. Разом з тим притаманна схильність всіх видів до дуплистості значно знижує цінність верби як господарської породи [15]. Характерною морфологічною ознакою для верб є зміна забарвлення пагонів та стовбура з віком, прикладом є жовте забарвлення кори у молодому віці у верб тритичинкової, білої, повислої у дорослих представників цих видів забарвлення кори варіює від жовтого до темно сірого, також змінюють забарвлення з червоного кольору на сірий представники верби цілолистої, козячої пурпурової [3, 16]. Найрозповсюдженішими представниками підроду в Україні є верба тритичинкова та п'ятитичинкова, верба ламка та верба біла.

Таксономічні особливості та хорологія представників роду *Salix* L. в Україні.
(згідно дослідження Іщук Л.П.) [16, 17].

Підрід	Секція	Вид, підвид, деякі синоніми	Життєві форми	Поширення в Україні
1	2	3	4	5
<i>Salix</i>	<i>Amygdalinae</i>	<i>Salix triandra</i> L. – верба тритичинкова	Мікрофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, Крим.
	<i>Pentandrae</i>	<i>Salix pentandra</i> L. - верба п'ятитичинкова	Мікро-, рідше мезофанерофіт	Полісся, зрідка в Лівобережному, Правобережному, Волинському і Західному Лісостепу.
	<i>Salix</i>	<i>Salix alba</i> L. - верба біла	Мезофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, Крим.
<i>Salix</i>	<i>Salix</i>	<i>Salix fragilis</i> - верба ламка	Мезофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, гірський Крим. Південна межа проходить по лінії Таганрог (Росія) - Пологи - Каховка - Цюрупинськ - Очаків і далі на захід по узбережжю Чорного моря.
<i>Chamaetia</i>	<i>Myrtilloides</i>	<i>Salix myrtilloides</i> L. - верба чорнична	Нанофанерофіт, рідше хамефіт	Полісся, Лісостеп, Карпати. Південна межа ареалу проходить по лінії
	<i>Retusa</i>	<i>Salix herbaceae</i> L. - верба трав'яниста	Хамефіт	Карпати
		<i>Salix retusa</i> L.- верба туполиста	Хамефіт	Карпати
	<i>MyrtoSalix</i>	<i>Salix alpina</i> Scop. - верба альпійська	Хамефіт	Карпати
<i>Vetrix</i>	<i>Nigricantes</i>	<i>Salix myrsinifolia</i> Salisb. - верба мірзинолиста (<i>Salix nigricans</i> Sm., <i>Salix borealis</i> Fr. <i>NasSalix</i>)	Мікрофанерофіт	Полісся. Південна межа проходить по лінії Чернігів - Суми і далі по кордону між Білоруссю і Україною.

1	2	3	4	5
Vetrix	Vetrix, підсекція Laeves	<i>Salix caprea L.</i> - верба козяча (<i>Salix coaetance (Hartm.) Flod.; Salix caprea coaetanea Hartm.</i>)	Мікрофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, Крим. Південна межа проходить по лінії Миколаїв - Запоріжжя - Донецьк.
	Vetrix, підсекція Laeves Vetrix, підсекція Substriatae	<i>Salix cinerea L.</i> - верба сіра, попельста	Нанофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, Крим.
		<i>Salix aurita L.</i> - верба вушката	Нанофанерофіт	Полісся, Карпати. Південна межа проходить по лінії Суми - Київ, далі
		<i>Salix starkeana Willd.</i> - верба Старке (<i>SALIX livida Whlbg., S depressa L. p.p.</i>)	Нанофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Карпати. Південна межа проходить по лінії Харків - Полтава - Лубни - Канів - Вінниця - Рогатин - Львів - Мостиськ.
	Vetrix, підсекція Substriatae	<i>Salix silesiaca Willd.</i> - верба сілезька	Мікрофанерофіт	Карпати
	Arbuscella, Підсекція	<i>Salix rhaetica AnderSalix</i> - верба	Нанофанерофіт, рідше хамефіт	Карпати
	Vimen	<i>Salix viminalis L.</i> - верба прutowидна, кошикова конопляна (<i>Salix rossica Nas.</i>)	Мікрофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Карпати. Південна межа проходить по лінії Харків - Черкаси - Балта.

1	2	3	4	5
Vetrix	<i>Villosae</i>	<i>Salix lapponum</i> L. - лапландська, лопарська	Нанофанерофіт	Полісся, Лісостеп, Карпати. Південна межа суцільного ареалу проходить по лінії Овруч - Новоград- Волинський - північніше
	<i>Daphnella</i>	<i>Salix acutifolia</i> Willd. - верба гостролиста (червона шелюга)	Мікрофанерофіт	Лівобережне Полісся, Лівобережний Лісостеп, Степ.
	<i>Daphnella</i> <i>Incubaceae</i>	<i>Salix daphnoides</i> Vill. - верба вовчягідна	Мікро-, рідше мезофанерофіт	Карпати
		<i>Salix rosmarinifolia</i> L. - верба розмаринолиста	Нанофанерофіт	Лівобережний Лісостеп, Степ, Крим. Південна межа проходить по лінії через
	<i>Cannae</i>	<i>Salix eleagnos</i> Scop. - верба маслинколиста, лоховидна	Мікрофанерофіт	Карпати.
Vetrix	<i>Helix</i> підсекція <i>Purpureae</i>	<i>Salix purpurea</i> L. - верба пурпурова	Нанофанерофіт	Полісся, Лісостеп, гірський Крим. Південна межа проходить по лінії Ковель - Вінниця - Білгород-
		<i>Salix Vinogradovii</i> <i>Skvort.</i> - верба Виноградова	Нанофанерофіт	Лівобережний Лісостеп, Степ.

Таким чином, встановлено хорологію 23 видів роду *Salix* L. в Україні. Майже всі аборигенні види роду *Salix* L. – гігрофіти і геліофіти, тому дуже

швидко заселяють нові місця та техногенні ландшафти. Крім того, у природі часто трапляються спонтанні гібриди. Слід зауважити, що вони не мають домінуючого значення у популяціях. Представники роду *Salix* L. в Україні зазвичай займають інтразональні ландшафти перезволожених екоотопів. На думку О.К. Скворцова, складність в ідентифікації видів роду *Salix* L. полягає в тому, що вони дуже поліморфні, мають велику кількість міжвидових спонтанних гібридів, характеризуються неодноразовим розвитком листків і квіток та дводомністю. [1,3, 4, 16-18]

Характерним для роду верб є високий рівень вегетативного розмноження, генеративне розмноження проходить впродовж вегетаційного періоду наприкінці травня - початку червня, що надає перевагу вербам над іншими деревними видами.(див. рис. 1.1 та 1.2) [17].



https://dryades.units.it/prealpigiulie/index.php?procedure=taxon_page&id=208&num=3541

Рис. 1.1 *Salix caprea* L.

Salix caprea L. дерево заввишки до 12 м або великий чагарник. Кора має чіткі ромбоподібні пробкові бородавки на стовбурах і більш товстих

гілках. Пагони не мають смуг, а серцевина гілок коричневого кольору. Пагони спочатку густо опушені, а потім голі. Однорічні пагони зазвичай голі. Округлі прилистки чітко виражені лише на міцних пагонах, в іншому випадку нечіткі або відсутні. Листя овальне з коротким, зазвичай злегка закрученим кінчиком. Листя зазвичай 5-10 см, іноді навіть до 15 см, завдовжки і 2,5 - 4 см, на частинах до 7 см завширшки. Довжина зазвичай відповідає максимально 2,5-кратній ширині. Крім того, листя хвилясті по краю, нечіткі або неправильно виїмчасті або цілісні. Верхня поверхня спочатку дещо опушена, темно-зелена, злегка блискуча, а пізніше гола. Нижня сторона листа сіро-зелена, густо-до пухко-білої войлочної форми і рідко повністю гола. Широко сітчасте жилкування чітко видно знизу і є трохи заглиблене на верхній стороні. Період цвітіння триває з березня по квітень, ще до появи листя. Серезки сидячі або коротко черешкові та загострені, від овальної до короткої циліндричної форми довжиною приблизно 2-4 см. Ніжка квітів ♀ тримають черешкові та опушені зав'язі, дуже короткі або відсутні. Квітка ♂ має дві тичинки, які голі або мають лише кілька волосків. Приквітки квіток двоколірні зі світлою основою і темною передньою частиною проділ і довге волосся. Цей вид зустрічається в Європі та Азії. Мешкає цей вид на лісових галявинах, живоплотах і чагарниках, на узліссях, узбіччя доріг, на перелогах і рудерах [1,3, 4, 16-18, 19-27].



https://dryades.units.it/prealpigiulie/index.php?procedure=taxon_page&id=208&num=3541

Рис 1.2 *Salix cinerea* L.

Salix cinerea L. (верба сіра, верба попеляста) - зазвичай росте у вигляді великого куща, але може стати невеликим деревом до 4 метрів у висоту. Пагони нинішнього року товсті, вкриті густим блідо-сірим опушенням. Бутони великі, оточені круглими зазубреними прилистками.. Пагона зазвичай мають густе оксамитове сиве опушення. Зимові бруньки мають сірий або коричневий колір і опушені. На двох-чотирирічних гілках видно чіткі поздовжні смуги довжиною 5-30 мм. Прилистки округлі, зазвичай чіткі і рідко відсутні. Листя від вузько овального до подовженого, де найбільша ширина листя зазвичай знаходиться в середині або вище, біля заокругленого кінчика, перевернута овальна форма. Здебільшого 5 - 10 см, частинами також 12 см, довжиною і 2-4 см, іноді 5 см, широкі листки в 2-4 рази перевищують ширину. Листя опушені з обох боків і відносно плоскі (без жилок, заглиблених у поверхню або піднятих над поверхнею). Край листя може мати округлі зубці, але не загнутий донизу. Листки мають 10–15 пар головних

жилок уздовж середньої жилки. У *Salix aurita* L. менші та відносно коротші листки з 7-9 парами жилок. По краю листя нерівномірно виїмчасті або мають цілі краї. Верхня сторона не зморшкувата або лише злегка зморшкувата, тьмяно-зелена і принаймні спочатку сивоволосий. Нижня сторона завжди густо опушена і сіро-зеленого кольору (див. рис. 1.2). Період цвітіння припадає на березень-квітень до появи листя. Серезки майже сидячі або черешкові довжиною до 2 см, мають овальну подовжену форму довжиною від 2-5 см. Зав'язі квіток ♀ черешкові, опушені і короткі, стилі приблизно такої ж довжини, як і гілки рильця. Дві тичинки квітки ♂ є переважно волосисті біля основи. Приквітки квіток двоколірні зі світлою основою і темною передню частину і носити довгі волоски.

Salix cinerea росте на відносно багатих поживними речовинами місцях, таких як узбережжя озер і оброблені або покинуті поля. Вид поширений від Центральної Європи до центральних районів Сибіру. Ареал поширення простягається від Європи до західні райони Азії. Зустріти цей вид можна на берегах, у канавах, болотах, вільхових ямах. Можуть бути виявлені вологі луки та вологі та вологі рудеральні ділянки [1,3, 4, 16-18, 19-27].

Типовий *Salix cinerea* ssp. *cinerea* підвид *Salix cinerea* ssp. олійнолистний (іржаво-червона сіра верба, синонім: *Salix atrocinerea* Brot.). Це чагарник або дерево висотою до 12 м. Диференціація до типового підвиду відбувається через волоски на нижньому боці листя. На відміну від *Salix cinerea* ssp. *cinerea* крім світлих має волоски кольору іржі. Ареал поширення цього підвиду – західна, південно-західна та західна центральна Європа [26]. Цей вид, як і *Salix caprea* L., входить до підроду *Vetrix*, включений до підрозділу *Laeve*. Ця верба також була предметом деяких фітохімічних робіт щодо фенольних речовин, це вторинні інгредієнти рослин.

Salix cinerea L. використовується як їжа багатьма різними травоядними тваринами перетинчастокрилих, лускокрилих і жесткокрилих. Декілька видів нематинових пилильщиків і цецидомїд викликають галли на листках або пагонах.

Salix cinerea L. - великий кущ або невелике дерево з міцними пагонами, вкритими густим сірим опушенням. Його можна відокремити від зазвичай меншого та делікатнішого *Salix aurita* L. за більш товстими пагонами та довшим, більш плоским листям.

Salix aurita L. - низькорослий чагарниковий вид, який легко впізнати завдяки характерним листям: краї зморшкуваті й загорнуті донизу, а жилки втоплені в лопаті зверху й підняті знизу. *Salix aurita* L. не особливо вимоглива до властивостей ґрунту, тому росте в багатьох різних середовищах існування, включаючи лісисті околиці боліт, поля, луки та озера, а також сухі відкриті соснові ліси. Його поширення охоплює всю Європу і Західну Росію. *Salix aurita* L. відсутній лише в північній Лапландії та в деяких регіонах Швеції та Норвегії.

Листя *Salix aurita* L. мають довжину 2,5-5 см і найширші біля кінчика, який може бути злегка зігнутим убік. Обидва боки вкриті коротким густим опушенням. Жилки листа заглиблені в пластину з верхньої сторони, а з нижньої сторони жилки підняті і утворюють густу мережу. Краї листя часто зморшкуваті і загнуті донизу. Листкова пластинка має 7–9 пар головних жилок (у *Salix cinerea* L. 10–15).

Salix aurita L. зазвичай менше одного метра у висоту, але в деяких місцевостях може досягати 2,5 метрів. Пагони поточного року тонкі, густо опушені, зелені або червонувато-коричневі. Навколо маленьких бутонів розташовані округлі зазубрені прилистки [1,3, 4, 16-18, 19-27].

Salix aurita L. цвіте до розпускання листя, а суцвіття мають лише короткі стеблинки з кількома маленькими листочками. Суцвіття розташовані з боків пагона минулого року, а приквітки мають коричневі кінці. Коробочки на зрілих сережках довгі і тонкі, розріджено розташовані навколо центральної осі (рис. 1.3).



https://dryades.units.it/floritaly/index.php?procedure=taxon_page&tipo=all&id=210

Рис. 1.3 *Salix aurita* L.

Salix aurita L. широко поширений, але загалом не дуже поширений у навколишньому середовищі. Декілька видів нематинових пилильщиків викликають згортання листя або закриті гали на листках, бруньках або пагонах *Salix aurita* L., а галлиця *Rabdophaga salicis* викликає кулясті галли. Листям харчуються личинки жуків, молі та пилильщиків.

Salix caprea x *cinerea* (рис. 1.3) (*Salix* x *Reichhardtii* A. Kern.) (рис. 1.4.) це гібрид із батьківськими видами *Salix caprea* L. та *Salix cinerea* L. Габітус може бути з від кущоподібної до невеликої деревоподібної форми (див. рис. 2-12, ліворуч). Гілки спочатку опушені, але пізніше голі, злегка блискучі та червонувато-коричневого кольору. На очищеній деревині можуть бути кілька смуг, але вони також можуть бути відсутніми.



https://dryades.units.it/floritaly/index.php?procedure=taxon_page&tipo=all&id=209

Рис. 1.4 *Salix caprea* x *cinerea* (верба Рейхардта, синонім: *Salix* x *Reichhardtii* A. Kern.

Листя може мати різну форму. Як правило, вони обернено яйцеподібні або широкі еліптичні. Верхня сторона має темно-зелене забарвлення, а нижня - попелясто-сіра, може бути гола або більш-менш густо опушена. На нижній стороні також видно виражене жилкування судин. Краї листя зазвичай хвилясті (рис. 1.3).

На відміну від цього гібрида, *Salix caprea* L. демонструє сильніші гілки, більші сережки та ширші, більш яйцевидні або майже кулясті листки. З іншого боку, батьківська *Salix cinerea* L. має вужчі, обернено яйцеподібні або довгасті листя. Цю вербу можна зустріти на узліссях і на берегах озер, річок і струмків. Цей гібрид не був систематично розроблений, він як і його батьки, також належить до підроду *Vetrix* [1, 3, 4, 16-18, 19-27, 34, 58, 122, 123].

1.2 Хімічний склад видів роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

У багатьох роботах повідомляється про біологічний і хімічний склад рослин роду *Salix* L., таких як флавоноїди, групи органічних кислот, фенольні сполуки та їх похідні, терпени, стерини, лігнани та леткі речовини. Флавоноїди рослин роду *Salix* L. складають типові хімічні структури, такі як флавоони, флаван-3-оли, халкони, дигідрохалкони, антоціани та їх похідні. У рослині *Salix babylonica* L. основні флавоноїди, такі як глікозиди апігеніну (апігенін-7-О-галактозид) і хризоеріол; лютеолін та його глікозиди, такі як лютеолін-6-С- β -D-глюкопіранозид (ізоорієнтин), лютеолін-4'-О-глюкозид, лютеолін-7-О- β -D- глюкопіранозид і кемпферол-7-О-глюкозид; і флаван-3-оли, такі як епікатехін галлат і епігаллокатехін галлат. [1, 17, 29, 50, 113].

Для рослин роду *Salix* L. повідомлено про понад 90 фенольних сполук та їх похідних. 4-(гідроксиметил)феніл β -D-глюкопіранозид, саліцин, салідрозид, тремулоїдин, тріандрін, трихокарпін, 2'-О-ацетилтрихокарпін і вімалін 3 виду *Salix babylonica* L. виділені основні хімічні сполуки фенольної природи, і це також основна група сполук, знайдена в рослинах роду *Salix* L.

Фенольні кислоти в рослинах *Salix* L. Представлені або бензойною, або коричною кислотами, або похідними гідроксикоричної кислоти. Рослини роду *Salix* L. є багатими джерелами фенольних кислот, серед яких кора *Salix purpurea* L. і *Salix alba* L. У яких виявлено найбільшу кількість фенольних кислот. Терпени, леткі терпени і лігнани були виявлені в багатьох видах роду *Salix* L.: *Salix cheilophila* C. K. Schneid. гілочки; *Salix tetrasperma* Roxb. листя, кора, квіти; *Salix subserrata* Willd.; *Salix babylonica* L.; *Salix caprea* L.; *Salix egyptiaca* L.; і *Salix alba* L. містять більше терпенів, летких терпенів і лігнанів. У листках *Salix babylonica* L., зібраних в Єгипті, залежно від порівняння часу утримування або мас-спектральних даних виявили 59 сполук. Основними були тритетраконтан (аліфатичний вуглеводень: 15,2%), 9-октадецена кислота, 1,2,3-пропантриіловий ефір (атріолеїлгліцерин: 11,1%), метиловий ефір гексадеканової кислоти (насичена жирна кислота). 10,5%), 1,3-діоксан-4-(гексадецилокси)-2-пентадецил (гетероциклічна

органічна сполука: 10,3%), фітол (3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ол: 9,7%), а також аліфатичні вуглеводні, такі як нонадекан (1,2%) і гексатріаконтан (0,8%). [30, 54, 72, 84, 96, 98, 99, 107, 109, 111, 127, 130, 132].

Повідомлялося про різні фіто складові або вторинні метаболіти рослин роду *Salix* L., такі як флавоноїди, глікозиди (фенольні та нефенольні глікозиди), проціанідини, органічні кислоти та їх похідні, прості фенольні сполуки, стерини та терпени, лігнани, леткі речовини та жирні кислоти. Листя верби в основному містять флавоноїди, фенольні кислоти, їх похідні та фенольні глікозиди, тоді як кора в основному містить проціанідини.

Рослини роду *Salix* L. містять широкий спектр флавоноїдів, які є відмінними для кожного виду, як флаволи, флавоноли, флаванони, дигідрофлавоноли, ізофлаволи, халкони, дигідрохалкони, флаван-3-оли та антоціани структури представлені на рис. 1.4 [30, 32, 50, 134].

Найбільша кількість різних класів флавоноїдів виявлена в листі і рідко в коренях. Флаволи, такі як апігенін та його глікозиди, є основними складовими *Salix acutifolia* Willd. листя, *Salix matsudana* Koidz. листя і *Salix babylonica* L. листя та коріння. Тоді як хризоееріол, його 7-О-D-глюкозид 7 і 7-О-глюкуронід є основними складовими *Salix babylonica* L. *Salix matsudana* Koidz. листя і *Salix subserrata* Willd. листя відповідно. *Salix gilgiana* Seemen. листя характеризуються накопиченням ацильованих глюкозидів лютеоліну.

Встановлено, що кемпферол і його 7,4'-диметил похідне є найбільш помітними компонентами *Salix bordensis* Turcz. Крім того, кемпферол-7-О-глюкозид є основною сполукою в листі та коренях *Salix babylonica* L.

Ангелоксифлаволи та ізофлаволи є хімічними маркерами для *Salix cheilophila* C. K. Schneid. Гілочки, молоде стебло *Salix integra* × *Salix suchowensis* характеризувалося накопиченням сульфатованих флаванонів і дигідрофлавонолу. [112].

Найбільшу кількість халконів, катехінів, проціанідинів і антоціанів виявлено в корі верб *Salix daphnoides* Vill.. Кора *Salix elbursensis* Bois, *Salix acutifolia* Willd. і *Salix rubra* Hud. характеризувались накопиченням халконів.

Катехін та його похідні, епікатехін, проціанідин та його похідні основні складові кори *Salix sieboldiana* Blume. Крім того, проціанідини є основними складовими *Salix daphnoides* Vill. кора.

Антоціани виявлено в корі *Salix purpurea* L., *Salix daphnoides* Vill., *Salix alba* L., *Salix phylicifolia* L., *Salix nigricans* Sm., *Salix calodendron* Wimm. і *Salix viminalis* L., *Salix triandra* L. і *Salix amygdalina* L. [41, 47, 48, 76].

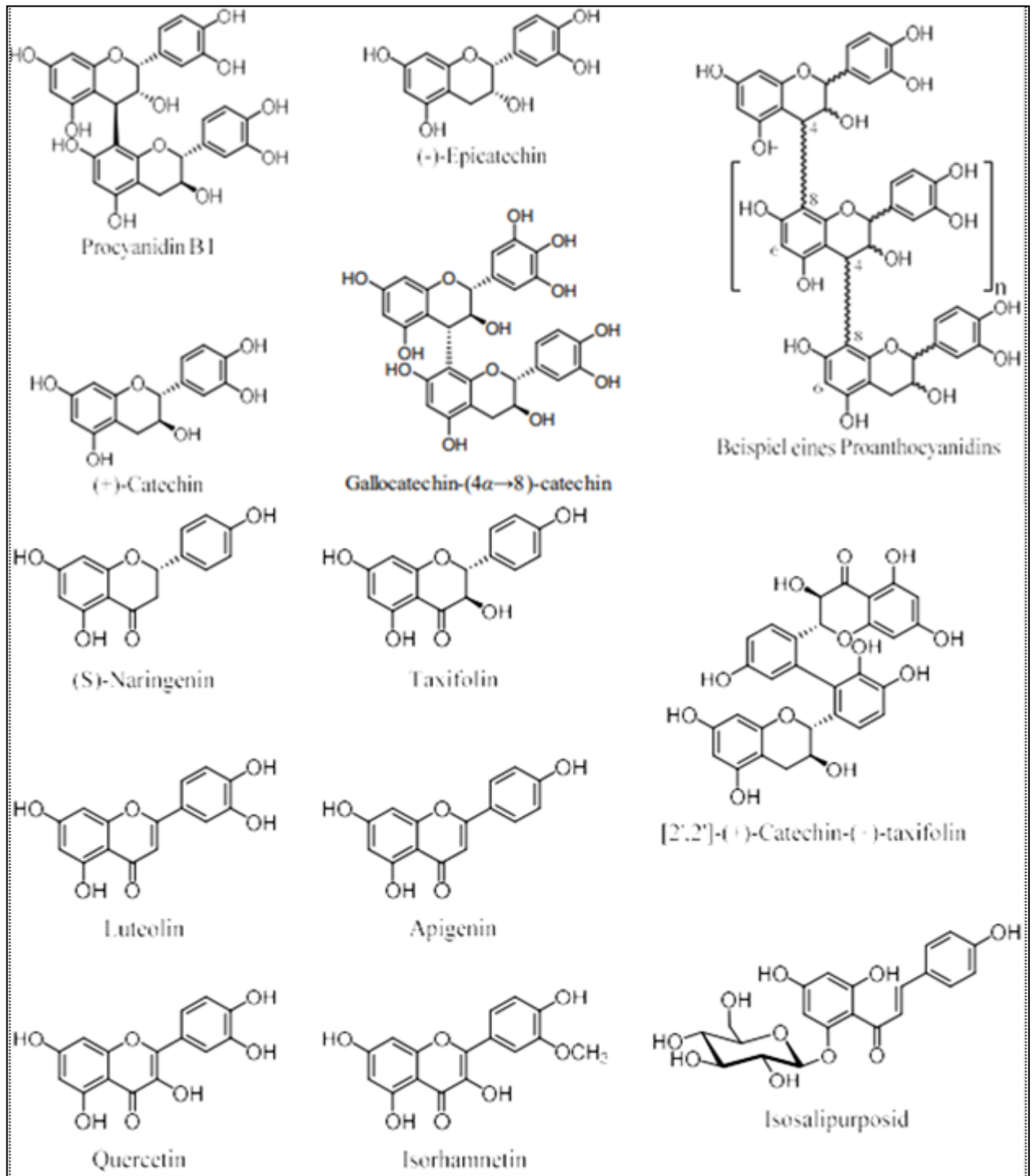


Рис. 1.4 Основні флавоноїди рослин роду *Salix* L.

Глікозиди є основними вторинними метаболітами рослин родини *Salicaceae* Mirb. Фенольні глікозиди складають до 30% сухої маси рослин. Вони класифікуються на два основні класи: глікозиди, отримані з саліцину (саліциноїди) та інші фенольні глікозиди, такі як глікозильовані фенілпропаноїди, фенілетаноїди та бензоноїди, а також глікозильовані похідні саліцилової кислоти. Саліциноїди, які вважаються таксономічними маркерами для роду *Salix* L., є похідними саліцину, що утворюються естерифікацією однієї або кількох гідроксильних груп саліцилового спирту або фрагментів глюкози, головним чином 2' та/або 6' глюкози, органічними кислотами, такими як оцтова, бензойна, і 1-гідрокси-6-оксоциклогекс-2-ен-1-карбонові кислоти. Фенольні глікозиди, виділені та/або ідентифіковані з роду *Salix* L., представлені на рис 1.5. [61, 80, 81, 95, 100, 101, 105].

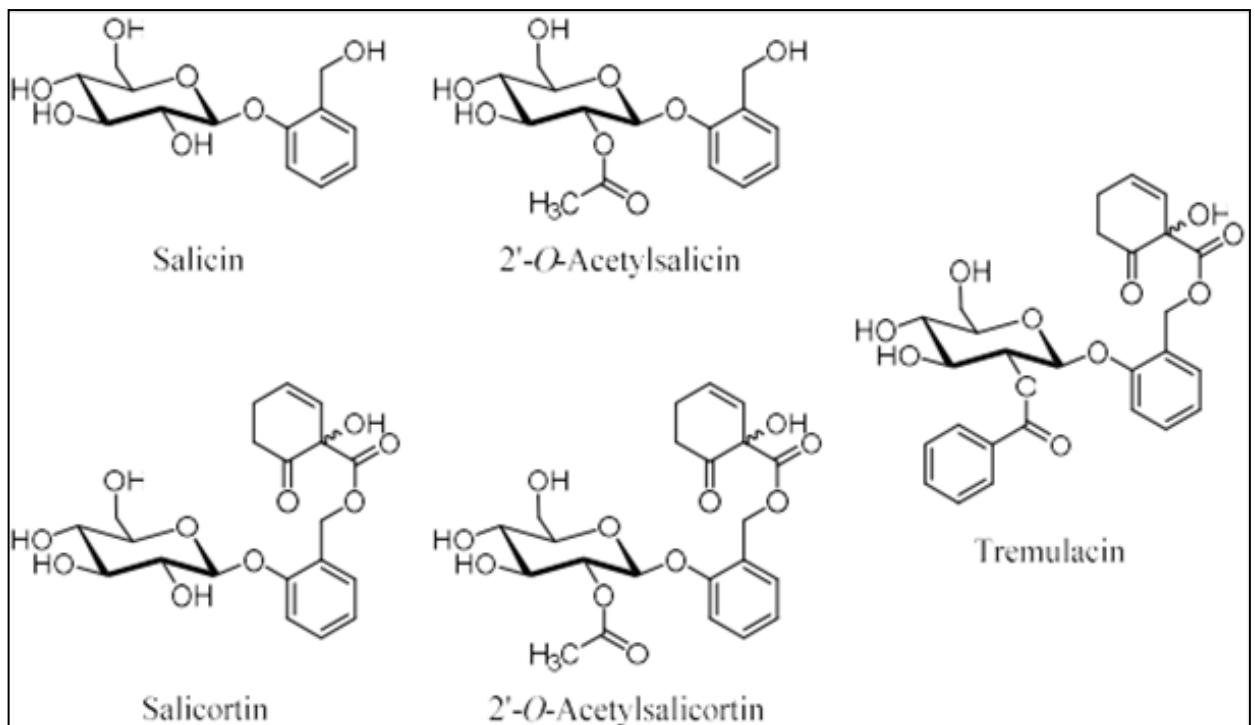


Рис. 1.5 Основні фенольні глікозиди рослин роду *Salix* L.

Найбільшу кількість фенольних глікозидів було виявлено в листях рослин роду *Salix* L., потім у гілках, стеблах і корі. Встановлено, що саліцин, тремулоїдин, тремулацин є основними компонентами *Salix acutifolia* Willd., листя *Salix chaenomeloides* Kimura, *Salix glandulosa* Seemen та *Salix tetrasperma* Roxb. [61, 80, 81, 86-88, 94, 100, 101, 105].

Деякі фенольні глікозиди були ідентифіковані як таксономічні маркери для різних видів *Salix* L. Акмофілін А і акмофілін В, визначені як таксономічний маркер для *Salix astophylla* Bois. листя. Хеномелоїдин, кохінхізид А, лазіандрін, леонурізид А, саліцин-7-сульфат визначені як таксономічні маркери для листя *Salix chaenomeloides* Kimura, *Salix glandulosa* Seemen. гілочки, листя та гілки *Salix lasiandra*, *Salix matsudana* Koidz. листя і *Salix koriyanagi* Kimura. стебла відповідно. Сахалізиди були ідентифіковані як таксономічні маркери для *Salix sachalinensis* F. Schmidt.

Деякі види *Salix* характеризуються накопиченням 1,2-циклогександиол глікозидів, які були виявлені в *Salix glandulosa* Seemen. гілочках. Крім того, акутіфолізид, похідне бензойної кислоти був хімічним маркером для *Salix acutifolia* Willd. ювенільного стебла. Встановлено, що нефенольні глікозиди є основними компонентами *Salix triandra* L. x *dasyclados* Wimmer Wood. Крім того, нефенольні глікозиди є основними компонентами гілочок *Salix arbusculoides* Andersson. Деякі види *Salix* L. характеризуються накопиченням 1,2-циклогександиол глікозидів.

Види *Salix* L. є багатим джерелом фенольних кислот у вільній або естерифікованій формі, як бензиловий, коричний або фенілетиловий ефіри. Ароматичні кислоти є похідними бензойної або коричневої кислоти: похідні бензойної кислоти, такі як п-гідроксибензойна, п-анісова, галова, саліцилова, гентизинова, ванілова, 2-аміно-3-метоксибензойна та протокатехунова кислоти, тоді як похідні гідроксикоричної кислоти, як п-кумарову, кавову, ізоферуолову та феруолову кислоти.

Рід *Salix* L. включає широкий спектр простих фенольних сполук (фенольні кислоти та їх похідні). *Salix capensis* Thunb. кора, *Salix acutifolia* Willd. кора, *Salix subserrata* Willd. кора, суцвіття *Salix caprea* L. характеризуються накопиченням саліцилового спирту, який є основним ядром для саліциноїдів. Також *Salix caprea* L. кора характеризується накопиченням різних простих фенольних сполук, таких як аукупарин, метоксіяукупарин, коніферилловий спирт, п-кумарилловий спирт, 4,2'-

дигідрокси-3 ,5-диметоксибіфеніл і синапілальдегід. [30, 54, 72, 84, 98, 99, 107, 109, 111, 127, 130, 132]

Найбільшу кількість стеролів і тритерпенів виявлено у *Salix cheilophila* C. K. Schneid. гілочках, *Salix tetrasperma* Roxb. кора, листя та квіти, *Salix subserrata* Willd. листя, *Salix babylonica* L. корені, *Salix subserrata* Willd. кори та листя. У той час як фітан і пімаран дитерпен були виявлені як основні компоненти *Salix cheilophila* C. K. Schneid гілочках.

Лігнани. Сисімбрифолін (похідне лігнану) було виділено з кори *Salix alba* L. Нещодавно пінорезінол, ларицирезінол, секоізоларицирезінол, 7-гідроксиматаресінол, медіорезінол і ларицирезінол-сесквілігнан були виявлені в біомасі п'яти видів верби, які культивується в Квебеку, Канада. [45, 51].

1.3 Використання сировини видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Вони використовуються для багатьох господарських цілей, таких як виробництво деревини, паперу, парканів, укриттів, снігоступів, дрвків стріл, пасток для риб, свистків, сіток, мотузок, як паливо з біомаси (джерело відновлюваної енергії), для декоративних, архітектурних і садівничих культур. використовуює. Крім того, вони використовуються для покращення навколишнього середовища шляхом контролю ерозії ґрунту. Гілочки верби еластичні, їх використовували і використовують зараз для плетення кошків, для виготовлення плетених парканів та інших традиційних виробів з лози. [3,14, 17]. Також рослини родини Вербові традиційно використовуються в народній медицині і є цінним джерелом біологічно активні сполуки, серед яких саліцин, похідні саліцилової кислоти. Загалом за даними доступних першоджерел, у роду охарактеризовано 322 вторинних метаболіти, включаючи флавоноїди (флавоноли, флавони, флаванони, ізофлаволи, флаван-3-оли (катехіни та проціанідини), халкони, дигідрохалкон, антоціани, дигідрофлавоноли), фенольні глікозиди, органічні кислоти і нефенольні глікозиди, стерини і терпени, прості фенольні речовини і лігнани на додаток

до летких речовин і жирних кислот. Крім того, верби мають болезаспокійливу, протизапальну, антиоксидантну, протипухлинну, цитотоксичну, протидіабетичну, антимікробну, протиожирільну, нейропротекторну та гепатопротекторну дії. [27,28,29,30,31,32,33,34,38, 49].

Сумарні екстракти та виділені сполуки видів *Salix* застосовувалися для лікування головного болю, ревматичних захворювань, менструальних спазмів і зубного болю в традиційній медицині [35]. У нещодавніх дослідженнях екстракти та ізольовані сполуки видів *Salix* підтвердили багато корисних біологічних дій, таких як протиракова, протизапальна, антимікробна, протидіабетична, антиоксидантна, нейропротекторна та гепатопротекторна активність [27,28,29]. Протимікробна дія рослин *Salix* була виявлена як найбільш очевидна шляхом обмеження активності мультирезистентних бактерій, які є видами бактерій високого ризику, і ці бактерії використовуються для досліджень, щоб забезпечити чудову можливість для лікування захворювань і відкриття нових речовин природних ресурсів, які мають здатність пригнічувати бактерії, особливо проти мультирезистентних бактерій [65]. Екстракт *Salix babylonica* L. з листя досліджували проти штамів бактерій, використовуючи двократні серійні розведення на агарі Мюллера - Хінтона та використовуючи метод дифузії в агар-гель. Результати показали, що середній діаметр зони інгібування становив $13,38 \pm 2,22$ мм, а значення MIC50 становило $70,4 \pm 17,41$ мг/мл проти *E. coli* та *Salmonella enterica* відповідно. Інгібіторну активність фракцій водно-спиртового екстракту та субфракцій *Salix babylonica* L. проти двох штамів бактерій визначали за допомогою методу мікророзведення бульйону, щоб отримати значення МІК *Listeria monocytogenes* та *Staphylococcus aureus* 0,78 мг/мл та 0,39 мг/мл, відповідно. Крім того, за допомогою аналізу *in vitro* екстракти *Salix* були протестовані проти ракових клітинних ліній, таких як клітини раку простати, гостра лімфобластна лейкемія людини, клітини раку печінки, клітини раку молочної залози, клітини колоректального раку, аденокарциномні клітини альвеолярного базального епітелію людини,

клітини дрібноклітинний рак легенів, лінія клітин раку легенів людини [34, 36, 37, 38, 52, 56, 64, 67, 73, 89, 90, 97, 102, 105, 119, 120, 133].

Фракція *Salix*, екстрагована ефіром і хлороформом, була ефективною проти клітин гострий мієлоїдний лейкоз, тоді як фракція екстракту з молодого листа *Salix* ефективно зменшувала ріст пухлини ракових клітинних ліній [37]. З іншого боку, рослина *Salix* також демонструє активність проти ВІЛ (вірусу імунодефіциту людини), яка викликає синдром набутого імунодефіциту (СНІД), який є серйозною глобальною проблемою охорони здоров'я. Насправді хімічні агенти зазвичай використовуються як антиретровірусний терапевтичний метод для хворих на СНІД, але вони мають багато побічних ефектів і стійкість до ліків для багатьох із них. Нещодавно було виявлено природні антиретровірусні фактори з природних ресурсів, які можуть замінити синтетичні ліки. Перевірили антиретровірусну дію екстракту *Salix egyptiaca* L. за допомогою набору клітинної проліферації II (тест ХТТ), який є колориметричним аналізом для нерадіоактивного кількісного визначення клітинної проліферації, життєздатності та цитотоксичності. У результаті цього дослідження та біоінформаційного аналізу було припущено, що *Salix egyptiaca* L. має властивості проти ВІЛ і може бути життєздатним вибором для хворих на СНІД [117]. Активні форми кисню (АФК) були визначені як причина кількох інфекцій людини, таких як серцево-судинні захворювання, запалення, вірусні інфекції, діабет і рак. Найважливіші дії видів *Salix*, такі як хороша антиоксидантна активність, були відповідальні за фенольні сполуки. Екстракт *Salix* та їх антиоксидантну активність в основному оцінювали за допомогою методу Фоліна-Чокальтеу, аналізів загальної антиоксидантної здатності, відбілювання β -каротину, активності перекисного окислення ліпідів, антиоксидантної дії лінолевої кислоти, поглинання алкільних радикалів аналізи та поглинання супероксид-аніон-радикалів [42, 43, 44, 57, 62, 63, 65, 93, 102].

Недавнє дослідження показало, що *Salix tetrasperma* Roxb. екстракт виявляв антиоксидантну дію на нейропатичний біль, а його механізм дії був

корисним *in vitro* та *in vivo* [24]. Крім того, *Salix atrocinerea* Brot., *Salix fragilis* L. і *Salix viminalis* L. продемонстрували антиоксидантну активність поліфенольних сполук [40] і екстрактів *Salix subserrata* Willd. листя містило основні речовини, такі як ізорамнетин-3-O- β -D-рутинозид, аромадендрин, галлокатехін, тремулоїдин, тріандрин, хризоеріол-7-O-глюкуронід і саліцин, які також виявляли антиоксидантну дію проти процесу окислювального стресу в *Caenorhabditis elegans* [125, 126].

У В'єтнамі рослина *Salix babylonica* використовується не тільки як декоративне дерево, але й у багатьох традиційних засобах, таких як лікування хворобливих пошкоджень сухожилів і кісток, лікування внутрішнього гніву, перенесення жару в інше місце або лікування судом кінцівок; лікування прищів і алергії. Наразі у В'єтнамі немає досліджень щодо хімічних компонентів та біологічної активності рослин. [110].

Традиційне використання. Рослини *Salix* використовувалися в медицині з давніх часів і були пов'язані з відкриттям ацетилсаліцилової кислоти та аспірину. Ці рослини традиційно використовувалися для лікування хворобливих болів у суглобах опорно-рухового апарату, запалення та лихоманки. Саліцин є основним фармакологічно активним метаболітом *Salix* і гідролізується в шлунково-кишковому тракті з утворенням саліцилового спирту та d-глюкози. Останній під час абсорбції окислюється до саліцилової кислоти, активного препарату, який інгібує циклооксигенази.

Salix egyptiaca L (мускусна верба) була важливою на Близькому Сході, особливо в Ірані, оскільки вона традиційно використовувалася для лікування анемії та запаморочення, як кардіотонічний засіб, а також у приготуванні місцевих цукерок як ароматична добавка. [17].

Salix alba L. (біла верба) використовувалася в народній медицині для лікування лихоманки, хронічного та гострого запалення, болю та інфекції.

Salix tetrasperma Roxb. використовувався для лікування таких захворювань, як епілепсія, діабет, лихоманка, ревматизм, набряки, камені в сечовому міхурі, дизентерія, рани, біль у вухах, кашель і застуда.

Кора *Salix alba* L. традиційно використовується для лікування грипу, ревматизму, лихоманки та головного болю.

Фармакологічна активність. Різні види *Salix* і виділені сполуки, такі як саліцилова кислота та саліцин, використовувалися в народній медицині для лікування ревматичних захворювань, болю в спині, зубного болю, головного болю та менструальних спазмів. Вони виявляють болезаспокійливу, протизапальну, антиоксидантну, протипухлинну, цитотоксичну, протидіабетичну, антимікробну, проти ожиріння, нейропротекторну та гепатопротекторну дії. Основними мішенями саліцилової кислоти є циклооксигенази, які є ключовими ферментами шляху до простагландинів, які контролюють запалення та біль. [34, 36, 37, 38, 52, 56, 64, 67, 68, 73, 89, 90, 97, 102, 105, 119, 120, 133]

Антимікробна дія *Salix*. Бактерії, стійкі до множинних лікарських засобів, широко поширені, а природні ресурси використовувалися як засіб відкриття нових антибактеріальних сполук, оскільки вони пропонують безмежні можливості для відкриття нових агентів, особливо проти бактерій, стійких до множинних лікарських засобів.

Основними методами, які використовуються для оцінки антимікробної активності екстрактів *Salix*, є дифузійні аналізи на дисках, дифузії в лунках агару, методи мікророзведення бульйону та оцінка функції антибіоплівк. Зони інгібування росту мікробів і відсотки разом з мінімальними інгібуючими концентраціями показали потенціал видів *Salix* як суттєвих антимікробних засобів і передбачили їх ефективність як функціональних харчових продуктів. [17].

Антибактеріальна активність. Багато попередніх досліджень оцінювали антибактеріальну активність рослин *Salix* і активних компонентів їх екстрактів проти різних типів бактерій, таких як *Pseudomonas eruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* і *Bacillus subtilis*, бактерій, що утворюють біоплівки (*Streptococcus mutans* і *Lactobacillus*), і *Salmonella enterica*. Катехол і 2-гідроксибензиловий спирт, отримані з кори *Salix*

capensis Thunb. були попередньо перевірені на їх антибактеріальну активність. Обидві сполуки продемонстрували однаково антибактеріальну активність проти *Pseudomonas eruginosa*. Крім того, екстракт кори *Salix alba* L. продемонстрував антимікробну дію проти бактерій, що утворюють біоплівки зубів, з МІК 125 мкг/мл. Крім того, він також демонстрував помірний потенціал проти *Staphylococcus aureus*, але найменшу активність спостерігали проти *Escherichia coli*. Попередні дослідження також показали, що водний екстракт гілочок із листям *Salix babylonica* L. виявляв сильні антимікробні властивості проти грамнегативних бактерій (*Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, МІС50 становить $70,4 \pm 17,41$ мг/мл) з активністю, порівнянною з тіамфеніколом - антибіотиком широкого спектру дії. Його вплив охоплює грампозитивні бактерії. [17].

Протигрибкова активність. Для визначення протигрибкових властивостей екстрактів *Salix* використовували методику отруєної їжі, метод мікророзведення бульйону, аналіз диска з фільтром та методи дослідження кривої росту.

Антигельмінтна активність. Вивчено антигельмінтну здатність видів *Salix* пригнічувати шлунково-кишкові та легеневі паразити у тварин. Антигельмінтну активність оцінювали щодо *Ostertagia*, *Moniezia*, *Dictyocaulus*, *Eimeria*, *Chabertia*, *Cooperia* та *Hemonchus contortus*. Повідомлялося, що *Salix babylonica* L (у дозі 20 мл щотижня) був більш ефективним проти основних видів паразитів, виявлених у овець (*Eimeriaspp.*, *Dictyocaulus spp.* і *Chabertia spp.*), ніж найпоширеніші паразити у кіз на фермах південної Мексики. (*Dictyocaulus spp.* і *Chabertia spp.*) [70].

Активність проти ВІЛ. Інфекція вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ), яка викликає синдром набутого імунодефіциту (СНІД), є серйозною проблемою охорони здоров'я в усьому світі. Для лікування хворих на СНІД зазвичай використовуються хімічні антиретровірусні засоби. Однак вони мають багато побічних ефектів, і до багатьох з них виникла стійкість. Останнім часом нові антиретровірусні препарати, виділені з лікарських

рослин, зіграли важливу роль для заміни синтетичних ліків. В одному дослідженні досліджували антиретровірусну дію екстракту *Salix egyptiaca* L.. Результати цього дослідження та аналізу біоінформатики показали, що рослина має властивості проти ВІЛ і може бути суттєвим кандидатом для хворих на СНІД.

Протиракова активність. Існує кілька факторів ризику, які можуть посилити розвиток раку, в основі яких лежить невелике запалення та окислювальний стрес. Таким чином, націлювання на шляхи запалення та придушення окисного стресу може сприяти пригніченню ініціації, проліферації та навіть метастазування раку та зменшувати стійкість до хіміотерапії та радіації. Екстракти *Salix*, володіючи як протизапальними, так і потужними антиоксидантними властивостями, є багатообіцяючими природними джерелами в боротьбі з раком. Антипроліферативну активність екстрактів *Salix* визначали за відсотками життєздатності клітин і значеннями IC50 за допомогою кількох аналізів *in vitro*. Найбільш часто використовуваними лініями ракових клітин були клітини гострого лімфобластного лейкозу людини (клітини ALL), клітини гострого мієлоїдного лейкозу людини (клітини AML), клітини PC3 (клітини раку простати), клітини Hep G2 (клітини раку печінки), HCT116 (клітини колоректального раку), MCF7 (клітини раку молочної залози), HT-29 і HCT 116 (позитивні та негативні клітини товстої кишки людини COX-2 відповідно), клітини A549, SW2 і клітинна лінія раку легенів людини (H1299). Цитотоксичну активність *Salix* можна віднести до поліфенолів, дубильних речовин і глікозидів, які зазвичай розчиняються у воді або етанолових розчинах, включаючи саліцин і салігенін. Коли саліцин тестували проти лейкозних клітин, він викликав руйнування мієлобластів на 70–75%. Вісім сполук, виділених із *Salix hulteni* Flod (1-р-кумароїл- β -D-глюкозид, аромадендрин, катехін, 4-гідроксіацетофенон, піцеїн, сахалізид 1, нарінгенін і дигідромірицетин), були протестовані на їх цитотоксичний потенціал проти креветок і людини. лінія клітин раку легенів (H1299). Нарінгенін,

аромадендрин, катехін і 1-р-кумароїл- β -D-глюкозид показали помірну цитотоксичну дію, причому дигідромірицетин виявляв найсильніший цитотоксичний ефект. 4-Гідроксіяцетофенон, піцеїн і сахалізид не виявили значної цитотоксичної активності, що вказує на те, що флавоноїдні сполуки відповідають за цитотоксичну дію *Salix hulteni* Flod. Тест на летальність розсольних креветок зазвичай використовується для перевірки цитотоксичних ефектів натуральних продуктів. Екстракт кори верби та його фракції (флавоноїди, проантоціанідини, похідні саліцилового спирту) показали дозозалежну цитотоксичну дію проти раку товстої кишки та легенів людини, незалежно від їх селективності щодо ЦОГ-2. *Salix caprea* L. виявляв захисну дію проти індукованого ефіром форболу розвитку пухлин шкіри при нанесенні на шкіру мишей перед застосуванням ефіру форболу. Протипухлинну дію *Salix caprea* L. можна пояснити потужними антиоксидантами, що входять до складу *Salix caprea* L. [106, 112].

Нейропротекторний ефект. Лише кілька досліджень досліджували вплив видів *Salix* на центральну та периферичну нервову систему. Досліджували вплив *Salix tetrasperma* Roxb. екстракт листя на рухову активність і м'язову релаксуючу дію. Продемонстрували, що екстракт знижує рухову активність, що вказує на депресивну активність центральної нервової системи (ЦНС), і спричиняє зменшення часу випадання через втрату м'язового зчеплення, що означає розслаблення скелета. Депресантну дію екстракту на ЦНС пояснювали зв'язуванням флавоноїдів з рецепторами гамма-аміномасляної кислоти у ЦНС. Досліджували вплив екстракту *Salix tetrasperma* Roxb. на центральну та периферичну нервову систему. Екстракт покращує гіпералгезію та аллодінію, основні ознаки невропатичного болю, завдяки пригніченню окислювального стресу та запалення в сідничному нерві та стовбурі мозку. [71, 74, 116, 124].

Гепатопротекторна дія. *Salix subserrata* Willd. Екстракт квітів продемонстрував виражену гепатопротекторну дію в основному через зниження підвищених ферментів печінки та зниження рівня білка двох

запальних біомаркерів у моделі пошкодження печінки, спричиненого чотирохлористим вуглецем. Він також продемонстрував чудову здатність зменшувати перекисне окислення ліпідів і мав антиоксидантну дію, пов'язану з кількома активними інгредієнтами, які включають флавоноїди, такі як кверцетрин, лютеолін-7-глюкозид, рутин і кверцетин, а також фенольні сполуки, такі як салігнін і катехіни.

Ефекти проти ожиріння та проти ліпідемії. Ефекти проти ожиріння та проти ліпідемії були приписані екстрактам *Salix*. Зменшення ваги параметральної жирової тканини та збільшення маси тіла, зниження загального вмісту холестерину в печінці та інгібування підвищеного рівня триацилгліцерину в крові є одними з найбільш помітних, безпосередньо пов'язаних із його здатністю інгібувати всмоктування харчових жирів у кишечнику. Ці ефекти в основному пов'язані з поліфенольними фракціями (апигенін-7-O-D-глюкозид, лютеолін-O-D-глюкозид і хризоеріол-7-O-D-глюкозид), які пригнічують включення пальмітинової кислоти в мембранні везикули тонкої кишки. Повідомлялося, що метанольний екстракт *Salix pseudo-lasiogyne* гілочки та похідні салікортину зменшували накопичення ліпідів залежно від концентрації. Вони інгібували диференціювання адипоцитів у клітинах. 2',6'-O-ацетилсалікортин виявляв найсильнішу інгібіторну активність. Він помітно знижував експресію білка, що зв'язує регуляторний елемент стеролу і білка. Таким чином, похідні салікортину мали антиадипогенну дію через пригнічення залежних шляхів. [68, 69, 78].

Вербви використовують для отримання деревної сировини у целюлозно-паперовій промисловості, виготовлення будівельних матеріалів, човнів, лопат, дуг, токарних виробів, для плетіння корзин, різноманітних меблів, виготовлення обручів тощо [4, 17]. Особливо важливе значення мають захисні властивості верби та її придатність для укріплення сипучих пісків, балок, берегів річок, схилів і розмивів. Це дає змогу широко використовувати її у меліорації. Багато видів верб рекомендовано для захисного лісорозведення у степах та напівпустелях. Прибережні вербняки мають

важливе водо- і ґрунтозахисне значення. Їх також використовують в озелененні населених пунктів. Вербви є важливими весняними медоносами, цінними у бджільництві [16]. Не менш важливе значення має використання верб у фіторемерації [20], а саме в утилізації іонів хлору зі стічних [21] та іонів кадмію [18]. Використання верб вельми різноманітне. Вони знаходять застосування у багатьох галузях економіки як народногосподарського, так і приватного значення. Завдяки легкому розмноженню та швидкому росту їх використовують для створення плантацій, у меліоративних, декоративних цілях. Згідно літературних даних, для закріплення пісків рекомендовано *S. caspica*, *S. caspica* × *S. purpurea*, для обліснення берегів водойм та наливних територій – *S. viminalis* і гібриди на її основі. Для розвитку місцевих промислів (лозоплетіння) придатними є види, які мають тонкі, довгі та гнучкі пагони такі як у *S. caspica*, *S. purpurea* 'Gracilis', *S. caspica* × *S. Purpurea*.

1.4 Нові сировинні джерела видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Останнім часом зацікавленість щодо верб помітно зросла. Ці рослини знаходять широке застосування у різних галузях. Окрім традиційних напрямів (декоративні, лікарські та медоносні рослини, джерело сировини для народних промислів, закріплення берегів водойм та крутосхилів тощо), верби дедалі ширше використовують у порівняно новій галузі — відновлюваній енергетиці. Цьому сприяє їх здатність до швидкого росту та накопичення фітомаси, невибагливість до ґрунтових умов, легкість вегетативного розмноження, висока технологічність у створенні та експлуатації плантаційних насаджень та інші корисні властивості цих рослин. Швидкорослість верб забезпечується інтенсивним перебігом біохімічних процесів у їх органах. Вважають, що у кліматичних умовах Європи верби є одними з найперспективніших видів сировини у біоенергетиці [14, 46].

Однією з головних проблем в сучасному житті є енергетична

забезпеченість суспільства. І тут також внесок представників родини *Salicaceae* може стати у пригоді, оскільки розроблено вирощування та використання верб та тополь як енергетичних рослин. В природі вербові відомі, як такі, що мають здатність швидко рости та накопичувати багато деревини. Серед них відібрано форми та сорти верб та тополь, які здатні накопичувати, нарощувати деревину в рази швидше і більше, звичайних вербових, тобто мають великий потенціал до збільшення енергетичної здатності (вироблення біогазу, теплопостачання тощо). В Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України створюється колекція енергетичних рослин та проводяться роботи по вирощуванню та вивченню енергетичних тополь та верб.

На сьогодні енергетична верба включена в класифікатор як технічна культура. Це може створити юридичні та інші проблеми на певному етапі господарської діяльності виробників цих культур. Саме вербу використовують як основну енергетичну культуру для виробництва твердого палива серед усіх енергетичних рослин у світі.

Вплив енергетичної верби на екологію та довкілля:

- Один гектар плантації енергетичної верби поглинає з повітря понад 200 тон CO₂ за три роки.
- Ідеально підходить для засадження забруднених та земель, малопродуктивних з точки зору вирощування сільськогосподарських культур.
- Ефективне застосування у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів.
- Збагачення ґрунтів мінералами та мікроелементами, поживними речовинами природного походження.
- Плантації енергетичної верби є природними фільтрами для видалення відходів агро-промислового виробництва.
- Енергетична верба є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів.

Крім того, енергетичні сорти *Salix* завдяки своїй стійкості і швидкому росту є ідеальним екологічно чистим природним рішенням для захисту приміщень від вітру, сонячного світла і створення природного мікроклімату в місцях проживання людей. Ці сорти також придатні для облаштування елементів ландшафтного дизайну, декоративних огорож, парканів. [1-4, 14-17, 26, 25-27, 46].

Висновки до розділу 1

1. Наведено огляд сучасних літературних першоджерел стосовно рівня фармакогностичного дослідження видів роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Верб (рід *Salix*) нараховують понад 330–500 видів і 200 гібридів, це дерева, чагарники або сланкі рослини, які широко поширені в Африці, Північній Америці, Європі та Азії. Огляд літератури містить короткі дані щодо важливості верб, охарактеризовано ботанічну характеристику, хімічний склад і фармакологічну активність.

2. Наведено дані досліджень у фітохімії, традиційному використанні та фармакології рослинних екстрактів і компонентів рослин роду *Salix*. Екстракти *Salix* і деякі його компоненти виявляють сильні антиоксидантні, протизапальні, антипроліферативні, антимікробні, гепатопротекторні та нейропротекторні властивості, що підтверджує традиційне використання екстрактів верби в народній медицині.

3. Перспективність використання верб не обмежується лише застосуванням їх у прикладному мистецтві (лозоплетіння) та народній медицині. Представники роду *Salix* успішно можуть бути використані в лікарській промисловості як сировина для виготовлення важливих медичних препаратів, а також як перспективні продуценти біомаси для нетрадиційних джерел енергії.

4. Охарактеризовані можливості заготовки лікарської сировини рослин роду верба з енергетичних плантацій, що значно розширює сировинну базу лікарської рослинної сировини видів роду Верб родини Вербові.

РОЗДІЛ 2

ПОРІВНЯЛЬНЕ ФІТОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІВ СЕКЦІЇ *VETRIX* РОДУ *SALIX* L. РОДИНИ *SALICACEAE* MIRB.

Об'єктами дослідження були пагони видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Зразки пагонів *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L. родини вербові які було зібрано на території Закарпатської області в межах Ужгородського району.

Секція *Vetrix* включає підсекцію *Laeves* і підсекцію *Substriatae*. До підсекції *Laeves* належать *Salix caprea* L. – верба козяча, *Salix cinerea* L. – верба сіра, попеляста, *Salix aurita* L. – верба вушката. До підсекції *Substriatae* належать *Salix starkeana* Willd. – верба Старке (*Salix livida* Whlbg., *Salix depressa* L. p.p.), *Salix silesiaca* Willd. – верба сілезька. Вид верба Старке *Salix starkeana* Willd. (*Salix livida* Wahlenb.) занесений до Червоної книги України.

Salix silesiaca Willd. має острівне поширення тільки в Українських Карпатах і потребує охорони

Субальпійські зарості листяних чагарників з участю верби сілезької (*Salix silesiaca* Willd.) занесений до переліку оселищ (біотопів), що підлягають особливій охороні на території Закарпатської області (Регіональний червоний список оселищ).

В минулому столітті в Україні інтродукована значна кількість видів верб та їх гібридів.

Закарпатська область розміщена в найбільш зволоженому регіоні України, вкрита густою мережею річкових систем. На прируслових ділянках річок першими поселяються види роду *Salix* L.

Чагарникові угруповання представлені, переважно острівними заростями з кущових верб *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L. з домінуванням, зазвичай, верби попелястої (*Salix cinerea* L.). Рис. 2.1-2.4

Сировину заготовляли на протязі вегетаційного періоду 2022 року. Пробопідготовку щодо аналізу здійснювали за стандартною методикою.



Рис. 2.1 Сировина видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.
Salix caprea L.



Рис. 2.2 Сировина видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.
Salix cinerea L.

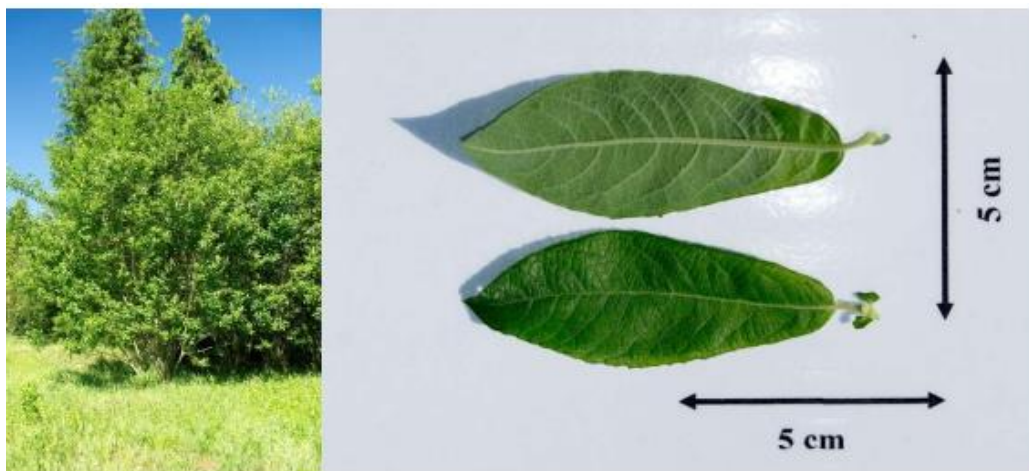


Рис. 2.3 Сировина видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.
Salix caprea x cinerea.

Пагони верби висушували повітряним методом до повітряно-сухого стану під навісами в приміщеннях з доброю вентиляцією, розкладаючи тонким шаром та періодично перемішуючи.

Після закінчення сушіння сировину упаковували у паперові пакети та зберігали відповідно до вимог нормативної документації при кімнатній температурі, у сухому захищеному від світла приміщенні. Сухі подрібнені зразки відбирали методом середньої проби



Рис. 2.4. Сировина видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix aurita* L.

Нами проаналізовано відмінності морфологічної будови видів секції *Vetrix*, підсекції *Laeves*. Узагальнені характерні морфологічні відмінності видів роду *Salix* L. представлені у табл. 2.1

Таблиця 2.1

Характерні морфологічні відмінності видів секції *Vetrix*, підсекції *Laeves*.

Морфологічна ознака	<i>Salix caprea</i> L.	<i>Salix cinerea</i> L.	<i>Salix aurita</i> L.
1	2	3	4
Пластинка листка			
Форма	Великі, від широко яйцеподібних, майже округлих іноді до довгастоланцетних	Обернено-яйцевидні або продовгуватоланцетні	Обернено-яйцеподібні, в основі листя стирчать своєрідні "вухка"

1	2	3	4
Колір	Зверху-темно-зелений колір, зісподу - зелений колір, рясно покриті волосками	Зверху тьмяно-зелений або зелений колір, зморшкуваті, зісподу-сірувато-зелений	Зверху сіро-зеленими, зісподу сіро-повстистими
Розмір, см	До 11-18 см завдовжки і 5-8 см завширжки	4-12 см завдовжки, 1-3 см завширжки	6-7 см завдовжки, 3-4см завширжки
Край листової пластинки	Край листової пластинки нерівномірно-зубчастий або хвилясті коротко загострена верхівка	Край листової пластинки цильнокраї пилчастий, загострена верхівка	Край листової пластинки нерівно зубчастий або хвилястий, верхівка листа зазвичай складчаста, основа клиноподібна
Опушення	Зверху- розсіяно опушені, знизу- сильно опушені прямими або зім'ятими волосками, з добре виступаючими жилками	Повстисто-опушені, з густою сіткою виступаючих жилок	Зверху зморшкуваті, опушені, знизу з густим сіруватим опушенням, жилки виразно виступають на нижній стороні листа
Черешок	Довжиною 8-20 мм, при основі розширені	Короткі до 1мм, зеленого кольору	Черешки зверху випуклі
Прилистки	Ниркоподібні або лопатеві, недовговічні	Ниркоподібні, залозисто-зубчасті	Прилистки серпоподібні, зубчасті
Гілочки	Бурі або темно бурі, голі або розсіяно опушені	Зеленувато-сірі, мають густе сірувато-повстисте опушення	Молоді - бурі, або темно бурі, голі або розсіяно опушені

2.1 Виявлення основних груп біологічно активних речовин видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

2.1.1 Виявлення основних груп БАР за допомогою якісних реакцій

Для проведення якісного аналізу на біологічно активних речовин видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L. готували водні та водно-спиртові витяги з сировини.

Екстрагування суми біологічно активних сполук із листя *Salix aurita* L. проводили наступним методом. У колбу зі зворотнім холодильником поміщали 50 г здрібненого листя верби, заливали 500 мл спирту етилового 70% та нагрівали на водяній бані протягом 2 годин періодично помішуючи. Операцію повторювали 3 рази. Отримані екстракти концентрували у вакуум-випарному апараті при температурі 57-80 °С і тиску 80-87 кПа до водного залишку 100 мл, який потім послідовно обробляли хлороформом та етилацетатом до знебарвлення розчинника. Отримані водні, спирто-водні, хлороформні та етилацетатні екстракти випарювали і використовували для подальшого фітохімічного аналізу. [53].

Результати проведення якісних реакцій на різні групи БАР у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L. наведені у таблиці 2.2.

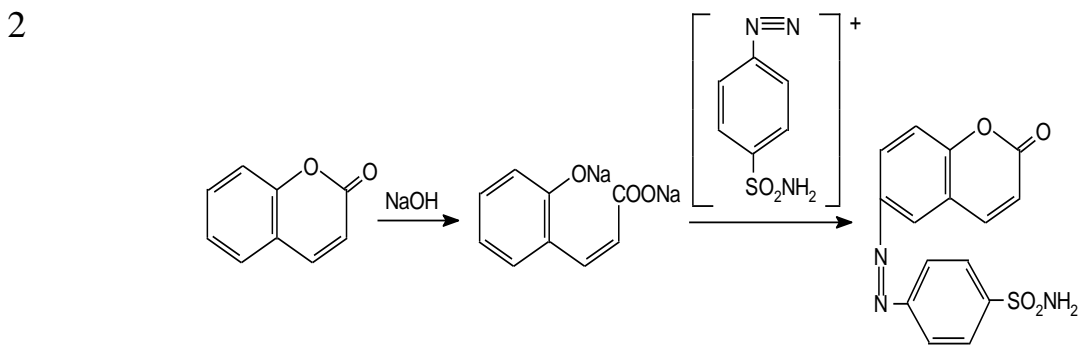
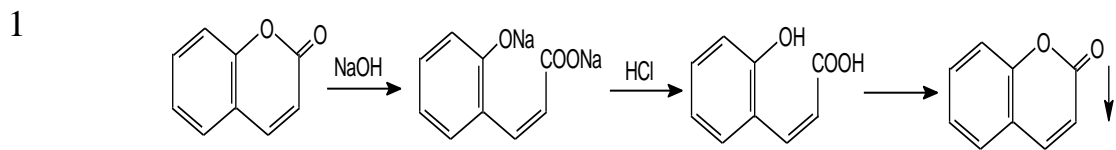
Таблиця 2.2

Результати визначення біологічно активних речовини в пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Група БАР	Реактив	1	2	3
1	2	3	4	5
Речовини глікозидної природи	Реактив Фелінга	+	+	+
Арбутин	Натрій фосфорно-молібденовокислий	+	+	+
	Феруму (II) сульфат	+	+	+

1	2	3	4	5
Флавоноїди	Феруму (III) хлорид	++	+	+
	Ціаніди нова проба по Бріанту	++	+	+
	Алюмінію хлорид	++	+	+
Дубильні речовини	Залізо-амонійні галуни	+	+	+
	Хініну хлорид	+	+	+
	Желатин	+	+	+
Кумарини	Реакція з лугом та діазореактивом	++	+	++
	Лактонна проба	++	+	++
Сапоніни	Піноутворення	+	+	+
	Хімічна природа сапонінів	+	+	+
	Свинцю ацетат	+	+	+
Антраценпохідні	з розчином калію гідроксиду	-	-	-
Амінокислоти	Нингидрин	+	+	+
Іридоїди	з реактивом Трим-Хілла	-	-	-
	з реактивом Штала	-	-	-

Примітка: Види секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L.



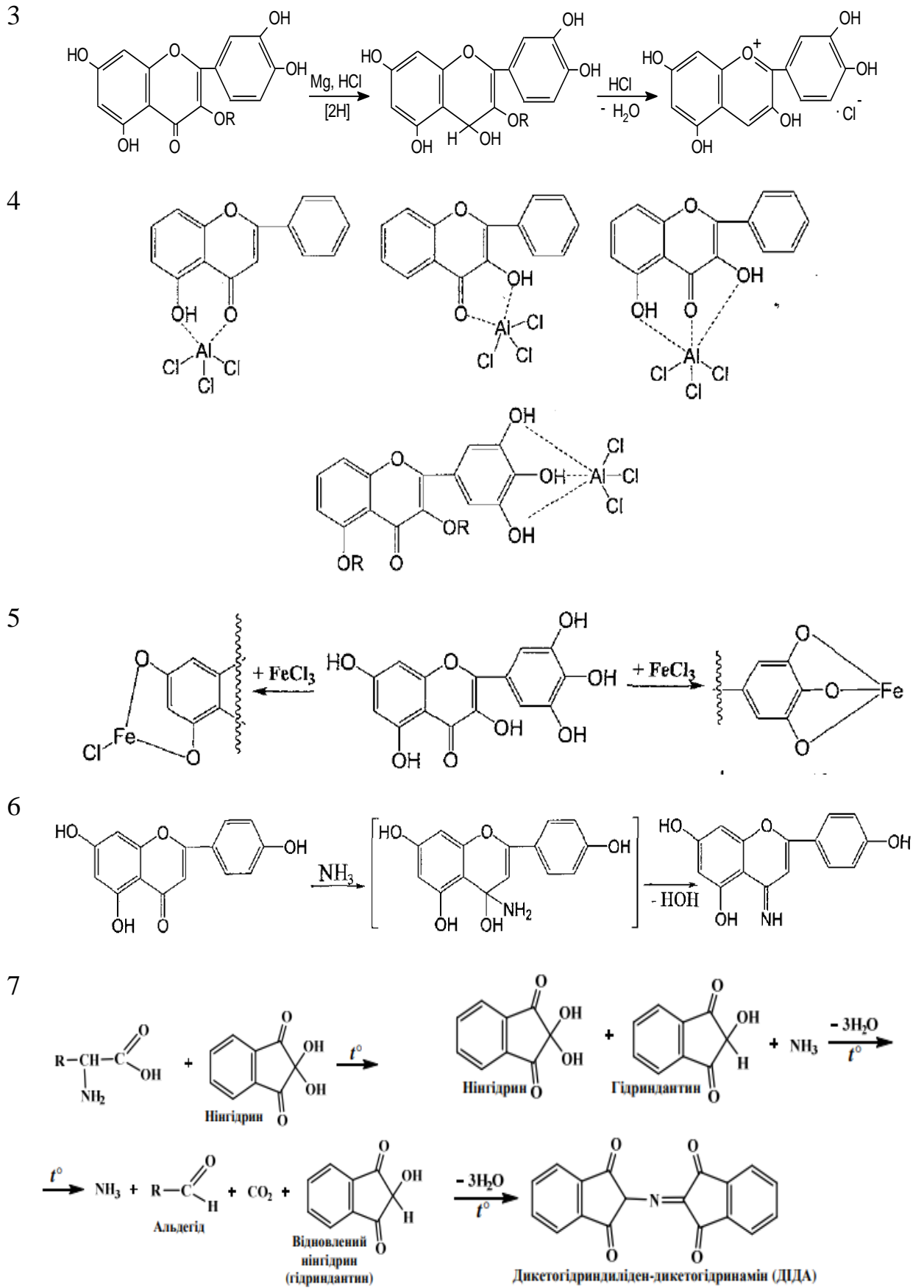


Рис. 2.3 Схеми основних якісних реакцій ідентифікації біологічно активних сполук видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix*

caprea L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L.: 1 – лактонна проба; 2 - реакція з лугом та діазореактивом; 3 - ціанідинова проба по Бріанту; 4 - реакція з алюмінію хлоридом; 5 – реакція феруму (III) хлорид; 6 – реакція с аміаком; 7 – реакція з нінгідринном.

2.1.2 Хроматографічне вивчення біологічно активних речовин видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Для попереднього аналізу якісного складу поліфенольних сполук пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. (похідних гідроксикоричної кислоти, флавоноїдів, дубильних речовин) застосували методи висхідної та низхідної одномірної та двомірної хроматографії на папері (ПХ) у системах розчинників: н-бутиловий спирт-оцтова кислота-вода (4:1:2); бензол-оцтова кислота - вода (125:72:3); 15% оцтова кислота; 2% оцтова кислота; бензол - етиловий ефір оцтової кислоти - оцтова кислота - вода (50:50:1:1) на папері "Філтрак" (FN № 4,12).

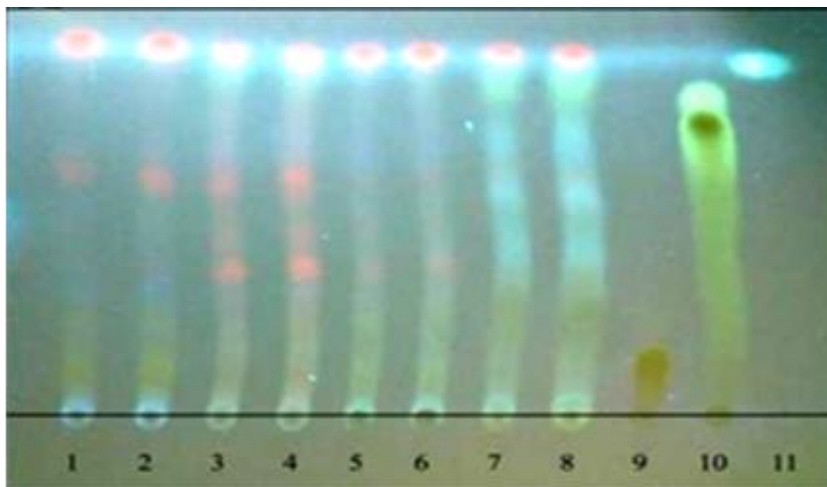


Рис. 2.4 Хроматограма фенольних сполук 70% спирто-водних екстрактів пагонів верби: Папір "Філтрак" (FN № 12). Система розчинників: БУВ (4:1:2).

Речовини на хроматограмах ідентифікували за хроматографічною рухливістю та характерною флуоресценцією у фільтрованому УФ-світлі до та після обробки хромогенними реактивами: 3% розчином хлориду окисного заліза (III); діазореактивом; парами аміаку; 10% спиртовим розчином натрію гідроксиду; 1% спиртовим розчином алюмінію хлориду.

Результати хроматографічного аналізу екстрактів пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. наведено на рис. 2.5.

На хроматограмах системи розчинників: 1 напрямок – БУВ (4:1:2), 2 напрямок – 15% оцтова кислота було виявлено не менш 30 сполук поліфенольної природи, з них речовини 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 попередньо належать до флавоноїдів (в УФ-світлі і після обробки парами аміаку та 1% спиртовим розчином хлориду алюмінію вони мали жовте забарвлення). Плями речовин 17, 18, 19, 20 флуоресціювали блакитним та яскраво блакитним кольором, який змінювався на блакитно-зелений після обробці парами аміаку, що дозволяє віднести їх до гідроксикоричних кислот.

Лікарська рослинна сировина видів родини вербові містить складний комплекс хімічних сполук, що обумовлюють різну і багатосторонню дію на організм людини. Особливою увагою користуються рослини роду тополя , що містять фенольні сполуки і поліфеноли, внаслідок їх цінності для медицини і фармакології, як джерел лікарських препаратів широкого спектра дії. Значна кількість природних антиоксидантів фенольного класу, присутніх в лікарських рослинах, обумовлюють їх антиоксидантну, протизапальну, антимікробну, спазмолітичну і нефропротекторну дію. Іншим не менш важливим для дії рослинної сировини є його Р-вітамінна активність, яка обумовлена змістом різних фенольних сполук. Важливою властивістю багатьох фенольних і поліфенольних сполук є їх участь в окисно-відновних реакціях і в процесах нейтралізації активних форм кисню [5-13, 21,23,25,33, 37, 53, 55, 60, 75, 77, 82, 91, 92, 104, 108, 118, 128, 129, 131].

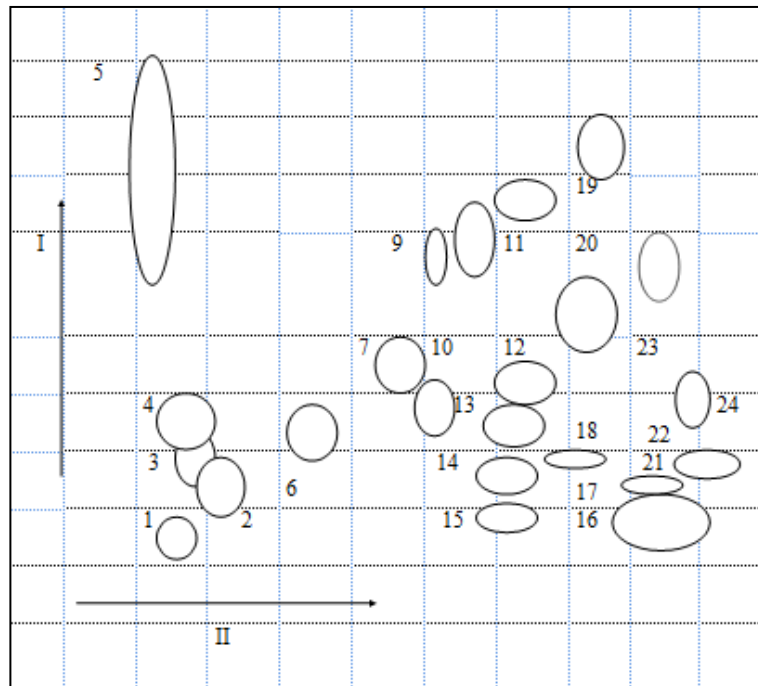


Рис. 2.5 Загальна схема хроматограм фенольних сполук 50% спирто-водних екстрактів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.: 1. Папір "Філтрак" (FN № 12). Система розчинників : I напрямком – БУВ (4:1:2), II напрямком – 15% оцтова кислота.

Таблиця 2.3

Хроматографічна характеристика речовин пагонів верби.

№	Забарвлення плям			
	в видимому світлі	в УФ-світлі до обробки NH ₃	в УФ-світлі після обробки NH ₃	після обробки р-ном AlCl ₃
1	2	3	4	5
1	-	Жовтий	Жовтий	Яскраво-жовтий
2	-	Жовтий	Жовтий	Яскраво-жовтий
3	-	Жовтий	Жовтий	Яскраво-жовтий
4	-	Жовтий	Жовтий	Яскраво-жовтий
5	Зелений	Червоний	Червоний	-
6	Жовтий	Темно-жовтий	Жовтий	Яскраво-жовтий
7	Жовтий	Темно-жовтий	Темно-жовтий	Яскраво-жовтий
8	-	Блакитний	Зелено-блакитний	-
9	-	Темно-жовтий	Жовтий	Жовтий
10	-	Темний	Жовтий	Жовтий
11	-	Темний	Жовтий	Жовтий

1	2	3	4	5
12	-	Темний	Світло-жовтий	Жовтий
13	Жовтий	Темний	Темно-жовтий	Яскраво-жовтий
14		Фіолетовий	Фіолетовий	
15	-	Фіолетовий	Фіолетовий	
16		Фіолетовий	Фіолетовий	
17	-	Фіолетовий	Фіолетовий	-
18	-	Темно-блакитний	Зелений	-
19	-	Блакитний	Блакитний	-
20	-	Блакитний	Синій	-
21	Жовтий	Темно-жовтий	Яскраво-жовтий	Жовтий
22	-	Блакитний	Блакитний	-
23	-	Світло-блакитний	Блакитний	-
24	-	Світло-блакитний	Блакитний	-

2.1.3 Хромато-мас-спектрометричне дослідження сировини видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.

В пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb. хромато-мас-спектрометричним методом досліджено якісний склад та кількісний вміст летких сполук та карбонових кислот.

Результати визначення показали наявність низькомолекулярних аліфатичних моно-, ди-, трикарбонових кислот та кислот ароматичного ряду, а також високомолекулярних аліфатичних монокарбонових насичених та ненасичених (жирних) кислот.

Для ідентифікації компонентів використовували дані бібліотеки мас-спектрів NIST05 і WILEY 2007 із загальною кількістю спектрів понад 470000 у поєднанні з програмами для ідентифікації AMDIS і NIST.

Для кількісних розрахунків використовували метод внутрішнього стандарту. Розрахунок вмісту компонентів (С, мг/кг) проводили за формулою:

$$C = K_1 \cdot K_2 \cdot 1000,$$

де: $K_1 = \Pi_1/\Pi_2$;

Π_1 – площа піка досліджуваної речовини;

Π_2 – площа піка стандарту; $K_2 = 50/M$;

50 – маса наважки внутрішнього стандарту, який вводили в зразок, мкг;

M – маса наважки сировини, мг.

Отримані результати наведено у табл. 2.4 та 2.5 хроматограми ГХ/МС органічних, в тому числі і високомолекулярних аліфатичних (жирних) кислот, наведені на рис. 2.5 та 2.6.

Як видно з результатів дослідження у пагонах верби міститься більше органічних кислот, серед яких домінуючими є щавлева, лимонна та яблучна кислоти.

Також на досить високому рівні міститься кислота, яка відноситься до кетокислот - левулінова кислота.

Таблиця 2.4

Вміст летких сполук *Salix aurita* L.

Летучі компоненти	Час утримування	мг/кг
1	2	3
Транс-ліналоолоксид	8,716	9,86
Цис-ліналоолоксид	9,163	7,71
Нонаналь	9,495	18,49
Ліналолол	9,61	6,83
Фенілетилловий спирт	9,834	77,86
P-мент-1-ен-8-ол	12,34	20,53
Деканаль	12,779	24,17
Цитронелол	13,997	63,60
Гераніол	14,745	28,87
2-метокси-4-вінілфенол	16,094	12,11
Євгенол	17,413	55,36
Гераніл ацетон	20,543	11,08
β -іонон-5,6-епоксид	21,361	9,24
β -іонон	21,445	9,39
2,4-біс(1,1-диметилетил)фенол	22,101	5,70

1	2	3
Неролідол	24,159	7,35
Лауринова кислота	24,884	27,79
α -бісаболол оксид	26,426	4,68
β -бісаболол оксид	26,665	15,57
Тетрадеканаль	27,691	3,41
Міристинова кислота	29,364	347,87
Пентадеканова кислота	30,844	148,29
Пальмітолеїнова кислота	32,078	1015,40
Пальмітинова кислота	32,517	1508,70
Гептадеканова кислота	33,419	14,39
Фітол	33,936	56,17
Ліноленова кислота	34,09	7,51
Лінолева кислота	34,268	183,37
Олеїнова кислота	34,375	459,38
Стеаринова кислота	34,584	28,09
Трикозан	36,002	11,80
Тетракозан	36,758	5,42
Пентакозан	36,951	9,79
Гексакозан	38,03	19,91
Гептакозан	39,881	64,58
Сквален	40,952	1311,26
Нонакозан	41,6	25,74

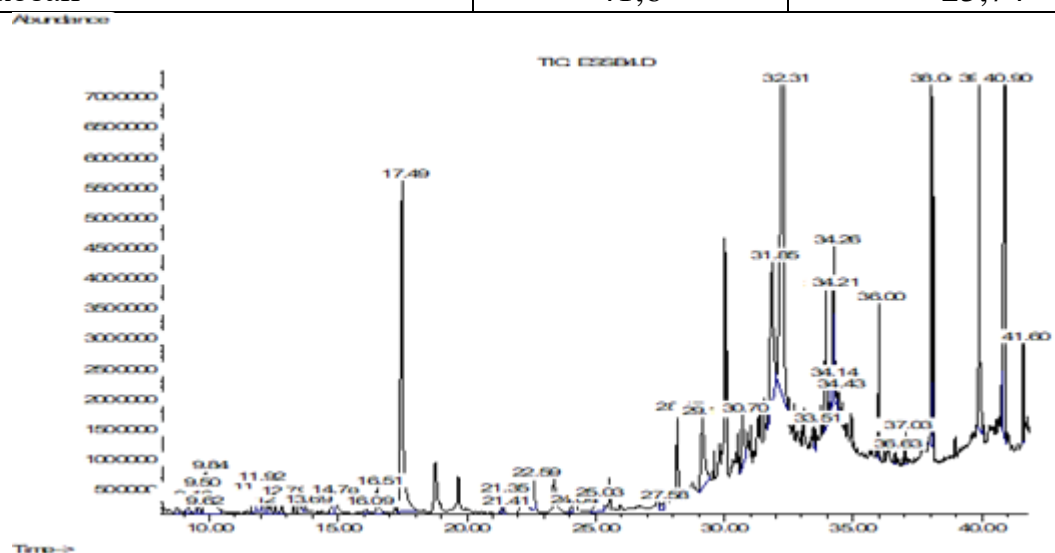


Рис. 2.5 Хроматографічний профіль летких сполук *Salix aurita* L.

Карбонові кислоти *Salix aurita* L.

Назва сполуки	Час утримання	Вміст, мг/кг
Органічні кислоти		
Щавлева кислота	9.91	1948.1
Малонова кислота	12.16	134.1
Фумарова кислота	12.9	44.2
Янтарна кислота	14.04	558.8
Бензойна кислота	14.59	2352.4
Саліцилова кислота	17.84	1124.0
Корична кислота	21.52	232.8
Суберова кислота	22.97	136.4
Анісова кислота	23.81	6036.4
Яблучна кислота	24.63	988.0
Азелаїнова кислота	24.96	643.0
Лимонна кислота	29.94	2679.4
Ванілінова кислота	32.98	152.9
Ферулова кислота	41.15	306.7
Жирні кислоти		
Капронова кислота	5.15	41.1
Лауринова кислота	18.44	112.8
Міристинова кислота	22.61	462.6
Пальмітинова кислота	26.6	6847.4
Пальмітолеїнова кислота	27.39	188.3
Гептадеканова кислота	28.23	204.3
Стеаринова кислота	30.06	1374.0
Олеїнова кислота	30.33	585.3
Лінолева кислота	31.1	576.9
Ліноленова кислота	32.14	149.0
Арахінова кислота	33.33	1034.3
Хенейкозанова кислота	34.82	28.3
Бегенова кислота	36.37	450.3
Тетракозанова кислота	39.21	229.1

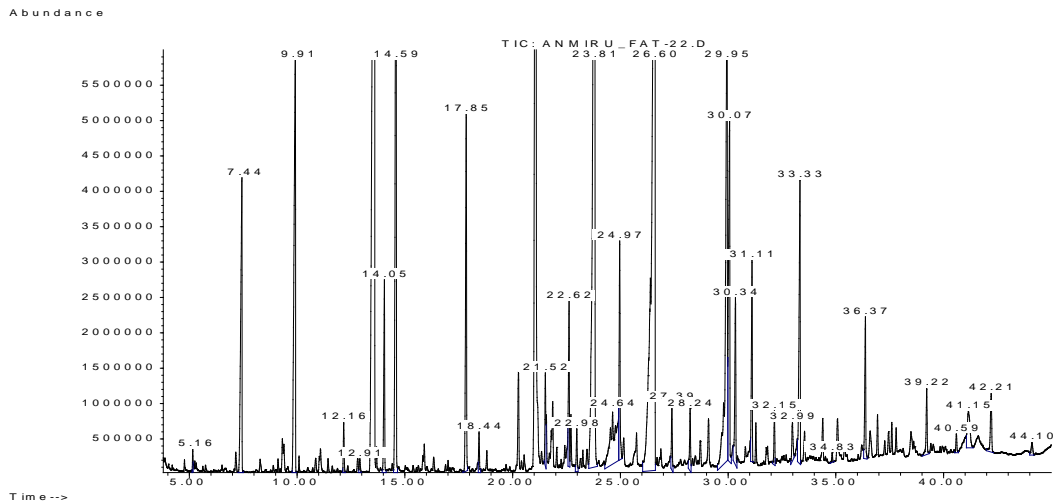


Рис. 2.6 Хроматографічний профіль карбонових кислот *Salix aurita* L.

В результаті дослідження у пагонах верби було ідентифіковано 16 карбонових кислот: 8 аліфатичних і 8 ароматичних. Серед аліфатичних кислот значно домінують щавлева, лимонна та яблучна кислоти. Серед ароматичних кислот переважають за вмістом бензойна кислота і саліцилова кислота.

Висновки до розділу 2

1. Якісними реакціями та хроматографічними методами аналізу досліджено склад біологічно активних сполук пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aurita* L. Виявлені полісахариди, флавоноїди, дубильні речовини, гідроксикоричні кислоти та інші.

2. Хромато-мас-спектрометричним методом досліджено якісний склад та кількісний вміст летких сполук та карбонових кислот *Salix aurita* L. Серед аліфатичних кислот значно домінують щавлева, лимонна та яблучна кислоти. Серед ароматичних кислот переважають за вмістом бензойна кислота і саліцилова кислота.

РОЗДІЛ 3
ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ
СИРОВИНИ ВИДІВ СЕКЦІЇ *VETRIX* РОДУ *SALIX L.* РОДИНИ
***SALICACEAE* MIRB.**

3.1 Визначення основних числових показників

3.1.1 Визначення вологості

Під вологістю сировини розуміють втрату в масі за рахунок гігроскопічної вологи і летких речовин, які виявляють при висушуванні сировини до постійної маси. Зміст вологи в ЛРС є одним із числових показників, що характеризують його доброякісність. ЛРС не повинно містити вологи вище допустимих норм, тому що при підвищеній вологості при зберіганні створюються умови, що сприяють зниженню його якості (змінюється забарвлення, з'являється затхлий запах, цвіль, руйнуються біологічно активні речовини тощо). Для більшості видів ЛРС допустима межа вологості зазвичай 10-15 % (залишкова «товарна» волога). Нормативна документація для кожного виду сировини встановлює норму вмісту вологи (вологість) не вище за певне значення. Визначення втрати в масі при висушуванні проводили за методикою, наведеною у ДФУ 2001 (2.8.17) [5-13, 21,23,25]. Результати визначення втрати в масі при висушуванні в пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb. *Salix caprea L.*, *Salix cinerea L.*, *Salix aurita L.* наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Втрата в масі при висушуванні у пагонах видів секції *Vetrix*
 роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb..

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea L.</i>	13,46 ± 0,09
<i>Salix cinerea L.</i>	10,98 ± 0,08
<i>Salix aurita L.</i>	10,73 ± 0,12

Встановлено втрату в масі при висушуванні (%) у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.

3.1.2 Визначення золи загальної

Визначення загальної золи проводили за методикою, яку наведено у ДФУ 2001 (2.4.16) [5-13, 21,23,25].

Результати визначення загальної золи в пагонах в пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Загальна зола у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea</i> L.	3,44 ± 0,06
<i>Salix cinerea</i> L.	3,92 ± 0,09
<i>Salix aurita</i> L.	3,59 ± 0,07

Встановлено загальну золу (%) у пагонах в пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

3.2 Визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

3.2.1 Кількісне визначення флавоноїдів

Кількісний вміст флавоноїдів визначали спектрофотометричним методом за відомою методикою [5-13, 21,23,25].

Спектрофотометричні методики, засновані на реакції комплексоутворення поліфенолів з іонами різних металів, а також з цитратно-борним реактивом в кислому середовищі, є досить широко поширеними при визначенні загальної кількості фенольних сполук у рослинах. Більшою специфічністю володіють, хоча і не позбавлені недоліків, спектрофотометричні методики визначення фенольних сполук, що утворюють забарвлені комплексні сполуки з іонами металів. Ці комплекси мають максимум в спектрах світлопоглинання в інтервалах довжин хвиль 385-460 нм з алюміній хлоридом. Отримати близьке до істинного значення вмісту поліфенолів у рослинному об'єкті за реакцією комплексоутворення з металами можливо лише за наявності у цих сполук однакової кількості комплексоутворюючих центрів. Так іони алюмінію утворюють інтенсивно

забарвлені комплекси тільки з деякими представниками поліфенолів, що мають у своєму складі комбінацію гідроксильної і карбонільної груп та/або орто-діокси групи. До такого роду сполук відносяться флавоони і флавоноли, які переважають у складі багатьох лікарських рослинних препаратів. Є ці групи флавоноїдів і у рослинах роду Вербна.

Результати визначення вмісту суми флавоноїдів у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Вміст суми флавоноїдів видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea</i> L.	2,26 ± 0,05
<i>Salix cinerea</i> L.	2,84 ± 0,07
<i>Salix aurita</i> L.	2,72 ± 0,04

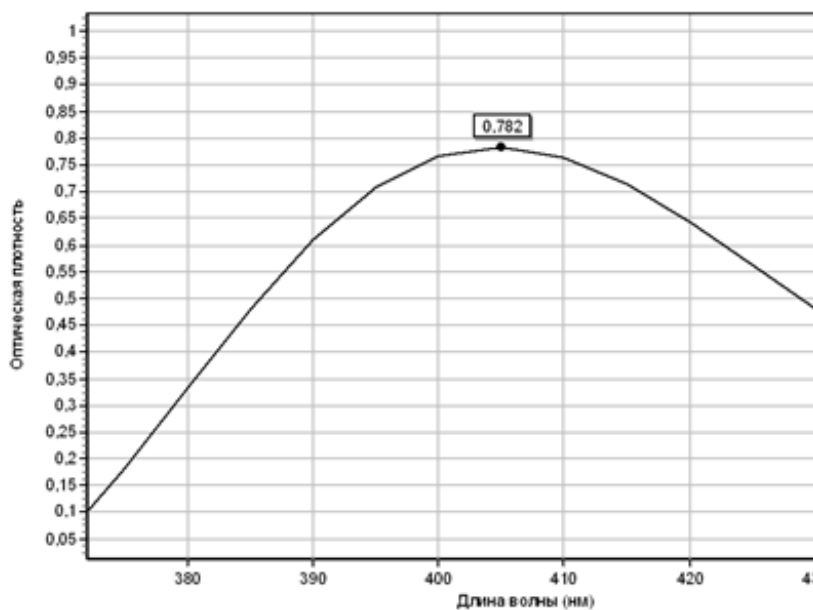


Рис. 8. Спектр поглинання комплексу алюмінію хлориду та суми флавоноїдів пагонів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.

Як видно з результатів аналізу, найбільший вміст флавоноїдів мають пагони *Salix cinerea* L. секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb (2,84 ± 0,07 %), у перерахунку на рутин і абсолютно суху сировину).

3.2.2 Визначення вмісту гідроксикоричних кислот

Відомо, що гідроксикоричні кислоти проявляють різні фармакологічні ефекти, тому є необхідним дослідження цих сполук у сировині перспективних для медичного застосування рослин. Визначення вмісту суми гідроксикоричних кислот у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb. проводили на спектрофотометрі СФ-46 за методикою ТФС 429-6/37-232-96 на траву злинки канадської. [21,23, 25].

Вміст суми гідроксикоричних кислот у перерахунку на хлорогенову кислоту, обчислювали за формулою:

$$X = \frac{A_1 \cdot 200 \cdot 50 \cdot 100}{E_{1cm}^{1\%} \cdot a_1 \cdot 1 \cdot (100 - W)}$$

де: A_1 – оптична густина досліджуваного розчину;

a_1 – наважка сировини, г;

$E_{1cm}^{1\%}$ – питомий показник поглинання хлорогенової кислоти (531);

W – втрата у масі при висушуванні сировини, %.

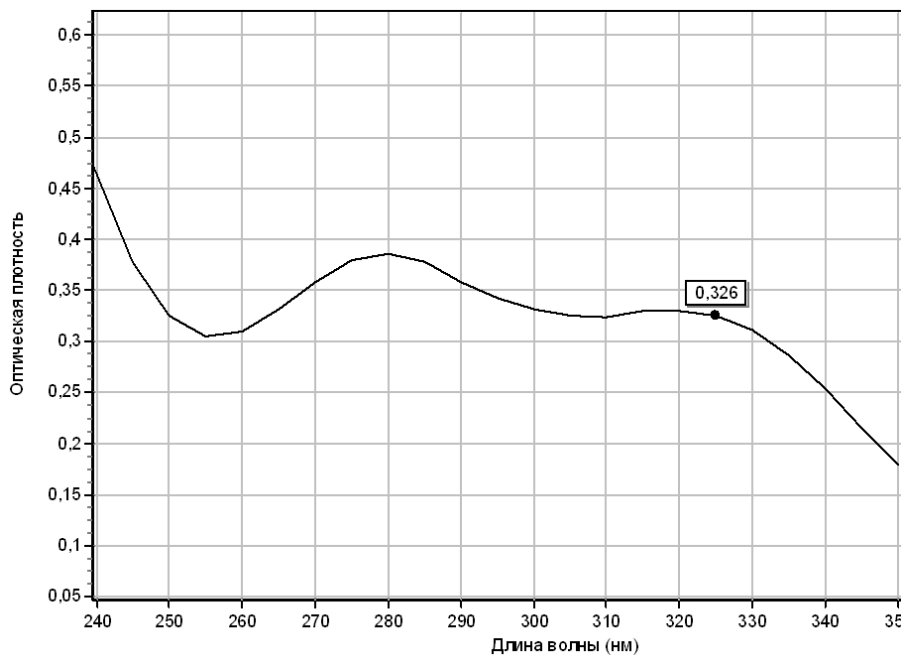


Рис. 8. УФ-спектр поглинання 20% спиртового розчину сировини видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb

Результати визначення вмісту суми гідроксикоричних кислот в пагонах рослин роду тополя наведені у табл. 3.4.

Вміст суми гідроксикоричних кислот
у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea</i> L.	4,58 ± 0,05
<i>Salix cinerea</i> L.	5,13 ± 0,08
<i>Salix aurita</i> L.	4,82 ± 0,07

Встановлено вміст суми гідроксикоричних кислот (%) у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

3.2.3 Кількісне визначення поліфенольних сполук

Структурні характеристики поліфенолів, що визначають їх реакційну здатність: найбільш активними є фенольні сполуки, які мають у своєму складі гідроксильні групи в кільці В і С, а також подвійний С2-С3 зв'язок; чим більше вільних гідроксильних груп у структурі поліфенолу, тим вище його електронодонорна активність; реакційна здатність фенолів корелює з їх електрохімічними властивостями.

Кількісне визначення дубильних речовин у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. проводили перманганатометричним методом Левенталія в модифікації Курсанова [21,23, 25]. Метод ґрунтується на реакції окиснення танінів калій перманганатом у кислому середовищі в присутності індикатора і каталізатора індигосульфоїкислоти. У точці еквівалентності забарвлення розчину змінюється від синього до золотисто-жовтого. Особливості визначення: титрування проводиться в сильно розведених розчинах, при кімнатній температурі в кислому середовищі, перманганат додається повільно, по краплях, при інтенсивному перемішуванні. Метод економічний і простий у виконанні, але недостатньо точний, оскільки калій перманганат окисляє частково і низькомолекулярні фенольні сполуки. До недоліків методу можна також віднести те, що калій перманганат готують як вторинний стандарт, оскільки вихідний реагент

важко отримати в хімічно чистому стані; реакції за участю калій перманганату можливі у строго стандартизованих умовах (рН, температура і т. д.). Результати дослідження наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Вміст дубильних речовин
у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea</i> L.	16,84 ± 0,12
<i>Salix cinerea</i> L.	15,62 ± 0,06
<i>Salix aurita</i> L.	14,95 ± 0,09

Встановлено вміст суми дубильних сполук (%) у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. у перерахунку на абсолютно суху сировину).

3.2.4 Кількісне визначення органічних кислот

Вміст органічних кислот у сировині в пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. визначали титриметричним методом згідно з методикою у статті 38 «Плоди шипшини» ДФ XI видання [21,23,25]. Результати кількісного визначення вільних органічних кислот у досліджуваній сировині наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Вміст органічних кислот у сировині видів секції *Vetrix*
роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Сировина	Вміст, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ (%)
<i>Salix caprea</i> L.	2,51 ± 0,06
<i>Salix cinerea</i> L.	2,68 ± 0,05
<i>Salix aurita</i> L.	3,09 ± 0,07

Як видно з результатів аналізу, найбільший вміст органічних кислот мають пагони *Salix aurita* L секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. у перерахунку на яблучну кислоту і абсолютно суху сировину).

3.3 Визначення вмісту макро-та мікроелементів пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини *Salicaceae* Mirb.

Всі елементи, що беруть участь у мінеральному живленні рослин, прийнято класифікувати залежно від їхнього вмісту в рослинах та в ґрунті. Зазвичай їх поділяють на макро- та мікроелементи. За цією класифікацією, елементи, вміст яких у перерахунку на суху речовину становить від сотих часток відсотка до кількох десятків відсотків, є макроелементами. Ті елементи, уміст яких не перевищує тисячних часток відсотка, відносять до мікроелементів. Нині цю класифікацію доповнено. Частина елементів зараз відносять до мезо-елементів, тобто, по суті, вони утворюють групу, проміжну між макро- і мікроелементами. Крім того, іноді виділяють ультрамікроелементи. Це ті елементи, зміст яких у рослинах мізерно мало, а фізіологічна роль та вплив практично не вивчені.

Якщо дотримуватися уточненої класифікації, то до макроелементів відносяться азот, фосфор і калій, до мезоелементів – сірка, кальцій, магній, мікроелементів – бор, молібден, цинк, мідь, кобальт, марганець, барій, кремній, хлор, натрій, титан, срібло, ванадій, залізо, нікель, селен, літій, йод, алюміній.

Ця класифікація досить умовна, і ті чи інші елементи часом потрапляють у різні групи. Крім того, у тканинах деяких видів рослин окремі мікроелементи містяться в кількостях, характерних для макроелементів. Макроелементи та мезоелементи необхідні рослині у досить великих кількостях, тому що є будівельним матеріалом, насамперед, для білків. Мікроелементи входять до складу ферментів, вітамінів тощо. Нормальний розвиток та функціонування як окремих клітин, так і всього рослинного організму неможливі без оптимального забезпечення елементами всіх цих груп. Протягом вегетаційного періоду потреба та ступінь засвоюваності одного й того самого елемента може для рослин сильно відрізнятись. Оскільки всі рослинні організми мають вибіркову здатність, то поглинання речовин, необхідних на даному етапі їх розвитку, відбувається більш

активно, ніж усіх інших.

Роль мікроелементів у житті рослин надзвичайно важлива. Азот є елементом, який найбільше асоціюється з посиленням ростом рослини і є ключовим компонентом усіх білків. Багато білків функціонують як ферменти або біологічні каталізатори, що робить можливим метаболізм рослин. У рослин є дуже ефективні системи, здатні поглинати азот із ґрунту, як правило, у формі нітрату, і зв'язувати його з цукровими фрагментами з утворенням амінокислот, які надалі залучаються у будівельні блоки білків. Дефіцит азоту зменшує процес утворення хлорофілу і ферментів, в результаті чого знижується процес фотосинтезу, пригнічення росту і передчасне старіння.

Калій також важливий для фотосинтезу, росту клітин, регулювання відкриття і закриття продихів. Дефіцит калію призводить до хлорозу і опіків листя.

Кальцій взаємодіє з пектином і діє для регулювання гормонів росту. Здерев'янілі стебла містять також значну частку кальцію, якого тут більше, у порівнянні з трав'янистими рослинами. Дефіцит кальцію зменшує подовження міжвузлів та загальний ріст рослин.

Атом магнію знаходиться в центрі молекули хлорофілу, а також підвищує ефективність деяких ферментів. Часто дефіцит магнію проявляється у вигляді хлорозу і опіків між жилками листя і як наслідок часто призводить до передчасного знебарвлення листків.

Фосфор входить до складу основних елементів нуклеїнових кислот, які несуть генетичну інформацію. Фосфор є також ключовим елементом АТФ, основною молекулою для передачі біологічної енергії. Дефіцит фосфору викликає серйозні захворювання, затримку росту і зниження цвітіння й плодоношення.

Серед найбільш необхідних для життєдіяльності рослин мікроелементів слід виділити такі як залізо, мідь, бор, магній, цинк, марганець, кобальт, молібден. Окремо можна виділити сірку. Сірка входить

до складу двох незамінних амінокислот, а також вітамінів рослин та кофакторів ферментів. Дефіцит сірки викликає в цілому пожовтіння молодого листя, хлороз і некроз старих листків, а також розпускання бічних пагонів.

Залізо відіграє ключову роль у синтезі хлоропластів, фотосинтезу всередині клітин, а також входить до складу кількох важливих дихальних ферментів. Дефіцит заліза надзвичайно поширений на лужних ґрунтах через порушення доступності при високому рН, викликає міжжилковий хлороз і відмирання пагонів.

Марганець також необхідний для синтезу хлорофілу, бере участь у фотосинтезі, активує близько 35 ферментів, що впливають на окисно-відновні процеси. Марганець бере участь у азотному обміні (відновлення нітратів до аміаку) та пов'язаний із синтезом білка. Його дефіцит призводить до швидкого руйнування хлорофілу під впливом світла. В цілому, дефіцит Mn викликає хлороз, некроз і деформацію листя.

Цинк входить до складу понад 30 рослинних ферментів, що беруть участь у процесах дихання та фотосинтезу. Його недолік у харчуванні суттєво позначається на темпах зростання культур. Крім того, цинк нормалізує фосфорний обмін та сприяє фіксації вуглецю. Цинк є структурною частиною деяких ферментів та кофактором для інших. Дефіцит Zn може призвести до зменшення подовження міжвузлів і знебарвлення нижніх листків поверхні, що часто призводить до формування листя із бронзових відтінком.

Мідь є складовою кількох ферментів. Цей елемент впливає на розвиток та вступ рослин у фазу цвітіння. Мідь сприяє підвищенню імунітету рослин до грибкових та бактеріальних захворювань. Дефіцит Cu може викликати міжжилковий хлороз, дефоліацію, листову плямистість і відмирання пагонів.

Молібден бере участь у фіксації атмосферного азоту, впливає на стабілізацію структури нуклеїнових кислот, разом із залізом виконує

каталітичну і структурну функцію, входячи у ферментний комплекс нітрогенази. Його недолік призводить до різкого зниження кількості аскорбінової кислоти, що міститься в рослинах, негативних змін в азотному обміні (зниження активності синтезу білка, зменшення вмісту амінокислот і амідів). Всім рослинам, залежно від їхнього життєвого циклу, генотипних особливостей біохімічного складу та навколишнього середовища, потрібне певне співвідношення поживних речовин. Цей баланс має більш важливе значення, ніж фактична концентрація окремих елементів поживного розчину.

Вміст елементів у рослинній сировині видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. вивчали загальноприйнятими методами за допомогою атомно-емісійного спектрофотометра ДФС-8 у Державної наукової установі «Інститут монокристалів» НАН України за відомою методикою. Визначення елементного складу виявило наступні фактичні результати які наведено в таблиці 3.7.

За результатами аналізу сировини видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb встановлено наявність 26 макро- та мікроелементів.

Проблема забруднення навколишнього середовища - одна з найбільш гострих екологічних проблем сучасності, серед яких провідне місце займають важкі метали - свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк, залізо, які як чинники глобальних екологічних та біологічних наслідків для суспільства. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я у числі цих сполук одне з перших місць займає свинець.

У сучасній науковій літературі наведена достатня кількість даних щодо закономірностей та особливостей токсичної дії важких металів. Основна небезпека токсичних елементів, у тому числі свинцю, полягає в постійній кумуляції його в органах і тканинах протягом життя. Свинець здатний активно накопичуватися в кістках до 90-95% від загального надходження та формувати додаткове внутрішнє джерело впливу на організм. [1, 2, 28, 83].

Елементний склад пагонів
видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

№ з.п.	Елемент	Вміст елемента, мг/100г		
		<i>Salix caprea</i> L.	<i>Salix cinerea</i> L	<i>Salix aurita</i> L
1	Ca	890	648	854
2	Mg	328	212	376
3	P	198,0	158	175
4	Na	182	128	156
5	K	1285	1824	1312
6	Mn	21,0	16,4	19,7
7	Cu	0,62	0,51	0,43
8	Pb	<0.03	<0.03	<0.03
9	Ni	0,13	0,18	0,15
10	Co	<0.03	<0.03	<0.03
11	Mo	<0,03	<0,03	<0,03
12	Zn	11,4	4,12	6,7
13	V	0,03	<0,02	0,10
14	Si	456	368	480
15	Ti	<0,30	<0,30	<0,30
16	Ga	<0,20	<0,20	<0,20
17	Ag	0,04	0,06	0,04
18	Fe	52,0	39,0	68,0
19	Al	11,2	4,8	31,7
20	Cd	<0.01	<0.01	<0.01
21	As	<0,01	<0,01	<0,01
22	Hg	<0,01	<0,01	<0,01
23	Sb	<0,30	<0,30	<0,30
24	Cr	0,80	0,90	1,10
25	Bi	<0,20	<0,20	<0,20
26	Ge	<0,01	<0,01	<0,01

Рослини є першим бар'єром, в які потрапляють елементи з ґрунту та атмосфери, і вже надалі вони здійснюють їх передачу тваринам і людині. Деревні рослини, завдяки своїй довговічності, саме таким чином здатні вилучати токсичні речовини антропогенного походження на деякий час, що визначає їхні фітомеліоративні властивості техногенних порушених територій. Деякі рослини, які, як відомо, збагачують елементами поживне середовище, а отже також на сьогодні використовуються для біоремедиації

Токсичні метали присутні практично у всіх продуктах харчування, бо вони потрапляють антропогенним шляхом через воду, повітря, тверді відходи, з обробки ґрунтів, а також з полімерних матеріалів, покриттів, обладнання та посуду при виробництві продуктів. Вміст важких металів у окремих видах рослин залежить від їх будови, екологічного стану в регіоні, рухливості речовин у ґрунті та здатності до засвоєння рослинами.

Аналіз даних показав, що у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. в достатньо високій кількості міститься К, Р, Са, Mg, та Na. Слід зазначити, що вміст таких техногенних елементів як Pb, Cu, Ni, Sr, Cd, As знаходяться в межах вимог гранично припустимих концентрацій для сировини та харчових продуктів.

Висновки до розділу 3

1. Спектрофотометричними і титрометричними методами аналізу визначено вміст основних груп біологічно активних сполук у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

2. Встановлені основні числові показники пагонів видів секції *Секції Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

3. Методом атомно-емісійної спектрографії вивчений елементний склад пагонів шести видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Встановлено присутність 26 елементів. Досліджені особливості накопичення неорганічних елементів у сировині видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

Висновки

1. Наведено огляд сучасних літературних першоджерел стосовно рівня фармакогностичного дослідження видів роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Вербви (рід *Salix* L.) нараховують понад 330–500 видів і 200 гібридів, це дерева, чагарники або сланкі рослини, які широко поширені в Африці, Північній Америці, Європі та Азії.

2. Огляд літератури містить короткі дані щодо важливості верб для народного господарства, охарактеризовано ботанічну характеристику, хімічний склад і фармакологічну активність видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

3. Наведено дані досліджень у фітохімії, традиційному використанні та фармакології рослинних екстрактів і компонентів рослин роду *Salix*. Екстракти *Salix* і деякі його компоненти виявляють сильні антиоксидантні, протизапальні, антипроліферативні, антимікробні, гепатопротекторні та нейропротекторні властивості, що підтверджує традиційне використання екстрактів верби в народній медицині.

4. Перспективність використання верб не обмежується лише застосуванням їх у прикладному мистецтві (лозоплетіння) та народній медицині. Представники роду *Salix* L. успішно можуть бути використані в лікарській промисловості як сировина для виготовлення важливих медичних препаратів, а також як перспективні продуценти біомаси для нетрадиційних джерел енергії.

5. Охарактеризовані можливості заготовки лікарської сировини рослин роду верба з енергетичних плантацій, що значно розширює сировинну базу лікарської рослинної сировини видів роду *Salix* L. родини Вербові.

6. Оскільки сировина видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. не є стандартизованою в Україні вважали за доцільне провести порівняльний фітохімічний аналіз нового виду сировини – пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

7. Якісними реакціями та хроматографічними методами аналізу досліджено склад біологічно активних сполук пагонів бальзамічних сполук. Виявлені полісахариди, флавоноїди, дубильні речовини, гідроксикоричні кислоти та інші.

8. Хромато-мас-спектрометричним методом досліджено якісний склад та кількісний вміст летких сполук та карбонових кислот пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Серед аліфатичних кислот значно домінують щавлева, лимонна та яблучна кислоти. Серед ароматичних кислот переважають за вмістом бензойна кислота і саліцилова кислоти.

9. Спектрофотометричними і титрометричними методами аналізу визначено вміст основних груп біологічно активних сполук у пагонах видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

10. Встановлені основні числові показники пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

11. Методом атомно-емісійної спектрографії вивчений елементний склад пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. Встановлено присутність 26 елементів. Досліджені особливості накопичення неорганічних елементів у сировині видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.

12. Проведено комплексне порівняльне фітохімічне дослідження пагонів видів секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb. – перспективних джерел БАС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородіна Н. В. Фармакогностичне дослідження рослин родини Вербові та створення на їх основі лікарських засобів: автореф. дис. ... док. фар мац. наук: 15.00.02. Харків, 2021. 42с
2. Гришко, В. М., Сищиков, Д. В., Піскова, О. М., Данільчук, О. В., & Машталер, О. В. Важкі метали: надходження в ґрунти: транслокація в рослинах та екологічна безпека. Донецьк: Донбас. 2012. С. 304.
3. Горелов О. М. Родина Salicalicaea Mirbel. Дендрофлора України: Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні / за ред. М. А. Кохна. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. Ч. 1. С. 336–379.
4. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина II. Довідник /Кохно М. А., Трохименко Н. М., Пархоменко Л. І. та ін.; За ред. М. А. Кохна та Н. М. Трохименко. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 716 с.
5. Державна фармакопея України / Держ. п-во “Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів”. 1-ше вид., 3 допов. Х.: РІРЕГ, 2009. 280 с.
6. Державна Фармакопея України / Держ. п-во “Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів”. 1-ше вид., 4 допов. Х.: РІРЕГ, 2011. 540 с.
7. Державна Фармакопея України / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 1-е вид. Доповнення 3. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2009. - 280 с
8. Державна Фармакопея України / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». 1-ше вид., 3 доп. Харків: ДП «Науковоекспертний фармакопейний центр», 2009. 280 с.
9. Державна Фармакопея України / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». 1-ше вид., 4 доп. Харків: ДП «Науковоекспертний фармакопейний центр», 2009. 280 с.

центр», 2011. 540 с.

10. Державна Фармакопея України / ДП «Укр. наук. фармакоп. центр якості лік. засобів». 2-ге вид. Доповнення 1. Х.: Укр. наук. фармакоп. центр якості лік. засобів, 2016. 360 с.

11. Державна Фармакопея України / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків: ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 2–3. 732 с.

12. Державна Фармакопея України: в 3 т. / Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. 732 с.

13. Державна Фармакопея України: у 3 т. / ДП «Укр. наук. фармакоп. центр якості лік. засобів». 2-ге вид. Х.: Укр. наук. фармакоп. центр якості лік. засобів, 2015. Т. 1. 1128 с.

14. Іщук Л. П. Перспективи використання видів родини Salicaceae Mirbel. в біоенергетиці України. *Modern scientific researches and developments: theoretical value and practical results – 2016* : materials of International scientific and practical conference (Bratislava, 15-18 March, 2016, Bratislava, Slovak Republi). Kyiv : LLC “NVP” Interservice, 2016. Vol. 4. P. 51-52

15. Іщук Л. П. Рід Salix L. в Україні. *Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова"*. 2015. Т. 17. С. 35-43

16. Іщук Л. П. Таксономічний склад та особливості поширення видів роду Salix L. в Українському Поліссі. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* : зб. наук. пр. 2017. № 14. С. 33-37.

17. Ищук Л. П. Родина *Salicaceae* Mirbel.: біологія, адаптаційний потенціал, охорона та використання в Україні. дис. ... д-ра біолог. наук. Київ, 2019. 585 с.

18. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева и др. ; под. ред. Ю. Н. Проскудина. Киев : Наук, думка, 1987. 48 с.

19. Основи фармакогнозії і фітотерапії: навч. посіб. Для студентів вищ. мед. навч. закл. III-IV рівня акредитації / Гарник Т.П. [та ін.]; за заг. ред. д-ра мед. наук, проф. Гарник Т.П., д-ра мед. наук Князевича В.М., д-ра мед. наук, проф. Туманова В.А.; Нац. акад. держ. упр. при Президентові України [та ін.]. Житомир: Рута, 2015. 446 с
20. Практикум з ідентифікації лікарської рослинної сировини: навч. посіб. / [В. М. Ковальов, О.П. Хворост, С. М. Марчишин та ін.]; за ред. В. М. Ковальова, С. М. Марчишин. Тернопіль: ТДМУ, 2014. 264 с
21. Практикум по фармакогнозии : учеб. пособие для студ. вузов / В. Н. Ковалев и др.; под общ. ред. В. Н. Ковалева. Харьков: Изд-во НФаУ; Золотые страницы, 2003. 512 с
22. Сербін А. Г., Сіра Л. М., Слободянюк Т. О. Фармацевтична ботаніка: підруч. для вузів за ред. Л. М. Сірої. Вінниця : Нова Книга, 2007. 488 с.
23. Солодовніченко Н.М., Журавльов М.С., Ковальов В.М. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: Посіб. з фармакогнозії з основами біохімії лікарських рослин. Х: Вид-во НФаУ, "Золоті сторінки", 2002 408 с.
24. Сучасна фітотерапія : навч. посіб. / С. В. Гарна, І. М. Владимірова та ін. Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 580 с.
25. Фармакогнозия: учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / [В. С. Кисличенко, В. Н. Ковалев, И. А. Журавель и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. Х.: Изд-во НФаУ, 2009. 218 с.
26. Фармакогнозія: базовий підруч. для студ. вищ. фармац. навч. закл.(фармац. ф-тів) IV рівня акредитації / В.С. Кисличенко, С.М. Марчишин, І.О. Журавель та ін.; за ред. Харків: НФаУ: Золоті сторінки, 2015. 736 с.
27. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я. Автохтонні верби України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.6. С. 68-72.
28. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / А.І. Фадєєв, Я.В. Пащенко. Харків: ННЦ "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського", 2003. 118 с.
29. Agnolet, S., Wiese, S., Verpoorte, R., and Staerk, D. Comprehensive analysis

- of commercial willow bark extracts by new technology platform: combined use of metabolomics, high-performance liquid chromatography solid-phase extraction–nuclear magnetic resonance spectroscopy and high-resolution radical scavenging assay. *J. Chromatogr. A*. 2012. 1262, 130-137. doi:10.1016/j.chroma.2012.09.013.
30. Ahmed, A., Akbar, S., and Shah, W. A. Chemical composition and pharmacological potential of aromatic water from *Salix caprea* inflorescence. 2017. *Chin. J. Integr. Med.* 1-5. doi:10.1007/s11655-017-2781-5.
31. Ahmed, W., Ahmad, M., Khan, R. A., and Mustaq, N. Promising inhibition of krait snake's venom acetylcholinesterase by *Salix nigra* and its role as anticancer, antioxidant agent. *Indian J. Anim. Res.* 2016. 50, 317–323. doi:10.18805/ijar.10711.
32. Ainsworth, E. A., and Gillespie, K. M. Estimation of Total Phenolic Content and Other Oxidation Substrates in Plant Tissues Using Folin-Ciocalteu Reagent. *Nat. Protoc.* 2017. 2, 875-877.
33. Alam, M. S., Kaur, G., Jabbar, Z., Javed, K., and Athar, M. Evaluation of antioxidant activity of *Salix caprea* flowers. *Phytother. Res.* 2016. 20, 479-483. doi:10.1002/ptr.1882.
34. American Herbal Pharmacopoeia: Botanical Pharmacognosy – Microscopic Characterization of Botanical Medicines, R. Upton, A. Graff, G. Jolliffe, R. Länger, E. Williamson (Eds.), CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2011), 810 pp.
35. Antoniadou, K., Herz, C., Le, N. P. K., Mittermeier-Kleßinger, V. K., Förster, N., Zander, M., et al. Identification of Salicylates in Willow Bark (*Salix Cortex*) for Targeting Peripheral Inflammation. 2021. *Ijms* 22, 11138.
36. Argus, G. W. *Salix (Salicaceae)* distribution maps and a synopsis of their classification in North America, North of Mexico. *Harv. Pap. Bot.* 2007. 12, 335–368.
37. Arif, T., Bhosale, J. D., Kumar, N., Mandal, T. K., Bendre, R. S., Lavekar, G. S., et al.. Natural Products - Antifungal Agents Derived from Plants. *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2009,11, 621-638.
38. Asgarpanah, J. Phytopharmacology and medicinal properties of *Salix aegyptiaca* L. *Afr. J. Biotechnol.* 2012. 11, 7145–7150. doi:10.5897/AJB12.418

39. Balbaa, S., Khafagy, S., Haggag, M., and Sahrah, N. (1979). Phytochemical study of certain *Salix* species cultivated in Egypt. *J. Pharmacol. Sci.* 20, 153-164.
40. Benzie, I. F. F., and Strain, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": 2006 The FRAP Assay. *Anal. Biochem.* 239, 70–76.
41. Binns, W. W., Blunden, G., and Woods, D. L. Distribution of leucoanthocyanidins, phenolic glycosides and imino-acids in leaves of *Salix* species. *Phytochemistry* 7, 1577-1581. doi:10.1016/s0031-9422(00)88609-4
42. Bobleter, O. Hydrothermal Degradation of Polymers Derived from Plants. *Prog. Polym. Sci.* 1994. 19, 797–841. doi:10.1016/0079-6700(94)90033-7
43. Boeckler, G. A., Gershenzon, J., and Unsicker, S. B. Phenolic Glycosides of the Salicaceae and Their Role as Anti-herbivore Defenses. *Phytochemistry* 2011. 72, 1497-1509. doi:10.1016/j.phytochem.2011.01.038
44. Bounaama, A., Enayat, S., Ceyhan, M. S., Moulahoum, H., Djerdjouri, B., and Banerjee, S. 2016. Ethanolic Extract of Bark from *Salix aegyptiaca* Ameliorates 1,2-Dimethylhydrazine-Induced Colon Carcinogenesis in Mice by Reducing Oxidative Stress. *Nutr. Cancer* 68, 495-506. doi:10.1080/01635581.2016.1152379
45. Brebu, M., and Vasile, C. Thermal Degradation of Lignin-A Review. *Cellul. Chem. Technol.* 2010. 44, 353.
46. Brereton, N. J. B., Berthod, N., Lafleur, B., Pedneault, K., Pitre, F. E., and Labrecque, M. Extractable phenolic yield variation in five cultivars of mature short rotation coppice willow from four plantations in Quebec. *Ind. Crop. Prod.* 2017. 97, 525–535. doi:10.1016/j.indcrop. 2016.12.049
47. Bridle, P., Stott, K. G., and Timberlake, C. F. Anthocyanins in *Salix* species. *Phytochemistry*. 2020. 9, 1097-1098. doi:10.1016/s0031-9422(00)85231-0
48. Bridle, P., Stott, K. G., and Timberlake, C. F. Anthocyanins in *Salix* species: a new anthocyanin in *Salix purpurea* bark. *Phytochemistry* 12, 1103–1106. doi:10.1016/0031-9422(73)85023-x
49. Christenhusz, M. J. M., and Byng, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. 2016. *Phytotaxa.* 261, 201–217.

doi:10.11646/phytotaxa.261.3.1

50. Du, Q., Jerz, G., and Winterhalter, P. Preparation of three flavonoids from the bark of *Salix alba* by high-speed countercurrent chromatographic separation. *J. Liq. Chromatogr. Relat. Technol.* 2004. 27, 3257–3264. doi:10.1081/jlc-200034917
51. Du, Q., Jerz, G., Shen, L., Xiu, L., and Winterhalter, P. Isolation and structure determination of a lignan from the bark of *Salix alba*. *Nat. Prod. Res.* 2007. 21, 451–454. doi:10.1080/14786410601083845
52. Eftekhari, Y., Rustaiyan, A., Monajjemi, M., and Khavari-nejad, R. A. Study of anti-retroviral effects of *salix aegyptiaca* L herbal extract on HIV-1 in-vitro. *Int. J. Mol. Clin. Microbiol.* 2014. 1, 398-405.
53. El-Sayed, M. M., El-Hashash, M. M., Mohamed, H. R., and Abdel-Lateef, E. E.-S. Phytochemical Investigation and in vitro antioxidant activity of different leaf extracts of *Salix mucronata* Thunb. *J. Appl. Pharmaceut. Sci.* 2015. 5, 080–085. doi:10.7324/japs.2015.501213.
54. El-Shazly, A., El-Sayed, A., and Fikrey, E. Bioactive secondary metabolites from *Salix tetrasperma* Roxb. *Z. Naturforsch. C Biosci.* 2012. 67, 353–359. doi:10.5560/znc.2012.67c0353.
55. El-Shemy, H. A., Aboul-Enein, A. M., Aboul-Enein, K. M., and Fujita, K. Willow leaves' extracts contain anti-tumor agents effective against three cell types. *PloS One* 2007. 2, e178. doi:10.1371/journal.pone.0000178.
56. El-Shemy, H. A., Aboul-Enein, A. M., Aboul-Enein, M. I., Issa, S. I., and Fujita, K. The effect of willow leaf extracts on human leukemic cells in vitro. *J. Biochem. Mol. Biol.* 2003. 36, 387–389. doi:10.5483/bmbrep.2003.36.4.387.
57. Enayat, S., and Banerjee, S. Comparative antioxidant activity of extracts from leaves, bark and catkins of *Salix aegyptiaca* sp. *Food Chem.* 2009. 116, 23–28. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.092.
58. European Pharmacopoeia: Vol. 1-2.-7th edition. Strassbourg: European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care (EDQM) - Council of Europe, 67075 Strasbourg Cedex, France, 2010. 3536 p.

59. Evans, T. P., Clausen, T. P., Reichardt, P. B., and Chang, S. Structurally intriguing glucosides from Alaskan littletree willow (*Salix arbusculoides*). *J. Nat. Prod.* 1995. 58, 1897–1900. doi:10.1021/np50126a015.
60. Fayaz, M., and Sivakumaar, P. K. Phytochemical Analysis and antimicrobial activity of *Salix alba* against dental biofilm forming bacteria. *Int. J. Pharm. Biol. Arch.* 2014. 5, 137–140. doi:10.22377/IJPBA.V5I2.1273
61. Fernandes, C. C., de Carvalho Cursino, L. M., Novaes, J. d. A. P., Demetrio, C. A., Júnior, O. L. P., Nunez, C. V., et al. Salicylates isolated from leaves and stems of *Salix martiana* Leyb. (Salicaceae). *Quím. Nova.* 2009. 32, 983–986. doi:10.1590/s0100-40422009000400029.
62. Freischmidt, A., Jürgenliemk, G., Kraus, B., Okpanyi, S., Müller, J., Kelber, O., et al. Phenolic compounds in the ethyl acetate fraction of a standardized willow bark extract. *Planta. Med.* 2010. 76, P.283. doi:10.1055/s-0030-1264581.
63. Gasecka, M., Mleczek, M., Jutrzenka, A., Goliński, P., and Stuper-Szablewska, K. Phenolic compounds in leaves of *Salix* species and hybrids growing under different soil conditions. *Chem. Ecol.* 2017. 33, 196–212. doi:10.1080/02757540.2017.1289186
64. Gawlik-Dziki, U., Sugier, D., Dziki, D., and Sugier, P. Bioaccessibility in vitro of nutraceuticals from bark of selected *Salix* species. *Sci. World J.* 2014, 782763. doi:10.1155/2014/782763
65. Gligoric, E., Igetic, R., Suvajdzic, L., and Grujic-Letic, N. Species of the genus *Salix* L.: biochemical screening and molecular docking approach to potential acetylcholinesterase inhibitors. *Appl. Sci.* 2019. 9, 1842. doi:10.3390/app9091842
66. González-Alamilla, E. N., Gonzalez-Cortazar, M., Valladares-Carranza, B., Rivas-Jacobo, M. A., Herrera-Corredor, C. A., Ojeda-Ramírez, D., et al. Chemical constituents of *Salix babylonica* L. and their antibacterial activity against gram-positive and gram-negative animal bacteria. *Molecules* 2019. 24, 2992. doi:10.3390/molecules24162992
67. Gutiérrez, S. D., Kuri, S. A., and Martín-Herrera, D. The bioguided fractionation and pharmacological activity of an endemic *Salix canariensis* species.

Acta Pharm. 2017. 67, 265–273. doi:10.1515/acph-2017-0012

68. Han, L. K., Sumiyoshi, M., Zhang, J., Liu, M. X., Zhang, X. F., Zheng, Y. N., et al. Anti-obesity action of *Salix matsudana* leaves (Part 1). Anti-obesity action by polyphenols of *Salix matsudana* in high fat-diet treated rodent animals. *Phytother. Res.* 2003. 17, 1188–1194. doi:10.1002/ptr.1404

69. Han, L. K., Sumiyoshi, M., Zheng, Y. N., Okuda, H., and Kimura, Y. Antiobesity action of *Salix matsudana* leaves (Part 2). Isolation of antiobesity effectors from polyphenol fractions of *Salix matsudana*. *Phytother. Res.* 2003. 17, 1195-1198. doi:10.1002/ptr.1405

70. Hernandez, P. M., Salem, A. Z., Elghandour, M. M., Cipriano-Salazar, M., Cruz-Lagunas, B., and Camacho, L. M. Anthelmintic effects of *Salix babylonica* L. and *Leucaena leucocephala* Lam. extracts in growing lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 2014. 46, 173–178. doi:10.1007/s11250-013-0471-7

71. Hossain, M. M., Biva, I. J., Jahangir, R., and Vhuiyan, M. M. I. Central nervous system depressant and analgesic activity of *Aphanamixis polystachya* (Wall.) parker leaf extract in mice. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* 2019. 3, 282–286.

72. Hostanska, K., Jürgenliemk, G., Abel, G., Nahrstedt, A., and Saller, R. Willow bark extract (BNO1455) and its fractions suppress growth and induce apoptosis in human colon and lung cancer cells. *Canc. Detect. Prev.* 2007. 31, 129-139. doi:10.1016/j.cdp.2007.03.001

73. Hussain, H., Badawy, A., Elshazly, A., Elsayed, A., Krohn, K., Riaz, M., et al. Chemical constituents and antimicrobial activity of *Salix subserrata*. *Record Nat. Prod.* 2011. 5, 133–137.

74. Januarti, R., Santoni, A., and Efdi, M. Isolation of flavonoid compound and antioxidant activity of *Salix tetrasperma* Roxb. leaves. *Indones. J. Fundamental Appl. Chem.* 2019. 4, 42–46. doi:10.24845/ijfac.v4.i2.42

75. Jeon, S. H., Chun, W., Choi, Y. J., and Kwon, Y. S. Cytotoxic constituents from the bark of *Salix hulteni*. *Arch Pharm. Res.* 2008. 31, 978–982. doi:10.1007/s12272-001-1255-9

76. Jürgenliemk, G., Petereit, F., and Nahrstedt, A. Flavan-3-ols and procyanidins

- from the bark of *Salix purpurea* L. *Pharmazie*. 2007. 62, 231–234. doi:10.1691/ph.2007.3.6577
77. Karawya, M. S., Ammar, N. M., and Hifnawy, M. S. Phytochemical study and evaluation of the anti-inflammatory activity of some medicinal plants growing in Egypt. *Med J. Islamic World Acad. Sci.* 2010. 109, 1–12.
78. Karimi, I., Hayatgheybi, H., Kamalak, A., Pooyanmehr, M., and Marandi, Y. Chemical composition and effect of an essential oil of *Salix aegyptiaca* L., Salicaceae, (musk willow) in hypercholesterolemic rabbit model. *Rev. Bras. Farmacogn.* 2011. 21, 407–414. doi:10.1590/s0102-695x2011005000030
79. Khatoon, F., Khabiruddin, M., and Ansari, W. Phenolic glycosides from *Salix babylonica*. *Phytochemistry* 1988. 27, 3010–3011. doi:10.1016/0031-9422(88)80716-7
80. Kim, C. S., Kwon, O. W., Kim, S. Y., Choi, S. U., Kim, J. Y., Han, J. Y., et al. Phenolic glycosides from the twigs of *Salix glandulosa*. *J. Nat. Prod.* 2014. 77, 1955–1961. doi:10.1021/np500488v
81. Kim, C. S., Subedi, L., Park, K. J., Kim, S. Y., Choi, S. U., Kim, K. H., et al. Salicin derivatives from *Salix glandulosa* and their biological activities. *Fitoterapia*. 2015. 106, 147–152. doi:10.1016/j.fitote.2015.08.013
82. Kishore, R. N., Mangilal, T., Anjaneyulu, N., Abhinayani, G., and Sravya, N. Investigation of anti-inflammatory and invitro antioxidant activities of hydroalcoholic extract of bark of *Salix tetrasperma* Roxb. *Int. J. Pharm. Drug Anal.* 2014. 2, 506–509.
83. Kramer U. Metal hyperaccumulation in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2010. Vol. 61. P. 517–534
84. Krauze-Baranowska, M., Pobłocka-Olech, L., Głód, D., Wiwart, M., Zieliński, J., and Migas, P. HPLC of flavanones and chalcones in different species and clones of *Salix*. *Acta Pol. Pharm.* 2013. 70, 27–34.
85. Kuzovkina, Y. A., and Vietto, L. An update on the cultivar registration of *Populus* and *Salix* (Salicaceae). 2014. *Skvortsovia* 1, 133–148.
86. Lee, M., Lee, S. H., Kang, J., Yang, H., Jeong, E. J., Kim, H. P., et al.

- Salicortin-derivatives from *Salix pseudo-lasiogyne* twigs inhibit adipogenesis in 3T3-L1 cells via modulation of C/EBP α and SREBP1c dependent pathway. *Molecules* 2013. 18, 10484–10496. doi:10.3390/molecules180910484
87. Li, W., Shi, L. L., Han, L. Q., and Zhang, J. Development and validation of a RP-HPLC method for simultaneous determination of salicin and eight flavonoids in leaves of *Salix Matsudana* Koidz. *Acta Chromatograph.* 2013. 25, 735–743.
88. Li, X., Liu, Z., Zhang, X.-f., Wang, L.-j., Zheng, Y.-n., Yuan, C.-c., et al. Isolation and characterization of phenolic compounds from the leaves of *Salix matsudana*. *Molecules.* 2008. 13, 1530–1537. doi:10.3390/molecules13081530
89. Liu, K. Y. Stimulatory effects of extracts prepared from *Salix babylonica* L. on fat catabolism in mice fed high-fat diet. *Adv. Mater. Res.* 2012. 518–523, 498–501. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.518-523.498
90. Mahdi, J. G. Medicinal potential of willow: a chemical perspective of aspirin discovery. *J. Saudi Chem. Soc.* 2010. 14, 317–322. doi:10.1016/j.jscs.2010.04.010
91. Maistro, E. L., Terrazzas, P. M., Perazzo, F. F., Gaivão, I. O. N. D. M., Sawaya, A. C. H. F., and Rosa, P. C. P. *Salix alba* (white willow) medicinal plant presents genotoxic effects in human cultured leukocytes. *J. Toxicol. Environ. Part A.* 2019. 82, 1223-1234. doi:10.1080/15287394.2019.1711476.
92. Masika, P., Sultana, N., Afolayan, A., and Houghton, P. Isolation of two antibacterial compounds from the bark of *Salix capensis*. *South Afr. J. Bot.* 2015. 71, 441–443. doi:10.1016/s0254-6299(15)30117-4
93. Mizuno, M., Kato, M., Hosoi, N., Iinuma, M., Tanaka, T., Kimura, A., et al. Phenolic compounds from *Salix sachalinensis*. *Heterocycles* 1990. 31, 1409–1412. doi:10.3987/com-90-5425
94. Mizuno, M., Kato, M., Misu, C., Iinuma, M., and Tanaka, T. Chaenomeloidin: a phenolic glucoside from leaves of *Salix chaenomeloides*. *J. Nat. Prod.* 1991. 54, 1447–1450. doi:10.1021/np50077a042
95. Mostafa, I., Abbas, H. A., Ashour, M. L., Yasri, A., El-Shazly, A. M., Wink, M., et al. Polyphenols from *Salix tetrasperma* impair virulence and inhibit quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa*. *Molecules* 2020. 25, 1341.

96. Nasudari, A. A., Kompantsev, V. A., Oganessian, É. T., and Shinkarenko, A. L. Luteolin 7-glucoside from the leaves of *Salix caprea*. *Chem. Nat. Compd.* 2022. 8, 388. doi:10.1007/bf00563763
97. Nauman, M., Kale, R., and Singh, R. P. Polyphenols of *Salix aegyptiaca* modulate the activities of drug metabolizing and antioxidant enzymes, and level of lipid peroxidation. *BMC Compl. Alter. Med.* 2018. 18, 81.
98. Nichols-Orians, C. M., Clausen, T. P., Fritz, R. S., Reichardt, P. B., and Wu, J. 2'-Cinnamoylsalicortin, a phenolic glycoside from *Salix sericea*. *Phytochemistry* 1992. 31, 2180–2181. doi:10.1016/0031-9422(92)80397-w
99. Noleto-Dias, C., Harflett, C., Beale, M. H., and Ward, J. L. Sulfated flavanones and dihydroflavonols from willow. *Phytochem. Lett.* 2020. 35, 88–93.
100. Noleto-Dias C., Ward J. L., Bellisai A., Lomax C., and Beale M. H. Salicin-7-sulfate: a new salicinoid from willow and implications for herbal medicine. *Fitoterapia* 2018. 127, 166–172. doi:10.1016/j.fitote.2018.02.009
101. Noleto-Dias, C., Wu, Y., Bellisai, A., Macalpine, W., Beale, M., and Ward, J. Phenylalkanoid glycosides (Non-Salicinoids) from wood chips of *Salix triandra* × *dasyclados* hybrid willow. *Molecules* 2019.24, 1152.
102. Poblócka-Olech L., and Krauze-Baranowska M. SPE-HPTLC of procyanidins from the barks of different species and clones of *Salix*. *J. Pharmaceut. Biomed. Anal.* 2008. 48, 965–968. doi:10.1016/j.jpba.2008.05.039
103. Pohjamo, S. P., Hemming, J. E., Willför, S. M., Reunanen, M. H., and Holmbom, B. R. Phenolic extractives in *Salix caprea* wood and knots. *Phytochemistry* 2003. 63, 165-169. doi:10.1016/s0031-9422(03)00050-5
104. Popova, T. P., and Kaleva, M. D. Antimicrobial effect in vitro of aqueous extracts of leaves and branches of willow (*Salix babylonica* L). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2015. 4, 146–152.
105. Prashith Kekuda, T., Vinayaka, K., and Raghavendra, H. Ethnobotanical uses, phytochemistry and biological activities of *Salix tetrasperma* Roxb. (*Salicaceae*)-A review. *J. Med. Plants* 2017. 5, 201–206.
106. Ramos, P. A. B., Moreirinha, C., Silva, S., Costa, E. M., Veiga, M.,

- Coscueta, E., et al. The health-promoting potential of *Salix* spp. bark polar extracts: key insights on phenolic composition and in vitro bioactivity and biocompatibility. *Antioxidants* 2019. 8, 609. doi:10.3390/antiox8120609
107. Reichardt, P. B., Merken, H.M., Clausen, T. P., and Wu, J. Phenolic glycosides from *Salix lasiandra*. *J. Nat. Prod.* 1999. 55, 970–973.
108. Rubio, L., Motilva, M.-J., and Romero, M.-P. Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: a review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2013. 53, 943–953. doi:10.1080/10408398.2011.574802
109. Salem, A. Z., Elghandour, M. M., Kholif, A. E., López, S., Pliego, A. B., Cipriano-Salazar, M., et al. Tree leaves of *Salix babylonica* extract as a natural anthelmintic for small-ruminant farms in a semiarid region in Mexico. *Agrofor. Syst.* 2017. 91, 111–122. doi:10.1007/s10457-016-9909-z
110. Salem, A.-F. Z., Salem, M. Z., Gonzalez-Ronquillo, M., Camacho, L., and Cipriano, M. Major chemical constituents of *Leucaena leucocephala* and *Salix babylonica* leaf extracts. *J. Trop. Agric.* 2011. 49, 95–98.
111. Semwal, S., Rawat, U., and Sharma, R. K. Isolation and characterization of a new flavone diglucoside from *Salix denticulata*. *Chem. Nat. Compd.* 2011. 47, 366. doi:10.1007/s10600-011-9935-z
112. Shah, Z. A., Hameed, A., Ahmed, A., Simjee, S. U., Jabeen, A., Ullah, A., et al. Cytotoxic and anti-inflammatory salicin glycosides from leaves of *Salix acmophylla*. *Phytochem. Lett.* 2016. 17, 107-113.
113. Shao, Y., Lahloub, M., Meier, B., and Sticher, O. Isolation of phenolic compounds from the bark of *Salix pentandra*. *Planta Med.* 55, 617-618.
114. Shen, T., Tian, Y.-Q., Liu, W.-X., and Zheng, S. Z. Acyclic diterpene- γ -lactones and flavonoid from *Salix cheilophila* Omitted. *J. Chin. Chem. Soc.* 2008. 55, 401-405. doi:10.1002/jccs.200800059
115. Singh, H., Raturi, R., and Badoni, P. Isolation of secondary metabolites from the roots of *salix babylonica*. *Mater. Sci. Eng.* 2017. 225, 012094.
116. Sobeh, M., Mahmoud, M. F., Rezaq, S., Alsemeh, A. E., Sabry, O. M.,

- Mostafa, I., et al. *Salix tetrasperma* roxb. Extract alleviates neuropathic pain in rats via modulation of the NF- κ B/TNF- α /NOX/iNOS pathway. *Antioxidants* 2019. 8, 482. doi:10.3390/antiox8100482
117. Sonboli, A., Mojarrad, M., Ebrahimi, S. N., and Enayat, S. Free radical scavenging activity and total phenolic content of methanolic extracts from male inflorescence of *Salix aegyptiaca* grown in Iran. *Iran. J. Pharm. Res. (IJPR)*. 2010. 9, 293-296.
118. Sulaiman, G. M., Hussien, N. N., Marzoog, T. R., and Awad, H. A. Phenolic content, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of ethanolic extract of *Salix alba*. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 2013. 9, 41-46.
119. Sultana S., and Saleem M. *Salix caprea* inhibits skin carcinogenesis in murine skin: inhibition of oxidative stress, ornithine decarboxylase activity and DNA synthesis. *J. Ethnopharmacol.* 2004. 91, 267–276.
120. Tavakoli, F., Rahmani, F., and Heidari, R. Radical scavenging activity and total phenolic content in methanolic extracts of leaves and male inflorescence catkin of willow. *Curr. Nutr. Food Sci.* 2016. 12, 241–248.
121. Thadeo M., Azevedo A. A., and Meira R. M. Foliar anatomy of neotropical Salicaceae: potentially useful characters for taxonomy. *Plant Systemat. Evol.* 2014. 300, 2073–2089. doi:10.1007/s00606-014-1037-5
122. Tawfeek N, Mahmoud M.F., Hamdan D.I., et al. Phytochemistry, Pharmacology and Medicinal Uses of Plants of the Genus *Salix*: An Updated Review. *Frontiers in Pharmacology*. 2021;12:593856.
123. The United States Pharmacopoeia 37: The National Formulary 32. New York, 2014. 2569 p.
124. Tuberoso, C. I., Jerkovi'c, I., Bifulco, E., and Marijanovi'c, Z. Biodiversity of *Salix* spp. honeydew and nectar honeys determined by RP-HPLC and evaluation of their antioxidant capacity. *Chem. Biodivers.* 2011. 8, 872–879.
125. Virupaksha, J. H., Nadendla, R. R., Kumar, M. S., and Kavya, S. Effect of *Salix tetrasperma* Roxburgh leaf extracts on central nervous system activities. *Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci.* 2016. 7, 2060-2064.

126. Wahid, A., Hamed, A. N., Eltahir, H. M., and Abouzied, M. M. Hepatoprotective activity of ethanolic extract of *Salix subserrata* against CCl₄-induced chronic hepatotoxicity in rats. *BMC Compl. Alternative Med.* 2016. 16.
127. Wu, Y., Dobermann, D., Beale, M. H., and Ward, J. L. Acutifoliside, a novel benzoic acid glycoside from *Salix acutifolia*. *Nat. Prod. Res.* 2016. 30, 1731–1739.
128. Zabihi, N. A., Mahmoudabady, M., Soukhtanloo, M., Hayatdavoudi, P., Beheshti, F., and Niazmand, S. *Salix alba* attenuated oxidative stress in the heart and kidney of hypercholesterolemic rabbits. *Avicenna J. Phytomed.* 2018. 8, 63.
129. Zaiter, A., Becker, L., Petit, J., Zimmer, D., Karam, M.-C., Baudelaire, É., et al. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of different granulometric classes of *Salix alba* (L.) bark powders. *Powder Technol.* 2016. 301, 649–656.
130. Zapesochnaya, G. G., Kurkin, V. A., Braslavskii, V. B., and Filatova, N. V. Phenolic compounds of *Salix acutifolia* bark. *Chem. Nat. Compd.* 2020. 38, 314–318. doi:10.1023/a:1021661621628
131. Zarger, M. S. S., Khatoon, F., and Akhtar, N. Phytochemical investigation and growth inhibiting effects of *Salix alba* leaves against some pathogenic fungal isolates. *World J. Pharm. Pharmacol.* 2014. 3, 1320-1330.
132. Zeid, A., Hifnawy, M., Saleh, M., Sleem, A., and Mohamed, R. Phenolics, volatiles and biological activities of *Salix babylonica* L. leaves and stem bark. *Planta Med.* 2006. 72, 335.
133. Zengion, A. H., and Yarnell, E. “Herbal and nutritional supplements for painful conditions,” in *Pain procedures in clinical practice*. Editors T. A. Lennard, S. A. Walkowski, K. A. Singla, and D. Vivian (Philadelphia, PA: Elsevier Saunders), 2011. 3, 187-204.
134. Zhao, L., Liu, L., and Li, J. Qualitative and quantitative analysis of five bioactive flavonoids in *Salix bordensis* Turcz. by HPLC-DAD and HPLC-ESIMS. *Am. J. Anal. Chem.* 2014. 5, 851.

ДОДАТКИ

 EUROPEAN CONFERENCE

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

The XI International Science Conference
«The latest information and communication technologies
in education»

This is to certify the participation in the conference and the publication of the article in the corresponding proceedings

Олійник Альона Валентинівна

12 Hours of Participation (0,4 ECTS credits)
27-29 NOVEMBER, 2023
FLORENCE, ITALY





CERTIFICATE



is awarded to



Олійник Альона Валентинівна

for active participation

XI International Scientific and Practical Conference

«INTEGRATION OF SCIENCE AS A MECHANISM OF EFFECTIVE DEVELOPMENT»

November 28 – December 01, 2023, Helsinki, Finland

24 Hours of Participation

(0,8 ECTS credits)



Organizing committee

Ekaterina Zvereva



Міністерство
охорони здоров'я
України

Національний
фармацевтичний
університет

Цим засвідчується, що

**Адамова О.П., Олійник
А.В.**

**Науковий керівник:
Бородіна Н.В.**

брав(ла) участь у роботі IV Всеукраїнської
науково-практичної конференції
з міжнародною участю

YOUTH PHARMACY SCIENCE

СЕРТИФІКАТ



Ректор НФаУ,
Д. фарм. н., проф.

Алла КОТВИЦЬКА

6-7 грудня 2023 р.
м. Харків,
Україна

Національний фармацевтичний університет

Факультет фармацевтичних технологій та менеджменту
Кафедра фармакогнозії та нутриціології
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 226 Фармація, промислова фармація
Освітня програма Фармація

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
фармакогнозії та нутриціології

Вікторія КИСЛИЧЕНКО

«01» вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Альони ОЛІЙНИК

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix* L.»
керівник кваліфікаційної роботи: Наталія БОРОДІНА, д.фарм.н., доцент
затверджений наказом НФаУ від «16» жовтня 2023 року № 229.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: грудень 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: верби (рід *Salix*) нараховують понад 330–500 видів і 200 гібридів, це дерева, чагарники або розпростерті рослини, які широко поширені в Африці, Північній Америці, Європі та Азії. Рід традиційно використовується в народній медицині і є цінним джерелом біологічно активні сполуки, серед яких саліцин, проліки саліцилової кислоти. Загалом, У роду охарактеризовано 322 вторинних метаболіти, крім того, верби мають болезаспокійливу, протизапальну, антиоксидантну, протипухлинну, цитотоксичну, протидіабетичну, антимікробну, нейропротекторну та гепатопротекторну дії. Дослідження, спрямовані на фітохімічне вивчення сировини рослин родини вербові є актуальною темою фармакогностичного дослідження.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): провести збір інформаційних джерел щодо ботанічної характеристики, хімічному складу, біологічним властивостям та застосуванню у медицині сировини представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. Провести фітохімічне вивчення якісного складу основних груп біологічно активних речовин сировини представників секції *Vetrix* роду *Salix* L., хроматографічний аналіз, визначити кількісний вміст основних груп біологічно активних речовин і основні числові показники лікарської рослинної сировини представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. родини *Salicaceae* Mirb.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиць – 14, рисунків – 17.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Наталія БОРОДІНА, доцент закладу вищої освіти кафедри фармакогнозії та нутриціології	01.09.2023 р.	01.09.2023 р.
2	Наталія БОРОДІНА, доцент закладу вищої освіти кафедри фармакогнозії та нутриціології	16.10.2023 р.	16.10.2023 р.
3	Наталія БОРОДІНА, доцент закладу вищої освіти кафедри фармакогнозії та нутриціології	15.11.2023 р.	15.11.2023 р.

7. Дата видачі завдання: «01» вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Огляд літератури. Ботанічна характеристика, хімічний склад, застосування у медицині та народному господарстві представників секції <i>Секції Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	01.09.2023 – 16.10.2023 р.	виконано
2	Фармакогностичне вивчення представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> Морфолого-анатомічне вивчення сировини представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	16.10.2023 – 15.11.2023 р.	виконано
3	Дослідження якісного складу БАР представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> родини <i>Salicaceae</i> Mirb. Виявлення основних груп біологічно активних речовин секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> Хроматографічне вивчення біологічно активних речовин представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i>	15.11.2023 – 30.11.2023 р.	виконано
4	Визначення основних числових показників. Визначення кількісного вмісту біологічно активних речовин сировини представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> родини <i>Salicaceae</i> Mirb. Кількісне визначення флавоноїдів. Визначення вмісту гідроксикоричних кислот. Кількісне визначення органічних кислот. Кількісне визначення дубильних речовин. Макро-та мікроелементний склад представників секції <i>Vetrich</i> роду <i>Salix L.</i> родини <i>Salicaceae</i> Mirb.	01.12.2023 – 15.12.2023 р.	виконано
5	Оформлення кваліфікаційної роботи.	грудень 2023 р.	виконано

Здобувачка вищої освіти _____

Альона ОЛІЙНИК

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Наталія БОРОДІНА

ВИТЯГ З НАКАЗУ № 229
по Національному фармацевтичному університету
від 16 жовтня 2023 року

Про затвердження тем кваліфікаційних робіт

Затвердити теми кваліфікаційних робіт, керівників-консультантів та рецензентів здобувачам вищої освіти 5 курсу, спеціальність – 226 Фармація, промислова фармація, освітня програма – Фармація (для осіб, що мають ОКР «молодший спеціаліст» за напрямом «Медицина»), ступінь вищої освіти – магістр, термін навчання – 4 р. 6 міс., заочна форма здобуття освіти.

Прізвище, ім'я по батькові здобувача вищої освіти	Тема кваліфікаційної роботи (українською мовою)	Тема кваліфікаційної роботи (англійською мовою)	Керівник кваліфікаційної роботи	Рецензент кваліфікаційної роботи
Олійник Альона Валентинівна	Фармакогнос- тичне дослідження представників секції <i>Vetrix</i> роду <i>Salix</i> L.	Pharmacognost- ic study of species section <i>Vetrix</i> genus <i>Salix</i> L.	к.фарм.н., доцент ЗВО кафедри фармакогнозі ї та нутриціології Бородіна Н.В.	д.фарм.н., професор ЗВО кафедри загальної хімії Власов С.В.

Ректор

Алла КОТВИЦЬКА

Вірно:

**Декан факультету фармацевтичних
технологій та менеджменту**



Наталія ЖИВОРА

ВИСНОВОК

**Комісії з академічної доброчесності про проведену експертизу
щодо академічного плагіату у кваліфікаційній роботі
здобувача вищої освіти**

№ 125404 від «9 » січня 2024 р.

Проаналізувавши випускну кваліфікаційну роботу за магістерським рівнем здобувача вищої освіти заочної форми навчання Олійник Альони Валентинівни, 5 курсу, _____ групи, спеціальності 226 Фармація, промислова фармація, на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix* L./Pharmacognostic study of species section *Vetrix* genus *Salix* L», Комісія з академічної доброчесності дійшла висновку, що робота, представлена до Екзаменаційної комісії для захисту, виконана самостійно і не містить елементів академічного плагіату (копіляції).

**Голова комісії,
професор**



Інна ВЛАДИМИРОВА

2%

21%

ВІДГУК

**наукового керівника на кваліфікаційну роботу ступеня вищої освіти
магістр, спеціальності 226 Фармація, промислова фармація**

Альони ОЛІЙНИК

**на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix*
роду *Salix L.*».**

Актуальність теми. Рослини з високим вмістом біологічно активних речовин виявили доцільність їх використання як основи для створення сучасних фітопрепаратів лікувально-профілактичного призначення. Дослідження, спрямовані на фітохімічне та морфолого – анатомічне вивчення представників секції *Vetrix* роду *Salix L.* є актуальною темою фармакогностичного дослідження.

Практична цінність висновків, рекомендацій та їх обґрунтованість.

Автором проведений глибокий літературний пошук, що дало можливість скласти достатньо повний огляд літератури по лікарської рослинної сировині представників секції *Vetrix* роду *Salix L.* Результати дослідження обумовлюють практичну значущість роботи. Здобувачкою вашої освіти виконано значний обсяг експериментальної роботи, встановлений якісний склад і кількісний вміст основних груп біологічно активних сполук, встановлено основні числові показники представників секції *Vetrix* роду *Salix L.*

Оцінка роботи. У процесі виконання кваліфікаційної роботи здобувачка вищої освіти освоїла методи фармакогностичного аналізу лікарської рослинної сировини, показала уміння аналізувати літературні джерела та застосовувати сучасні інформаційні технології при експериментальних дослідженнях, придбала навички практичної роботи і навчилася давати відповідну характеристику результатам фітохімічного аналізу лікарської рослинної сировини.

Загальний висновок та рекомендації про допуск до захисту. Результати кваліфікаційної роботи Альони ОЛІЙНИК на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. мають певне наукове і практичне значення, що дозволяє рекомендувати роботу для подання до захисту в Екзаменаційну комісію Національного фармацевтичного університету

Науковий керівник _____ Наталія БОРОДІНА
«05» грудня 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня вищої освіти магістр, спеціальності
226 Фармація, промислова фармація

Альони ОЛІЙНИК

на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix L.*».

Актуальність теми. Здоров'я сучасної людини багато в чому залежить від якості і кількості біологічно активних речовин рослинного походження. Застосування лікарських рослин є одним із дієвих, часто альтернативних методів оздоровлення та профілактики багатьох поширених захворювань. Дослідження, спрямовані на морфолого-анатомічне та фітохімічне вивчення сировини представників секції *Vetrix* роду *Salix L.* родини вербові є актуальною темою фармакогностичного дослідження.

Теоретичний рівень роботи. Кваліфікаційна робота виконана на належному теоретичному рівні. Зміст роботи повністю відповідає завданню кваліфікаційної роботи та повністю розкриває тему. Здобувачем вищої освіти оброблена велика кількість наукової літератури, на досить високому теоретичному рівні.

Пропозиції автора з теми дослідження. Проведені дослідження дозволили розробити ряд конкретних пропозицій, які мають практичне значення для підвищення ефективності комплексного дослідження лікарської рослинної сировини.

Практична цінність висновків, рекомендацій та їх обґрунтованість. Одержані результати можуть бути використані в практичній діяльності для фармакогностичного вивчення лікарської рослинної сировини. Матеріал кваліфікаційної роботи викладено методично правильно, послідовно, логічно, що вказує на обґрунтованість отриманих результатів, вміння автора користуватися літературою та узагальнювати літературні та експериментальні дані.

Недоліки роботи. Серед недоліків можна відмітити неточні вислови, орфографічні помилки, які іноді зустрічаються в тексті.

Загальний висновок і оцінка роботи. Кваліфікаційна робота Альони ОЛІЙНИК на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix* L. відповідає вимогам, що пред'являються до кваліфікаційних робіт, і може бути подана до захисту в Екзаменаційній комісії Національного фармацевтичного університету

Рецензент _____ проф. Сергій ВЛАСОВ

«11» грудня 2023 р.

ВИТЯГ

з протоколу засідання кафедри фармакогнозії та нутриціології

№ 7 від 22 грудня 2023 р.

ПРИСУТНІ: Бородіна Н.В., Бурда Н.Є., Гонтова Т.М., Гончаров О.В., Журавель І.О., Кисличенко В.С., Комісаренко М.А., Король В.В., Машталер В.В., Попик А.І., Процька В.В., Романова С.В., Скребцова К.С., Тартинська Г.С., Хворост О.П.

Порядок денний:

1. Щодо допуску здобувачів вищої освіти до захисту кваліфікаційних робіт у Екзаменаційній комісії.

СЛУХАЛИ: про представлення до захисту в Екзаменаційній комісії кваліфікаційної роботи на тему «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix L.*» здобувачки вищої освіти випускного курсу Фм19(4,6з)мед-016 Альони ОЛІЙНИК

Науковий керівник: доцент Наталія БОРОДІНА

Рецензент: професор Сергій ВЛАСОВ

УХВАЛИЛИ: рекомендувати до захисту в Екзаменаційній комісії кваліфікаційну роботу здобувачки вищої освіти Фм19(4,6з)мед-016 Альони ОЛІЙНИК «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix L.*».

Завідувачка кафедри фармакогнозії
та нутриціології, професор

Вікторія КИСЛИЧЕНКО

Секретар кафедри, професор

Надія БУРДА

НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОДАННЯ ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Направляється здобувачка вищої освіти Альона ОЛІЙНИК до захисту кваліфікаційної роботи за галуззю знань 22 Охорона здоров'я спеціальністю 226 Фармація, промислова фармація освітньою програмою Фармація на тему: «Фармакогностичне дослідження представників секції *Vetrix* роду *Salix L.*»

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Декан факультету _____ / Наталія ЖИВОРА /

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувачка вищої освіти Альона ОЛІЙНИК в процесі виконання кваліфікаційної роботи освоїла і використала на практиці різні методи фармакогностичного аналізу досліджуваної сировини. Результати кваліфікаційної роботи мають певне наукове і практичне значення, що дозволяє рекомендувати роботу для подання до захисту в Екзаменаційну комісію Національного фармацевтичного університету.

Керівник кваліфікаційної роботи

Наталія БОРОДІНА

«05» грудня 2023 р.

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Здобувачка вищої освіти Альона ОЛІЙНИК допускається до захисту даної кваліфікаційної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
фармакогнозії та нутриціології

Вікторія КИСЛИЧЕНКО

«22» грудня 2023 року

Кваліфікаційну роботу захищено
у Екзаменаційній комісії

«07» лютого 2024 р.

З оцінкою _____

Голова Екзаменаційної комісії,

кандидат фармацевтичних наук, доцент

_____ / Олександр СУРІКОВ /